

Loseblatt # 5

GEWÄSSERSCHUTZ DURCH AGRO-
FORSTWIRTSCHAFT - AUSWIRKUNGEN
EINES MIT AGRARHOLZ BESTOCKTEN
GEWÄSSERRANDES AUF DEN STICK-
STOFFAUSTRAG IN OBERFLÄCHENGE-
WÄSSER

Christian Böhm, Thomas Domin, Michael Kanzler

Gewässerschutz durch Agroforstwirtschaft – Auswirkungen eines mit Agrarholz bestockten Gewässerrandes auf den Stickstoffaustrag in Oberflächengewässer

Autoren

Christian Böhm, Thomas Domin, Michael Kanzler

Anschriften und Kontaktdaten

Dr. Christian Böhm, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
e-mail: boehmc@b-tu.de

Thomas Domin, Landwirtschaftsbetrieb Domin, Feldstraße 20, 01945 Senftenberg OT Peickwitz
e-mail: info@landwirt-domin.de

Michael Kanzler, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus
e-mail: kanzlmic@b-tu.de

Forschungsprojekt

"Innovationsgruppe AUFWERTEN – Agroforstliche Umweltleistungen für Wertschöpfung und Energie"

Projektlaufzeit: 01.11.2014 bis 31.07.2019

URL: <http://agroforst-info.de/>

Förderung und Förderkennzeichen:

Die Förderung des Projektes erfolgte durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Rahmenprogramms Forschung für Nachhaltige Entwicklung (FONA)

Förderkennzeichen: 033L129

Die Verantwortung für den Inhalt dieses Loseblattes liegt bei den Autoren.

Cottbus, den 24.05.2020

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	2
Zusammenfassung	3
1 Einleitung	4
2 Beitrag der Agroforstwirtschaft zum Schutz von Oberflächengewässern	5
2.1 Schaffung extensiv bewirtschafteter Gewässerrandzonen	5
2.2 Filterwirkung der Gehölze	7
2.3 Fallbeispiel Peickwitz	8
2.3.1 Lage und Beschreibung der Versuchsfläche	8
2.3.2 Versuchsdesign.....	11
2.3.3 Probenahme und Analytik.....	12
2.3.4 Ergebnisse	13
2.3.5 Fazit	17
3 Agroforstliche Gehölznutzung an Gewässerrändern in Deutschland	18
3.1 Gewässerrandstreifen.....	18
3.2 Rechtliche Situation.....	19
3.2.1 Bundesebene.....	19
3.2.2 Landesebene	19
3.3 Schaffung einer rechtssicheren Gehölznutzung an Gewässerrändern in Brandenburg.....	20
3.3.1 Hintergrund und wichtige Teilschritte.....	20
3.3.2 Zielkonflikte	22
3.3.3 Änderung des Gesetzestextes.....	23
3.3.4 Fazit	24
Literatur	25

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Eutrophiertes Fließgewässer einer südbrandenburgischen Agrarlandschaft	6
Abbildung 2: Lage der Versuchsfläche in Brandenburg (links) und Luftbild der Versuchsfläche mit Umgebung (rechts) (Quelle der Karte: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Metropolregion_Berlin-Brandenburg.svg ; Quelle des Luftbildes: Google Earth).....	9
Abbildung 3: Frisch angelegter Agroforststreifen entlang des Peickwitzer Mühlengrabens im Mai 2015.....	9
Abbildung 4: Agroforststreifen entlang des Peickwitzer Mühlengrabens im September 2017....	11
Abbildung 5: a) Entnahme einer Grundwasserprobe an einer Beprobungsstelle, b) Kanalgrundrohre mit geschlitztem und mit Gage versehenem Endabschnitt	11
Abbildung 6: Lage der Grundwasserbeprobungsstellen auf dem Versuchsfeld (Quelle des Luftbildes: Google Earth)	12
Abbildung 7: Variabilität der Nitratstickstoff-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser in Abhängigkeit des Beprobungsbereiches auf der Versuchsfläche (n = 3; Querstrich = Medianwert; Box = oberes und unteres Quartil; Whisker = Minimum- und Maximumwert)	16
Abbildung 8: Niederschlag (Tagessummenwerte von März 2017 bis August 2019; Quelle: Deutscher Wetterdienst, Station Klettwitz) und Konzentration an Nitratstickstoff im oberflächennahen Grundwasser während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte); graue Pfeile zeigen den Zeitpunkt von Stickstoffdüngergaben (vgl. Tab. 1).....	17

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Aussaat- und Erntetermine sowie Informationen zur Applikation von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf der Versuchsfläche	10
Tabelle 2: pH-Werte im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt)	13
Tabelle 3: Konzentration an Gesamtstickstoff im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt).....	14
Tabelle 4: Konzentration an Ammoniumstickstoff im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt).....	14
Tabelle 5: Konzentration an Nitratstickstoff im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt).....	15
Tabelle 6: Vor- und Nachteile der agroforstlichen Bewirtschaftung im Bereich von Gewässerrandstreifen aus Sicht unterschiedlicher Interessensgruppen.....	22

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Studie widmet sich dem Gewässerschutzpotential der Agroforstwirtschaft. Hierbei werden im ersten Teil die im Forschungsprojekt AUGWERTEN durchgeführten Untersuchungen zur Qualität des oberflächennahen Grundwassers vorgestellt. Die Ergebnisse des auf einer Demonstrationsfläche in Südbrandenburg durchgeführten Fallbeispiels zeigen, dass die Nitrat-Konzentration im gewässernahen Grundwasser durch den Anbau von Gehölzen deutlich verringert (Medianwerte über den Untersuchungszeitraum: 0,2 mg l⁻¹ unter Agroforstgehölzen, 9,5 bzw. 13,9 mg l⁻¹ in benachbarten Ackerfruchtbereichen) und somit der unterirdische Stoffeintrag in Oberflächengewässer effektiv vermindert werden kann. Dies steht in Einklang mit anderen europäischen und nordamerikanischen Studien, auf die zu Beginn dieses Loseblattes teilweise detaillierter eingegangen wird. Im zweiten Teil wird die rechtliche Situation der agroforstlichen Gehölznutzung im Bereich von Gewässerrandstreifen in Deutschland beleuchtet und über diesbezügliche Aktivitäten der Innovationsgruppe AUGWERTEN berichtet. So setzte sich diese im Rahmen der Novellierung des Brandenburgischen Wassergesetzes für die Möglichkeit einer rechtssicheren Bewirtschaftung von Gehölzen in Ufernähe ein. Die hiermit verbundenen Anstrengungen und Vorgehensweisen werden umfassend erläutert und sollen allgemein dazu anregen, Veränderungsprozesse im Bereich eines nachhaltigen Landmanagements anzustoßen.

1 EINLEITUNG

Etwa die Hälfte der Fläche Deutschlands wird landwirtschaftlich genutzt. Folglich wird ein Großteil der Landschaft direkt oder indirekt durch die Landwirtschaft beeinflusst. In diesem Zusammenhang spielt auch die Qualität von Oberflächengewässern eine wichtige Rolle. Auf vielen Standorten finden infolge der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln nennenswerte Stoffeinträge in Gewässer statt, die zu einer qualitativen Verschlechterung der Wassergüte führen. So wurden in Deutschland nach Angaben des Umweltbundesamtes (UBA 2018) in den Jahren 2012 bis 2014 im Mittel rund 490 Kilotonnen Stickstoff pro Jahr und 23 Kilotonnen Phosphor pro Jahr in die Oberflächengewässer eingetragen. Dies ist zwar im Vergleich zu den 80iger Jahren des 20. Jahrhunderts eine deutliche Abnahme, allerdings basiert die Verringerung der Frachten vor allem auf einer bedeutenden Reduzierung von Einleitungen aus kommunalen und industriellen Kläranlagen, also auf einer Eindämmung von Punktquellen. Bezogen auf die Landwirtschaft, auf die gegenwärtig ca. 80 % der Stickstoff- und 50 % der Phosphoreinträge in Oberflächengewässer zurückgeführt werden (UBA 2016, BMU und UBA 2017), fällt der Rückgang deutlich geringer aus. Problematisch sind hierbei insbesondere die Einträge über diffuse Quellen. Diese setzen sich aus verschiedenen Eintragspfaden zusammen, wobei der Grundwasser- und Oberflächenabfluss die quantitativ bedeutendsten Quellen darstellen. Ferner erfolgen erhebliche Stoffeinträge über Erosionsereignisse und Drainagen. Die Lokalisierung bzw. Nachverfolgung der Stoffausträge aus landwirtschaftlich genutzten Flächen gestaltet sich bei diesen diffusen Quellen äußerst schwierig, da in der Regel Informationen (beispielsweise zur Grundwasserhauptfließrichtung sowie zur Texturbeschaffenheit des Unterbodens) fehlen und andererseits (wie bei erosionsbedingten Einträgen) die Hauptfrachten auf wenige und zumeist unvorhersehbare Einzelereignisse zurückzuführen sind. Hinzu kommt die Tatsache, dass die Agrarlandschaften häufig von einem engmaschigen Fließgewässernetz (Bäche, Flüsse, Kanäle, Gräben) durchzogen werden. Hierbei grenzen vor allem Entwässerungsgräben und kleinere Kanäle direkt an intensiv genutzte Ackerflächen an. In diese gelangen oftmals besonders hohe Nähr- und Schadstofffrachten, die von hier aus auch in größere Fließgewässer weitertransportiert werden können.

In den vergangenen Jahren fanden auf politischer Ebene viele Bemühungen statt, die Stoffeinträge in Oberflächengewässer weiter deutlich zu reduzieren. In diesem Zusammenhang nimmt die im Jahr 2000 vom Europäischen Parlament und dem Rat der Europäischen Union erlassene "Richtlinie 2000/60/EG zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik" (kurz: Wasserrahmenrichtlinie; WRRL 2000) eine zentrale Stellung ein. Sie fordert, dass Flüsse, Seen, Grundwasser und Küstengewässer bis zum Jahr 2015 in einem „guten Zustand“ sind (BMU 2010). Hierzu gehört auch der chemische Zustand, der maßgeblich durch die Stofffrachten aus landwirtschaftlich genutzten Flächen beeinflusst wird. Eine Bestandsaufnahme im Jahr 2015 zeigt, dass die Nährstoff- und Pestizideinträge in die Gewässer trotz nachweislicher Verbesserungen insgesamt immer noch zu hoch sind und zu einem „schlechten Zustand“ vieler Fließgewässer und Seen führen (UBA 2016). Hierbei nehmen Stickstoffüberschüsse eine zentrale Stellung ein.

Um den Stoffaustrag in Oberflächengewässer weiter zu vermindern wurde bereits 2007 seitens der damaligen Forschungsanstalt für Landwirtschaft ein umfassender Maßnahmenkatalog zusammengestellt (Osterburg et al. 2007). Dieser umfasst sowohl pflanzenbauliche Aspekte (z.B. Fruchtfolgegestaltung, Begrünung), einschließlich konkreter Maßnahmen zum Düngungsmanagement, als auch wasserbauliche Gesichtspunkte (z.B. Rückbau von Drainagen) und Landnutzungsänderungen. Bezüglich Letzterer werden die Umwandlung von Acker- in Grünland sowie die Schaffung von Uferstrandstreifen genannt.

Um die Wasserqualität in Bezug auf die Nährstofffrachten substantiell zu verbessern, ist eine Reduzierung der Ausbringungsmenge von Düngemitteln geboten. Hierzu wurden in den vergangenen

Jahren Regularien erarbeitet, die eine deutliche Düngemittelbegrenzung bewirken sollen. Zu nennen ist hierbei insbesondere die 2017 verabschiedete „Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenschutzmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen“ (kurz: Düngeverordnung; DüV 2017).

Neben einer Mengenbegrenzung erscheinen jedoch weitere Maßnahmen unabdingbar. Denn eine weitere erhebliche Reduzierung oder sogar ein Verzicht des Düngemiteleinsatzes wäre vielerorts mit Ertragseinbußen verbunden, weshalb eine bloße Ausbringungsreduzierung für die Mehrzahl der Landwirtschaftsbetriebe keine annehmbare Option darstellt. Es ist daher notwendig, auch andere Maßnahmen verstärkt umzusetzen, die dazu führen, dass die Nährstoffe im Oberboden gehalten bzw. durch natürliche „Barrieren“ am Austrag gehindert werden. Diesbezüglich stellt mit Blick auf den Schutz der Oberflächengewässer die Etablierung der bereits genannten Uferstrandstreifen eine effektive Option zur Begrenzung von Stoffausträgen dar, wie verschiedene Studien zeigen (u.a. Osborne und Kovacic 1993; Lee et al. 2003). Da derartige Gewässerrandstreifen häufig eine multifunktionale Wirkung in Agrarräumen haben (z.B. Erosionsschutz, Lebensraum, Beitrag zur Schädlingsregulierung usw.), ist auch deren volkswirtschaftlicher Nutzen als sehr hoch einzustufen (Schröter-Schlaack et al. 2016).

Die Ausweisung bzw. Anlage sogenannter Gewässerrandstreifen birgt allerdings Interessenskonflikte zwischen der Landwirtschaft einerseits und dem Gewässer- und Naturschutz andererseits. So dürfen die ufernahen Areale in der Regel nicht mehr ackerbaulich bewirtschaftet werden, was aus Sicht der Landwirtschaftsbetriebe mit einem realen Verlust an Nutzfläche einhergeht. Ein Kompromiss könnte in Gewässerrandstreifen mit Agrarholzpflanzungen bestehen. Auf diese Weise könnten sehr effiziente Barrieren gegen den Stoffeintrag in Oberflächengewässer geschaffen und gleichzeitig der Nutzungsstatus der Fläche erhalten bleiben, indem die Gehölze im Sinne einer agroforstwirtschaftlichen Nutzung extensiv bewirtschaftet werden (Böhm und Domin 2016). Der Anbau und vor allem die Nutzung von Gehölzen an Gewässerrändern ist in vielen Teilen Deutschlands allerdings rechtlich nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich (vgl. Kapitel 3.1 und 3.2).

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Forschungsprojektes Innovationsgruppe AUFWERTEN Optionen für eine agroforstliche Nutzung an Gewässerrändern geprüft und Lösungsvorschläge für eine rechtssichere Etablierung und Bewirtschaftung von Gehölzen in Uferbereichen erarbeitet. Diese Lösungsansätze wurden u.a. in den Novellierungsprozess des Brandenburgischen Wassergesetzes eingebracht. Begleitend hierzu erfolgten auf einer gewässernahen Fläche des Landwirtschaftsbetriebes Domin in Peickwitz (Südbrandenburg) Felduntersuchungen zur Qualität des oberflächennahen Grundwassers, wobei sowohl gehölzfreie als auch mit Gehölzen bestockte Gewässerrandzonen Berücksichtigung fanden. Diese hier vorgestellte Feldstudie diente vordergründig als Demonstrationsbeispiel zur Veranschaulichung des Schutzeffektes von ufernahen Agroforstgehölzen.

2 BEITRAG DER AGROFORSTWIRTSCHAFT ZUM SCHUTZ VON OBERFLÄCHENGEWÄSSERN

2.1 Schaffung extensiv bewirtschafteter Gewässerrandzonen

Die Agrarlandschaft wird durch zahlreiche Fließgewässer durchzogen. Hierbei unterliegen besonders Gewässer, die an ackerbaulich genutzten Schlägen angrenzen, einem hohen Stoffeintragsrisiko (z.B. Stickstoff, Phosphor, Pestizide). Daher bestehen bundeslandspezifische Verbote der Applikation von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln in ufernahen Zonen. Häufig sind diese Maßnahmen jedoch nicht ausreichend, weshalb insbesondere von Seiten des Gewässer- und Naturschutzes mehrere Meter breite extensiv oder nicht bewirtschaftete Gewässerrandstreifen als

notwendig erachtet werden. Der Bund für Umwelt und Naturschutz fordert beispielsweise im Kontext der Zielsetzungen der Wasserrahmenrichtlinie eine Gewässerrandstreifenbreite von mindestens 10 m (BUND 2020). In einigen Bundesländern wie Baden-Württemberg oder Thüringen wurden derartige Schutzzonen, auf denen eine ackerbauliche Bewirtschaftung ganz oder teilweise untersagt ist, bereits rechtlich verankert. Andere Bundesländer wie Sachsen-Anhalt oder Brandenburg weisen derartige Verbote auf Gewässerrandstreifen nur aus, wenn dies für das Erreichen eines guten Zustandes des Gewässers erforderlich scheint. Lediglich für Gewässer mit sehr kleinem Einzugsbereich oder Entwässerungsgräben entlang von Straßen u.a., denen allgemein eine geringe wasserwirtschaftliche Bedeutung beigemessen wird, gelten länderübergreifend bestehende Schutzstreifengebote zumeist nicht. Prinzipiell ist die Bedeutung von Gräben und Kanälen für die Oberflächenwasserqualität jedoch nicht zu unterschätzen, da Stofffrachten hierüber auch in größere Gewässer gelangen können. Abbildung 1 zeigt exemplarisch ein eutrophiertes Fließgewässer in einer südbrandenburgischen Agrarlandschaft. Solche, vor überhöhten Stofffrachten nahezu ungeschützten Gewässer sind in Deutschland keine Seltenheit. Eine Pufferzone in Form eines mit Gehölzen bewachsenen, extensiv bewirtschafteten Gewässerrandstreifens könnte helfen, den Stoffeintrag zu vermindern, ohne das landwirtschaftliche Nutzfläche verloren geht.



Abbildung 1: Eutrophiertes Fließgewässer einer südbrandenburgischen Agrarlandschaft

Allerdings existieren sowohl über die Frage der Ausweisung als auch der Ausgestaltung von Gewässerrandstreifen Interessenkonflikte. Diese sind besonders ausgeprägt, wenn jegliche Bewirtschaftung auf diesen Arealen untersagt wird (vgl. Abschnitt 3.3.2). Tatsache ist, dass Gewässerrandstreifen Pufferzonen darstellen, die das Stoffeintragungspotential prinzipiell mindern. So bewirken sie insbesondere an Hängen eine Reduzierung des Oberflächenabflusses, wodurch weniger Sediment und darin enthaltene Stoffe in die Gewässer gelangen. Außerdem führt die stark verminderte bzw. häufig auch untersagte Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln im ufernahen Bereich zu einem verringerten Eintragsrisiko. Häufig wird im Bereich der Gewässerrandstreifen Gras eingesät (sogenannte Grünstreifen) oder es befinden sich – zum Teil auch nur partiell – Gehölze darauf. Eine positive Wirkung kann von beiden Varianten erwartet werden wie verschiedene Studien zeigen (u.a. Lee et al. 2003, Borin et al. 2010; vgl. Abschnitt 2.2). Besonders umfassende Positivwirkungen werden zonierten Schutzstreifen zugeschrieben. So empfehlen beispielsweise Christen und Dalgaard (2013) für eine größtmögliche Schutzwirkung sowie für eine Stärkung anderer Ökosystemdienstleistungen (z.B. Biodiversität, Landschaftsbild) einen Vegetationspuffer, der aus drei Zonen besteht. Die erste, an die Ackerkultur angrenzende Zone, ist ein

Grasstreifen mit einer Breite von < 10 m. Das hier angebaute Gras, das auch als Energiepflanze genutzt werden kann, bewirkt eine Verlangsamung und Verteilung des Oberflächenabflusses und fungiert als Sedimentfilter. In der zweiten Zone schließt sich ein ähnlich breiter, im Kurzumtrieb bewirtschafteter Agrarholzstreifen an, durch den optimale Bedingungen für die Infiltration des Oberflächenabflusses geschaffen werden. Durch die regelmäßige Ernte von Gras und Agrarholz werden zudem die Nährstoffe in der Biomasse gebunden und mit dem Erntegut vom ufernahen Bereich entfernt. In der dritten, unmittelbar an das Ufer angrenzenden Zone wachsen Bäume, die in längeren Umtriebszeiten bewirtschaftet werden. Auch hier werden Nährstoffe in der holzartigen Biomasse immobilisiert und so deren Austrag in das Oberflächengewässer verhindert. Außerdem zeichnet sich diese Zone durch sehr geringe Störungen und eine stärkere Beschattung aus, was wiederum zur Verbesserung der Fließgewässerökologie beitragen kann.

In der Praxis sind solche breiten, in verschiedenen Zonen gegliederte Gewässerrandstreifen zu meist wirtschaftlich nicht vertretbar, da sie in Abhängigkeit der Gewässerdichte die ackerbaulich nutzbare Fläche erheblich einschränken würden. Der Anbau von Gehölzen und deren extensive Nutzung kann jedoch auch auf schmalere Gewässerrandstreifen bedeutende Vorteile für die Verringerung des Stoffaustrages haben. Im Gegensatz zu einem reinen Grünlandstreifen fungieren die Bäume dabei zusätzlich als Windschutz (z.B. Böhm et al. 2014), wodurch der Sedimenteintrag durch Windschutz gemindert werden kann. Außerdem reduzieren Gehölzstreifen effektiv die Abtrift von Pflanzenschutzmitteln und ggf. auch Düngemitteln (Ucar und Hall 2001). Darüber hinaus stellen sie eine physische Barriere dar, die eine Befahrung bzw. intensivere Bewirtschaftung im ufernahen Bereich prinzipiell ausschließt. Dieser Aspekt ist in der landwirtschaftlichen Praxis nicht zu unterschätzen, da bei der Flächenbewirtschaftung durchaus Fehler oder Unachtsamkeiten auftreten können (z.B. eine fehlende Einstellung auf Randdüngung) deren potentiellen Negativwirkungen so minimiert werden.

2.2 Filterwirkung der Gehölze

Neben der physischen Schutzwirkung von Agroforstgehölzen an Gewässerrändern ist auch deren Filterwirkung als positiv für den Gewässerschutz einzuschätzen. Mehrere europäische und nordamerikanische Studien belegen, dass Gehölzstreifen an Gewässerrändern als effektive Filter fungieren und so den Austrag von Nähr- und Schadstoffen aus Ackerflächen deutlich reduzieren können. Vor allem auf grundwasserbeeinflussten bzw. grundwassernahen Standorten können durch die tiefreichenden Wurzeln der Gehölze auch Nährstoffe, die sich bereits im oberflächennahen Grundwasser befinden, aufgenommen und so immobilisiert werden. Dies gilt insbesondere für das sehr mobile Nitrat, das unterirdisch über das Grundwasser in großen Mengen in Gewässer gelangen kann. Böhm (2018) hat diesbezüglich zahlreiche Studien ausgewertet. Auf einige Ergebnisse hieraus soll zur Veranschaulichung des Gewässerschutzpotentials von Gehölzen an dieser Stelle verwiesen werden.

So führen Osborne und Kovacic (1993) beispielsweise eine Reihe älterer Studien an, nach denen 10 bis 50 m breite Gehölzsäume eine starke Retentionswirkung bezüglich Nitratstickstoff und Phosphor aufwiesen. Demnach betrug die unterirdisch wirksame Nitratreduktion zwischen 40 und 100 %. Die Autoren führten zudem im US-Bundesstaat Illinois Untersuchungen durch, bei denen sie den Stoffaustrag in Abhängigkeit unterschiedlicher Vegetationspuffer quantifizierten. Im Uferbereich eines Flusses verglichen sie die unterirdische Filterwirkung von ca. 16 m breiten Gehölzstreifen aus Kanadischer Schwarz-Pappel (*Populus deltoides*) und Silber-Ahorn (*Acer saccharinum*) mit jener eines ca. 39 m breiten Grassaumes aus Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*). Nach dieser Studie bewirkten beide Vegetationspuffer eine deutliche Reduzierung der Nitratkonzentration im oberflächennahen Grundwasser und damit eine erhebliche Verringerung des unterirdischen Nitrataustrages in das Fließgewässer. Die Bäume stellten allerdings einen effektiveren Nitratfilter als der Gras-Pufferstreifen dar. Während bei Ersteren im oberflächennahen Grundwasser eine mittlere Nitrat-N-Konzentration von $0,9 \text{ mg l}^{-1}$ ermittelt wurde, war diese unter Gras mit $2,4 \text{ mg l}^{-1}$

signifikant höher. Im Vergleich hierzu wies das oberflächennahe Grundwasser unter Ackerfruchtanbau eine durchschnittliche Nitrat-N-Konzentration von ca. 17 mg l⁻¹ auf.

Borin et al. (2010) untersuchten in einem über 20 Jahre alten Uferrandstreifen die Filterwirkung des oberflächennahen Grundwassers. Sie stellten fest, dass die Konzentrationen des hierin enthaltenen Nitratstickstoffs und Orthophosphats nach der Passage des Uferrandstreifens um nahezu 100 % verringert wurden. Die Autoren vermuteten, dass die Wurzeln in älteren mit Bäumen bestockten Uferrandstreifen stärker in die angrenzenden Feldbereiche hineinwachsen, wodurch die eigentliche Pufferfläche die Breite des Uferrandstreifens übersteigt.

Lee et al. (2003) stellten bei einer Studie aus den USA ebenfalls eine sehr hohe Retentionswirkung von Uferrandstreifen fest. In ihren Untersuchungen bestand der insgesamt ca. 16 m breiten Pufferbereich aus einem 7 m breiten Bereich mit Rutenhirse (*Panicum virgatum*) und einem 9 m breiten Abschnitt mit Bäumen. Durch diesen Pufferstreifen konnte der Sediment-, Gesamtstickstoff-, Nitratstickstoff-, Orthophosphat- und Gesamtposphorgehalt im Oberflächenabfluss um 97, 94, 85, 80 bzw. 91 % reduziert werden. Die Filterwirkung von Gehölzstreifen an kleineren Fließgewässern und Grabensystemen untersuchten Ryszkowski und Kędziora (2007) in Polen. Hier wies das Wasser in durch Windschutzstreifen geschützten Gräben eine um über 60 % geringere Nitrat-N-Konzentration auf als jenes der ungeschützten Grabensysteme.

Eine regelmäßige Ernte der pflanzlichen Biomasse in Ufernähe wirkt Nährstoffanreicherungen in Gewässernähe entgegen, da auf diese Weise eine „Abschöpfung“ der Nährstoffe stattfindet. Vor diesem Hintergrund erscheint auch eine regelmäßige Nutzung von gewässernahen Gehölzen im Rahmen einer ordnungsgemäßen Agroforstwirtschaft als zielführend, wobei sich eine Bewirtschaftung in kurzen Umtriebszeiten als prädestiniert erweisen kann. Bezüglich der Nutzung von ufernahen Gehölzen verweisen u.a. Fortier et al. (2010) auf den hiermit verbundenen, unmittelbaren wirtschaftlichen Nutzen. So ermöglicht die extensive Wirtschaftsweise des Agrarholzanbaus eine sehr schonende Nutzung von ufernahen Bereichen bei vergleichsweise hoher Produktivität. Diese ist an Gewässerrandzonen häufig besonders hoch, da hier viele Baumarten von der zumeist guten Wasser- und Nährstoffversorgung profitieren und die Gehölze somit eine lukrative Einkommensquelle darstellen können.

Durch Pufferstreifen an Gewässerrändern werden nicht nur Nährstoffe zurückgehalten. Da Gehölzstreifen sich durch günstige Infiltrationsbedingungen auszeichnen bzw. den Oberflächenabfluss effektiv mindern, ist deren Retentionswirkung auch gegenüber Pestiziden prinzipiell als hoch einzuschätzen. Borin et al. (2010) stellten im Grundwasser, dass ältere Uferrandstreifen mit Gehölzen passierte, eine starke Reduktion von verschiedenen Herbizidwirkstoffen (Terbutylazin, Alachlor, Nicosulfuron, Pendimethalin, Linuron) fest. In Abhängigkeit ihrer chemischen Eigenschaften wurde deren Austrag um 55 bis 95 % verringert. Insgesamt sind Studien, die sich in diesem Zusammenhang mit Gehölzstreifen an Gewässerrändern befassen, bislang vergleichsweise rar, weshalb hier weiterer Forschungsbedarf besteht.

2.3 Fallbeispiel Peickwitz

Im Rahmen des Forschungsvorhabens AUFWERTEN wurde entlang eines Fließgewässers ein Gehölzstreifen etabliert und exemplarisch Untersuchungen zur Qualität des oberflächennahen Grundwassers durchgeführt. Dieser Versuch diente hauptsächlich dazu, die Vorteilswirkungen von Agroforstgehölzen bezüglich des Gewässerschutzes im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit anhand einer konkreten Demonstrationsfläche aufzeigen zu können.

2.3.1 Lage und Beschreibung der Versuchsfläche

Die Versuchsfläche befindet sich in Peickwitz, einem Ortsteil von Senftenberg, ca. 50 km südwestlich von Cottbus, im südbrandenburgischen Landkreis Oberspreewald-Lausitz (Abb. 2).

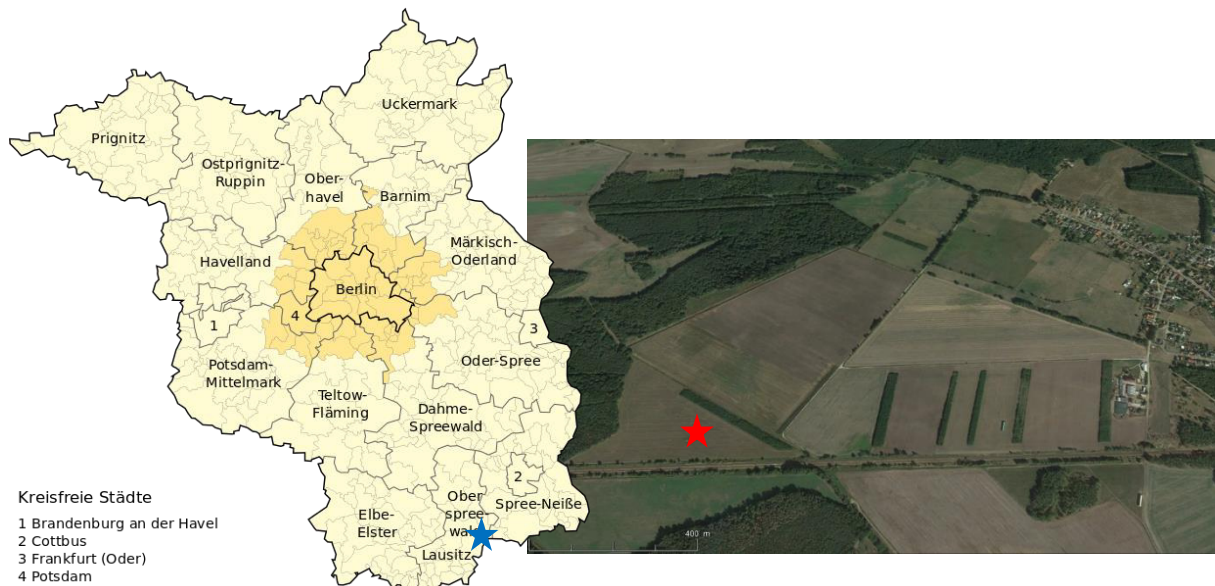


Abbildung 2: Lage der Versuchsfläche (★) in Brandenburg (links) und Luftbild der Versuchsfläche (★) mit Umgebung (rechts) (Quelle der Karte: https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karte_Metropolregion_Berlin-Brandenburg.svg; Quelle des Luftbildes: Google Earth)

Die Versuchsfläche befindet sich auf einem knapp 9 ha großen dreieckigen Ackerschlag, der im Nordosten durch den Peickwitzer Mühlengraben, einem ganzjährig wasserführenden Fließgewässer, begrenzt wird. Die Ackerfläche wird konventionell bewirtschaftet und weist eine mittlere Ackerzahl von 23 auf. Bei dem Standort handelt es sich vermutlich um eine ehemalige Anmoorgley-Fläche, deren Oberboden durch Entwässerung heute stark vererdet und lediglich noch stark bis sehr stark humos ist. Als Bodenart wurde vornehmlich reiner Sand bis schwach lehmiger Sand festgestellt. Die vorhandenen Vergleungsmerkmale sind bis zu einem Meter unter Flur reliktscher Natur. Der Grundwasserstand variiert im Jahresverlauf zumeist zwischen 1,2 und 1,8 m.



Abbildung 3: Frisch angelegter Agroforststreifen entlang des Peickwitzer Mühlengrabens im Mai 2015

Im Untersuchungsgebiet beträgt die jährliche Durchschnittstemperatur 9,0 °C und die Jahresniederschlagssumme 583 mm, wobei während der Monate April bis September im langjährigen Mittel 345 mm fallen (Klimawerte Kleinkoschen 1982 bis 2012; Datenquelle: climate-data.org).

Während der Untersuchungen zur Grundwasserqualität wurden Silomais (2017 und 2019) sowie Winterroggen (2018) angebaut. Zwischen Winterroggen und Silomais erfolgte im Herbst 2018 die Aussaat von Futterroggen als Zwischenfrucht (Tab. 1). Stickstoff wurde auf die Ackerfläche in Form von mineralischen und organischen Düngemitteln ausgebracht. Eine Übersicht für den Zeitraum 2017 bis zum Ende der Beprobung 2019 enthält Tabelle 1.

Tabelle 1: Aussaat- und Erntetermine sowie Informationen zur Applikation von stickstoffhaltigen Düngemitteln auf der Versuchsfläche

Datum	Aussaat / Ernte	Stickstoffdünger		
		Form	Menge (kg bzw. m ³ Dünger/ha)	Menge (kg Stickstoff/ha)
15.03.2017		Alzon 46	200 kg	92
09.05.2017		Schweinegülle	30 m ³	150
15.05.2017	Aussaat Silomais			
23.06.2017		Alzon 46	100 kg	46
29.09.2017	Ernte Silomais			
10.10.2017	Aussaat Winterroggen			
27.03.2018		Gärrückstände	22,1 m ³	91
08.07.2018	Ernte Winterroggen			
14.08.2018		Gärrückstände	20,4 m ³	84
15.08.2018	Aussaat Futterroggen (Zwischenfrucht)			
20.04.2019	Ernte Futterroggen (Zwischenfrucht)			
22.04.2019	Aussaat Silomais			

Im Frühjahr 2015 erfolgte auf der Südseite dieses Grabens die Anlage eines Agroforstgehölzstreifens, der in etwa zu gleichen Teilen aus Pappel (*Populus trichocarpa*, Sorte „Fritzi Pauley“) und Schwarzerle (*Alnus glutinosa*) besteht, angelegt (Abb. 3).

Der Gehölzstreifen wurde auf dem Schlag nicht über die gesamte Länge des Wassergrabens gepflanzt, um aus versuchstechnischen Gründen den mit Bäumen bestockten Bereich mit einem ohne Bäume bestockten und weiterhin ackerbaulich genutzten Uferrandbereich vergleichen zu können. Der Agroforstgehölzstreifen hat eine Länge von etwa 400 m und eine Breite von ca. 25 m. Er besteht aus 10 Baumreihen, die jeweils 2,7 m voneinander entfernt sind. Der Abstand zwischen den Bäumen innerhalb einer Reihe ist 1 m. Somit beträgt die Pflanzdichte etwa 3.700 Bäume je Hektar Gehölzfläche, wobei eine Umtriebszeit von 10 Jahren anvisiert wurde. Auf der Grabenkante, ebenfalls in einer Entfernung von 2,7 m zur ersten grabenseitigen Baumreihe, wurde eine Reihe mit Blühsträuchern (u.a. Eingriffeliger Weißdorn (*Crataegus monogyna*)) gepflanzt. Die Entfernung der ersten Baumreihe bis zur Grabenkante ist daher größer und beträgt insgesamt ca. 3,5 m. Die Pflanzung der Blühsträucher war eine Auflage der zuständigen Unteren Naturschutzbehörde, an welche die Genehmigung zur Etablierung des Agroforstgehölzstreifens geknüpft wurde. Da vor der Etablierung der Gehölze im Bereich des Grabenrandes ein dichter Schilfaufwuchs zu verzeichnen war, starben ein Großteil der Blühsträucher – trotz Ausbringung von Hackschnitzel als Mulch (Abb. 3) – während des ersten Jahres ab. Eine spätere Pflanzung hätte gegebenenfalls mehr Erfolg gehabt, da durch die Beschattung der schnellwachsenden Pappeln und Schwarzerlen das Schilf zurückgedrängt wurde. Bei einem Verzicht auf die zusätzliche Blühstrauchreihe hätten die schnellwachsenden Bäume etwa 1 m dichter an die Grabenkante gepflanzt werden können, wodurch eine stärkere Beschattung des Gewässers möglich gewesen wäre. Dies wiederum kann sowohl für die Grabenpflege (weniger Algenwachstum) als auch für die Gewässerökologie mit Vorteilen verbunden sein.

Nach knapp drei Jahren hatten die Bäume eine mittlere Wuchshöhe von knapp 4 m (Pappel) bzw. 3 m (Schwarzerle) erreicht, wobei keine größeren Ausfallbereiche zu verzeichnen waren (Abb. 4).



Abbildung 4: Agroforststreifen entlang des Peickwitzer Mühlengrabens im September 2017

2.3.2 Versuchsdesign

Auf dem Versuchsfeld wurden im Mai 2017 insgesamt 13 Grundwasserentnahmestellen installiert. Hierfür wurden jeweils bis 2,5 m tiefe, in das oberflächennahe Grundwasser reichende Bohrungen durchgeführt, in die ein am unteren Ende geschlitztes und mit Gage versehenes Kanalgrundrohr (\varnothing 12,5 cm) eingelassen wurde (Abb. 5b). Das aus dem Boden herausragende Rohr wurde mit einem Deckel geschlossen, der nur zur Wasserbeprobung geöffnet wurde (Abb. 5a).



Abbildung 5: a) Entnahme einer Grundwasserprobe an einer Beprobungsstelle, b) Kanalgrundrohre mit geschlitztem und mit Gage versehenem Endabschnitt

Abbildung 6 zeigt die Lage der Grundwasserbeprobungsstellen auf dem Versuchsfeld. Die Positionen der Grundwasserentnahmestellen wurden so gewählt, dass ein Vergleich bezüglich der Qualität des oberflächennahen Grundwassers unter Berücksichtigung eines Mindestmaßes an Variabilität ($n = 3$) zwischen dem Bereich der Ackermitte (Nrn. 6 bis 8), des Ackerrandes ohne Gehölze (Nrn. 1, 2 und 5) und des Ackerrandes mit Gehölzen (Nrn. 11 bis 13) möglich ist.

Ergänzend hierzu wurde im Bereich des Agroforstgehölzstreifens jeweils eine Messstelle im Grenzbereich zwischen Gehölz- und Ackerkultur (Nr. 9) und in unmittelbarer Nähe zum Fließgewässer (Nr. 10) installiert. Letzteres erfolgte in analoger Entfernung zum Gewässer ebenfalls im gehölzfreien Ackerrandbereich (Nrn. 4 und 3).

Im Zuge der Flächenbewirtschaftung wurden die Grundwasserentnahmestellen 7 und 9 beschädigt (Abb. 7). An diesen Stellen erfolgte nahe der alten Beprobungspunkte im Spätsommer 2018 die Einrichtung neuer Entnahmestellen (Abb. 6). Diese wurden ab dem 04.02.2019 für die Grundwasserbeprobung genutzt.

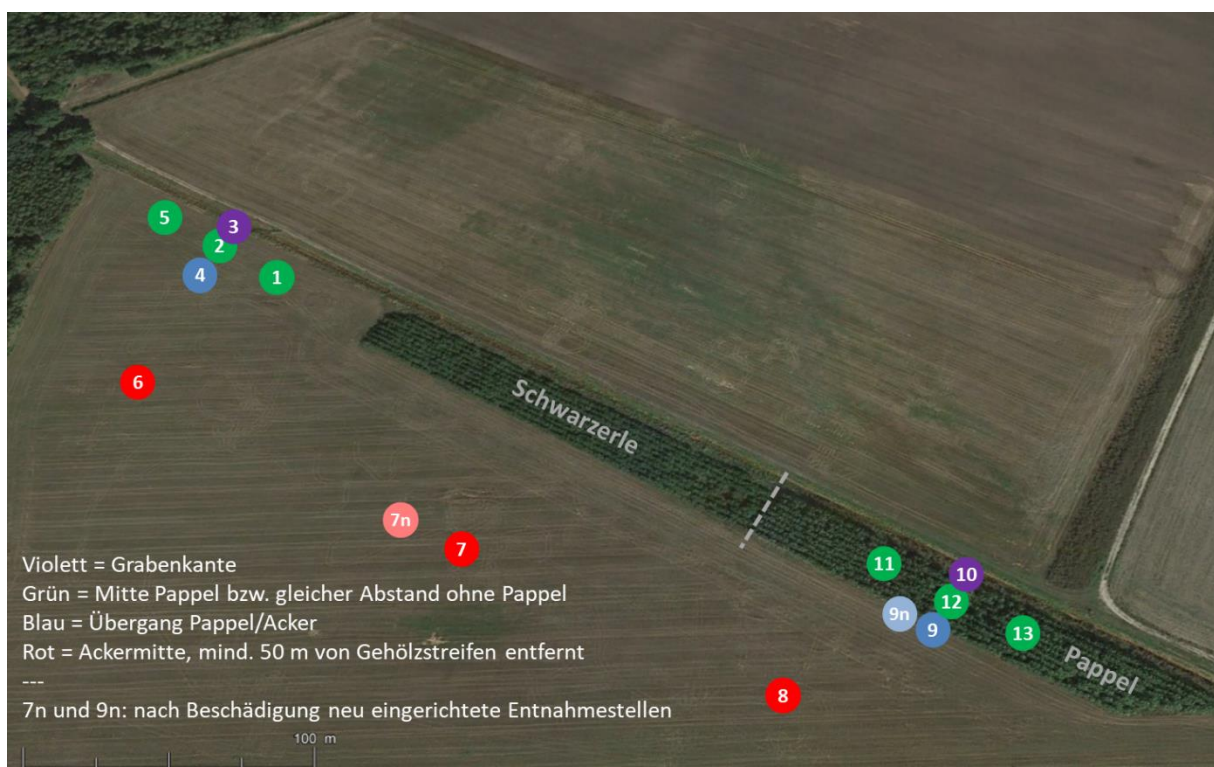


Abbildung 6: Lage der Grundwasserbeprobungsstellen auf dem Versuchsfeld (Quelle des Luftbildes: Google Earth)

2.3.3 Probenahme und Analytik

Die erste Grundwasserbeprobung wurde am 31. Mai 2017 durchgeführt. In Abhängigkeit von Bewirtschaftung und Witterungsbedingungen erfolgten in unregelmäßigen Abständen weitere Beprobungen. Bis zum 30. April 2019, dem letzten Probenahmetermin, wurden insgesamt 13 Beprobungen durchgeführt.

Die Probenahme erfolgte mittels einer Tauchpumpe (Type „Gigant“, Ø36 mm, Fördermenge max. 11 l/min, Anschluss 12 V). Um nicht das im Rohr abgestandene Wasser zu beproben, wurde das herausgepumpte Wasser ca. 1 min lang verworfen, bevor die Entnahme einer Probe erfolgte. Neben den Grundwasserproben erfolgte zumeist auch eine Beprobung des Grabenwassers, wobei je Termin eine Probe gewonnen wurde.

Alle Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme bis zur Analyse eingefroren und etwa 24 Stunden vor der Analyse aufgetaut. Bei der Analytik lag ein besonderer Fokus auf Stickstofffraktionen, wobei der als sehr mobil geltende und für die Bewertung der Grundwasserqualität

besonders wichtige Nitratstickstoff im Vordergrund stand. Vor diesem Hintergrund wurden die Proben hinsichtlich folgender Parameter analysiert: pH-Wert, Gesamtstickstoff (N_t), Nitratstickstoff (NO_3^- -N) und Ammoniumstickstoff (NH_4^+ -N).

An einem Probenaliquot erfolgte die Messung des pH-Wertes mittels eines pH-Meters. Ein weiteres Probenaliquot (20 ml) wurde zur Bestimmung der N_t -Konzentration verwendet. Die Analyse dieses Parameters erfolgte mit einem TOC-Analysator. Für die Bestimmung des NO_3^- -N und NH_4^+ -N wurde das beprobte Grundwasser zunächst gefiltert ($< 0,45 \mu m$). Anschließend wurde ebenfalls jeweils ein weiteres Probenaliquot von 20 ml abgefüllt. Zur Stabilisierung der Proben wurden diese mit $40 \mu l$ 37 % HCl (NO_3^- -N) bzw. $40 \mu l$ 5N H_2SO_4 (NH_4^+ -N) angesäuert. Die Analyse erfolgte mittels eines Fließ-Injektions-Analysators.

2.3.4 Ergebnisse

Der pH-Wert des oberflächennahen Grundwassers variierte während des Untersuchungszeitraumes zwischen 5,0 und 7,1 und lag damit im mäßig sauren bis neutralen Bereich. Auch das Wasser des Peickwitzer Mühlengrabens wies pH-Werte innerhalb dieser Wertespanne auf (Tab. 2). An der Böschungskante waren die pH-Werte tendenziell etwas niedriger als an den anderen Beprobungsstellen. Ein zeitlicher Trend in Form einer Ab- oder Zunahme des pH-Wertes konnte bei keinem der beprobten Areale festgestellt werden. Die ebenfalls in Tabelle 2 angegebenen Median- und Mittelwerte zeigen zudem, dass die Anpflanzung der Bäume – zumindest während der beobachteten ersten vier Jahre – keinen Einfluss auf den pH-Wert des oberflächennahen Grundwassers hatte.

Die 2018 am Grenzbereich mit Bäumen aufgetretenen höheren pH-Werte von bis zu 8,6 sind höchstwahrscheinlich auf einen Defekt des eingelassenen Kanalgrundrohres zurückzuführen, der anfangs nicht entdeckt wurde. Hierauf weisen auch die hohen NH_4^+ -N-Werte hin (Tab. 4). Es wird vermutet, dass Insekten und ggf. auch Lurche und Kleinsäuger in die Grundwasserentnahmestelle gefallen sind und im Zuge des Verwesungsprozesses Ammoniak entstanden ist, der in dem Bereich des Beprobungspunktes zu einer deutlichen Erhöhung des pH-Wertes, aber auch zur Bildung von Ammonium führte. Zudem sorgte Sauerstoffmangel vermutlich für eine unvollständige Nitrifikation, wodurch Ammonium relativ angereichert wurde.

Tabelle 2: pH-Werte im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei $n > 1$ handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt)

Beprobungsdatum	Ackermitte	Acker-rand ohne Bäume	Acker-rand mit Bäumen	Grenzbereich ohne Bäume	Grenzbereich mit Bäumen*	Böschungskante ohne Bäume	Böschungskante mit Bäumen	Mühlengraben
<i>Nr. gemäß Abb. 6</i>	6, 7, 8	1, 2, 5	11, 12, 13	4	9	3	10	
31.05.2017	6,4	6,4	6,2	6,4	6,4	6,0	6,0	n.b.
11.06.2017	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
21.09.2017	6,5	6,5	6,0	7,1	7,1	5,8	5,7	6,5
05.10.2017	6,4	6,5	6,4	6,4	6,8	5,9	5,5	6,0
10.11.2017	6,6	6,4	6,2	6,6	6,8	5,6	5,3	6,5
09.01.2018	6,9	6,8	6,8	7,1	(8,6)	6,4	5,2	6,4
26.03.2018	7,3	6,5	6,5	6,9	(8,0)	5,7	5,3	6,1
20.04.2018	6,8	6,9	6,7	6,9	(8,1)	5,6	5,5	6,0
09.05.2018	6,6	6,5	6,5	6,6	(7,3)	5,6	5,5	5,9
27.07.2018	6,5	6,6	5,9	6,6	n.b.	5,9	5,0	6,0
04.02.2019	6,7	6,5	6,5	6,6	6,6	5,9	5,7	n.b.
22.03.2019	6,4	6,4	5,9	6,4	6,5	5,9	5,3	5,9
30.04.2019	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
Median	6,6	6,5	6,4	6,6	6,9	5,9	5,5	6,0
Mittelwert	6,6	6,5	6,3	6,7	7,2	5,8	5,5	6,1

*im Jahr 2018 war Beprobungsstelle vermutlich defekt (Werte in Klammern)

Der im oberflächennahen Grundwasser enthaltene N_t war bei den meisten Probenahmeterminen überwiegend mineralischer Natur, wobei NO_3^- -N dominierte (vgl. Tab. 3 und 5). Zum Teil war der

Anteil an organischem Stickstoff (N_{org}) jedoch auch sehr hoch. Insgesamt variierte dieser zwischen 0 und nahezu 100 %, wobei im Untersuchungsverlauf bei allen Beprobungsstellen (einschließlich das Wasser des Mühlengrabens) N_{org} -Anteile von über 70 % registriert wurden. Im Bereich der Ackermittle sowie am Ackerrand ohne Bäume war der N_{org} -Anteil tendenziell niedriger als im Bereich des mit Bäumen bepflanzten Ackerrandes, wo das Grundwasser an allen Beprobungsterminen eine deutlich geringere N_t -Konzentration aufwies (Tab. 3).

Während des Untersuchungszeitraumes variierte die N_t -Konzentration im baumfreien Ackerbereich zwischen 4 und 36 mg l⁻¹, wobei bezüglich des Medians kein nennenswerter Unterschied zwischen Ackermittle und Ackerrand ohne Bäumen bestand (15 bzw. 15,7 mg l⁻¹). Unter den Pappeln wurde hingegen eine N_t -Konzentration von lediglich 0,8 mg l⁻¹ (Median) bestimmt. Die Bäume hatten folglich einen erheblichen Einfluss auf die N_t -Konzentration des oberflächennahen Grundwassers.

Tabelle 3: Konzentration an Gesamtstickstoff (mg l⁻¹) im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt)

Beprobungsdatum	Ackermitte	Ackerrand ohne Bäume	Ackerrand mit Bäumen	Grenzbereich ohne Bäume	Grenzbereich mit Bäumen*	Böschungskante ohne Bäume	Böschungskante mit Bäumen	Mühlengraben
<i>Nr. gemäß Abb. 6</i>	<i>6, 7, 8</i>	<i>1, 2, 5</i>	<i>11, 12, 13</i>	<i>4</i>	<i>9</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	
31.05.2017	31,9	15,7	1,2	22,3	9,3	0,7	0,8	n.b.
11.06.2017	35,6	12,7	0,5	23,8	9,0	0,6	0,6	n.b.
21.09.2017	20,5	9,2	0,5	15,5	12,8	0,7	0,6	0,6
05.10.2017	15,0	6,5	0,7	19,4	7,8	0,7	0,3	0,4
10.11.2017	3,6	11,9	0,3	23,9	6,1	0,5	0,4	4,5
09.01.2018	4,1	16,2	1,1	22,8	(28,7)	2,0	0,6	1,6
26.03.2018	14,9	12,8	0,8	20,7	(28,4)	3,8	0,6	1,3
20.04.2018	11,4	14,4	2,7	20,3	(27,5)	0,6	0,6	1,4
09.05.2018	33,9	21,5	4,2	22,7	(20,0)	0,6	0,7	1,2
27.07.2018	7,8	25,7	0,9	37,7	n.b.	1,8	1,0	0,9
04.02.2019	34,6	21,3	0,8	41,3	39,2	0,9	0,7	n.b.
22.03.2019	n.b.	16,3	4,5	41,0	23,5	2,0	1,1	2,1
30.04.2019	25,1	32,4	0,7	0,9	34,0	2,9	0,4	n.b.
Median	15,0	15,7	0,8	22,7	21,7	0,7	0,6	1,3
Mittelwert	18,5	16,7	1,5	24,0	20,5	1,4	0,7	1,6

*im Jahr 2018 war Beprobungsstelle vermutlich defekt (Werte in Klammern)

Tabelle 4: Konzentration an Ammoniumstickstoff (mg l⁻¹) im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei n > 1 handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt)

Beprobungsdatum	Ackermitte	Ackerrand ohne Bäume	Ackerrand mit Bäumen	Grenzbereich ohne Bäume	Grenzbereich mit Bäumen*	Böschungskante ohne Bäume	Böschungskante mit Bäumen	Mühlengraben
<i>Nr. gemäß Abb. 6</i>	<i>6, 7, 8</i>	<i>1, 2, 5</i>	<i>11, 12, 13</i>	<i>4</i>	<i>9</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	
31.05.2017	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.
11.06.2017	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,4	0,0
21.09.2017	0,0	0,0	0,1	0,0	6,9	0,3	0,5	0,3
05.10.2017	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7	0,2	0,4	0,3
10.11.2017	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,3	0,4	0,3
09.01.2018	0,0	0,0	0,0	0,0	(24,5)	0,0	0,3	0,2
26.03.2018	0,0	0,2	0,0	0,0	(15,3)	0,3	0,4	0,4
20.04.2018	0,0	0,1	0,0	0,0	(7,2)	0,2	0,5	0,3
09.05.2018	0,0	0,0	0,0	0,0	(4,5)	0,4	0,5	0,3
27.07.2018	0,0	0,0	0,0	0,0	n.b.	0,2	0,1	0,2
04.02.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	n.b.
22.03.2019	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,1
30.04.2019	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	n.b.
Median	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,2	0,4	0,3
Mittelwert	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	0,2	0,3	0,2

*im Jahr 2018 war Beprobungsstelle vermutlich defekt (Werte in Klammern)

Der $\text{NH}_4^+\text{-N}$ hatte überall eine Konzentration von unter 1 mg l^{-1} (Tab. 4). Eine Ausnahme stellte der Grenzbereich mit Bäumen dar, wo zumindest im Jahr 2018 erhöhte $\text{NH}_4^+\text{-N}$ -Konzentrationen aufgrund eines Defekts der Probenahmestelle vermutet werden können (siehe Ausführungen zum pH-Wert).

Bezüglich der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration zeichneten sich ähnliche Unterschiede zwischen den Beprobungsbereichen ab wie beim N_t (Tab. 5). Im Bereich der Ackermitte wurden Werte von fast 39 mg l^{-1} ermittelt. Dies entspricht einer $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration von fast 172 mg l^{-1} , was über dem Dreifachen des Trinkwassergrenzwertes von $50 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$ (entspricht ca. $11 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$) liegt. Diese Grenze wurde hier bei 8 von 13 Beprobungsterminen überschritten. Etwas niedrigere, aber dennoch ebenfalls vergleichsweise hohe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen wurden im Randbereich ohne Bäume festgestellt. Hier lagen die Messwerte bei knapp 40 % aller Beprobungstermine höher als der Trinkwassergrenzwert. Im Vergleich hierzu wies das oberflächennahe Grundwasser im Randbereich mit Bäumen deutlich geringere $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen auf (Tab. 5, Abb. 8). Diese lagen hier mehrheitlich unter 1 mg l^{-1} , wobei der höchste Medianwert im Mai 2018 festgestellt wurde. Aber auch dieser befand sich mit $4,3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$ (entspricht ca. $19 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$) noch deutlich unterhalb des Trinkwassergrenzwertes.

Tabelle 5: Konzentration an Nitratstickstoff (mg l^{-1}) im oberflächennahen Grundwasser sowie im Peickwitzer Mühlengraben während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei $n > 1$ handelt es sich um Medianwerte; n.b. = nicht bekannt)

Beprobungsdatum	Ackermitte	Acker-rand ohne Bäume	Acker-rand mit Bäumen	Grenzbereich ohne Bäume	Grenzbereich mit Bäumen*	Böschungskante ohne Bäume	Böschungskante mit Bäumen	Mühlengraben
<i>Nr. gemäß Abb. 6</i>	<i>6, 7, 8</i>	<i>1, 2, 5</i>	<i>11, 12, 13</i>	<i>4</i>	<i>9</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	
31.05.2017	7,0	3,0	0,1	4,4	1,9	0,0	0,0	n.b.
11.06.2017	31,8	9,5	0,0	19,1	7,3	0,0	0,0	n.b.
21.09.2017	21,5	7,1	0,0	13,5	4,2	0,0	0,2	0,1
05.10.2017	13,7	4,0	0,1	19,4	1,0	0,1	0,0	0,3
10.11.2017	2,7	9,4	0,1	19,7	2,4	0,2	0,0	4,8
09.01.2018	4,3	16,0	0,8	19,0	(0,2)	0,4	0,0	1,0
26.03.2018	13,9	8,3	1,7	18,2	(4,1)	0,6	0,0	1,2
20.04.2018	9,7	8,8	2,1	16,2	(5,1)	0,2	0,0	0,6
09.05.2018	29,9	17,3	4,3	18,8	(5,4)	0,0	0,0	0,6
27.07.2018	11,0	19,5	0,2	34,3	n.b.	0,1	0,3	0,0
04.02.2019	34,7	19,5	0,2	28,9	40,2	0,1	0,1	n.b.
22.03.2019	38,8	11,9	3,6	36,9	20,9	0,3	0,2	1,0
30.04.2019	24,5	33,0	0,4	0,7	35,0	2,5	0,1	n.b.
Median	13,9	9,5	0,2	19,0	4,6	0,1	0,0	0,6
Mittelwert	18,7	12,9	1,0	19,2	10,6	0,3	0,1	1,1

*im Jahr 2018 war Beprobungsstelle vermutlich defekt (Werte in Klammern)

Die Variabilität der Werte war bei den mit drei Entnahmestellen ausgestatteten Bereichen trotz des vergleichsweise homogenen Unterbodens aus reinem Sand recht groß (Abb. 7). Dennoch waren die Differenzen zwischen den Bereichen ohne Bäume und mit Bäumen klar erkennbar.

Im Grenzbereich ohne Bäume wurden im Medianbereich die höchsten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen ermittelt. Hier wurde mit Ausnahme des ersten Beprobungstermins der Trinkwassergrenzwert für Nitrat an allen Terminen überschritten (Tab. 5). Im Grenzbereich mit Bäumen wurden im ersten Untersuchungsjahr deutlich niedrigere Werte bestimmt, was auf eine Einflussnahme der unterirdisch in den Ackerkulturbereich hineinwachsenden Baumwurzeln zurückgeführt werden könnte. Eine solche Tendenz war nach der Neuinstallation der Beprobungsstelle (vgl. Abschnitt 2.3.2) jedoch nicht mehr erkennbar. Dies sowie die Variabilität der anderen Beprobungsbereiche lassen erkennen, dass für die Generalisierung derartiger Aussagen ein höherer Stichprobenumfang erforderlich ist.

In den Böschungsbereichen wurden unabhängig des Baumbewuchses sehr geringe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen gemessen, wobei im Bereich ohne Bäume leicht höhere Werte ermittelt wurden

(Tab. 5). Auch das Wasser des Peickwitzer Mühlengrabens wies während des Untersuchungszeitraumes mit im Medianbereich weniger als 1 mg l^{-1} eine geringe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentrationen auf. Der Mühlenbach kommt – bevor er auf die Versuchsfläche stößt – aus einem größeren Waldgebiet, wo von einem geringen Stoffeintrag ausgegangen werden kann. Die Nitratvorbelastung des Baches ist im Bereich der Versuchsfläche somit als gering einzustufen. Ungeachtet dessen war ein nachweisbarer Effekt des Agroforstgehölzstreifens auf die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration des Mühlenbaches nicht zu erwarten, da dessen Länge bezogen auf die Länge des Fließgewässers als unbedeutend anzusehen ist. Dennoch ist von einem unterirdisch stattfindenden Stoffeintrag auszugehen, der sich mit zunehmendem Verlauf des Baches durch ackerbaulich genutzte Flächen verstärken dürfte.

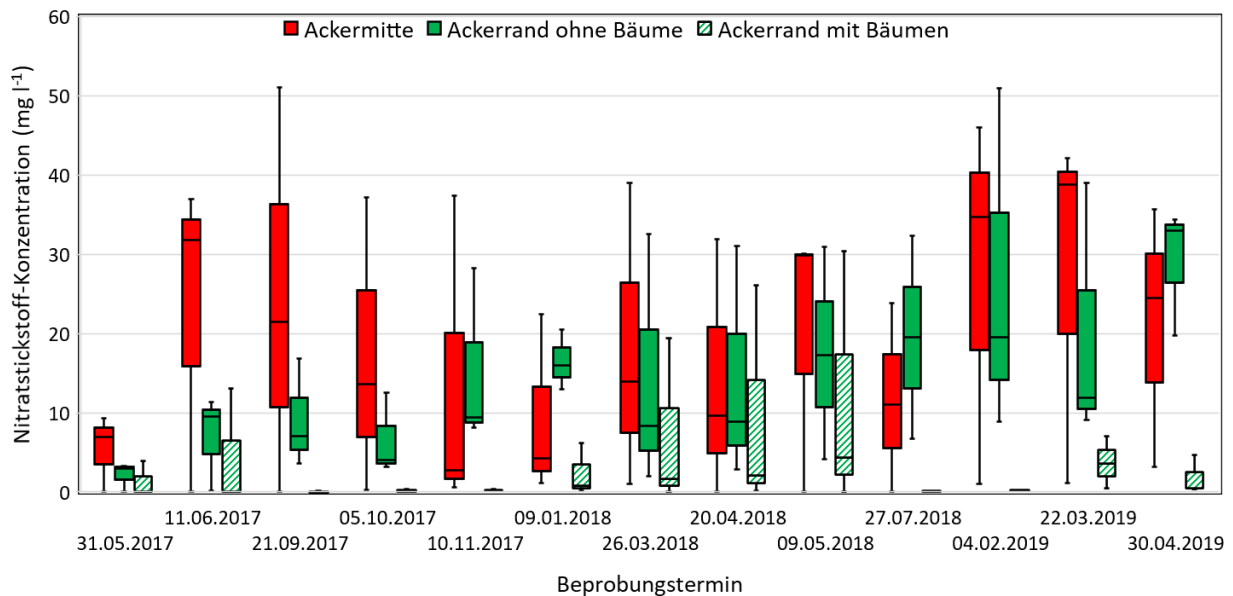


Abbildung 7: Variabilität der Nitratstickstoff-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser in Abhängigkeit des Beprobungsbereiches auf der Versuchsfläche (n = 3; Querstrich = Medianwert; Box = oberes und unteres Quartil; Whisker = Minimum- und Maximumwert)

Düngungsmanagement und Niederschlag stellen wichtige Einflussgrößen bezüglich der $\text{NO}_3\text{-N}$ -Konzentration im Grundwasser dar. Auf der Grundlage der in Tabelle 1 aufgeführten Düngerapplikationen konnte zwar kein eindeutiger Zusammenhang herausgestellt werden, jedoch zeichneten sich zum Teil höhere Werte ab, wenn auf Düngergaben höhere Niederschlagsmengen folgten. So zum Beispiel für den Bereich der Ackermittle bei den Beprobungsterminen im Juni 2017 und Mai 2018 (Abb. 8). Für eine genaue Quantifizierung dieser Einflussgröße sind die Beprobungstermine bei künftigen Untersuchungen jedoch noch stärker am Düngungsmanagement zu orientieren sowie insgesamt noch engere Beprobungsintervalle nötig. Gleiches gilt auch mit Bezug auf Starkregenereignisse.

Prinzipiell ist bei Sandböden wie der Versuchsfläche von einem hohen Auswaschungsrisiko auszugehen. Auf solchen Böden ist eine vollständige Vermeidung von düngungsbedingten Auswaschungsverlusten in der Regel nicht möglich. Umso wichtiger erscheint daher die Anlage von Gehölzstreifen an Gewässerrändern, da hierdurch – wie auch die Ergebnisse dieses Fallbeispiels zeigen – eine (auch unterirdische) Barrierewirkung erzielt und der Stoffeintrag in Oberflächengewässer verringert werden kann.

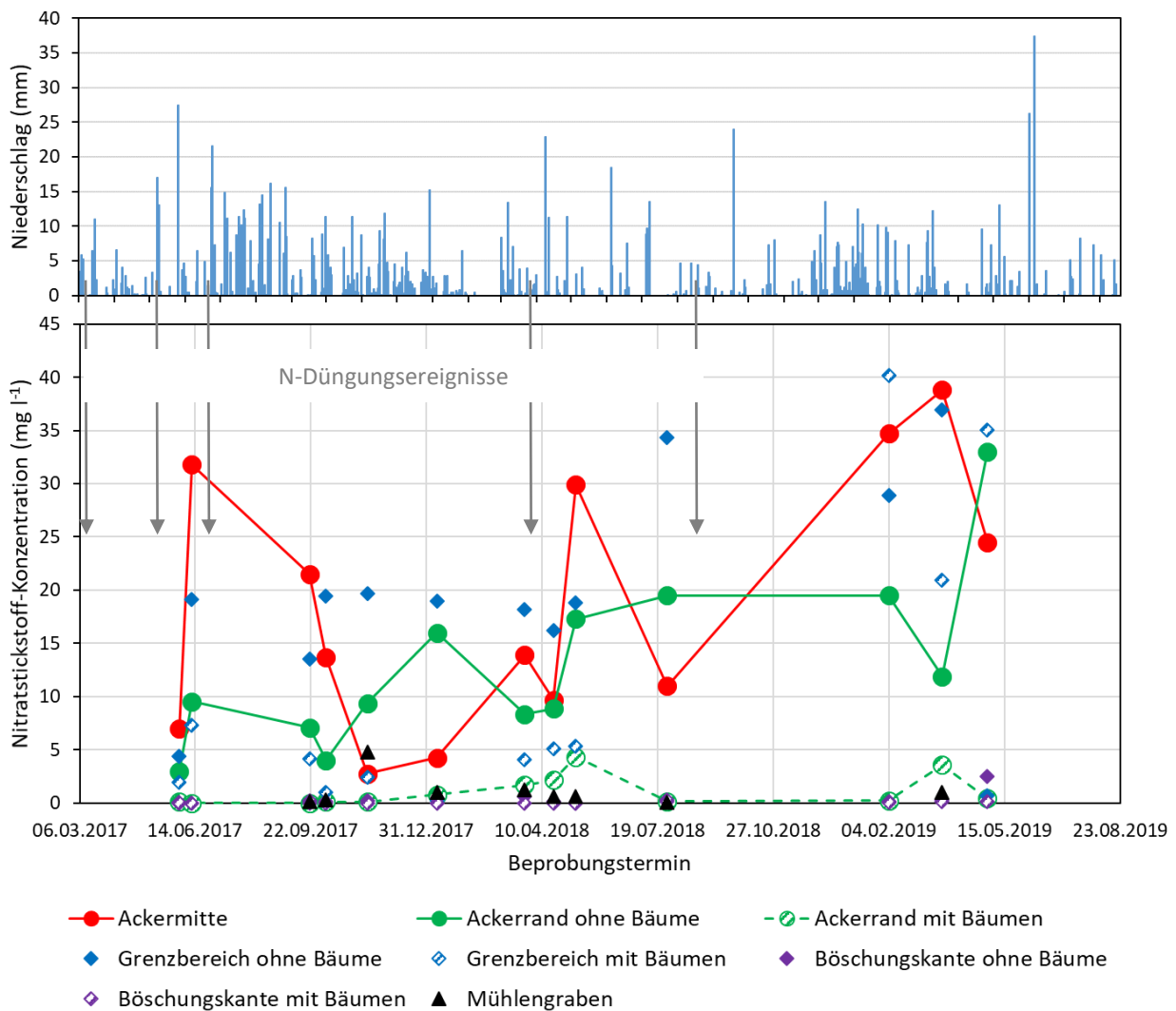


Abbildung 8: Niederschlag (Tagessummenwerte vom 6. März 2017 bis 23. August 2019; Quelle: Deutscher Wetterdienst, Station Klettwitz) und Konzentration an Nitratstickstoff im oberflächennahen Grundwasser während des Untersuchungszeitraumes von Mai 2017 bis April 2019 (Stichprobenanzahl n gemäß Abb. 6; bei $n > 1$ handelt es sich um Medianwerte); graue Pfeile zeigen den Zeitpunkt von Stickstoffdüngergaben (vgl. Tab. 1)

2.3.5 Fazit

Bereits zwei Jahre nach Etablierung des Gehölzstreifens am Ufer des Peickwitzer Mühlengraben konnte bezüglich der Gesamt- und Nitratstickstoff-Konzentration im oberflächennahen Grundwasser eine deutliche Differenzierung in Abhängigkeit der Art der Gewässerrandgestaltung festgestellt werden. So waren die $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte im Bereich des mit Bäumen bestockten Gewässerrandes erheblich niedriger als jene der ackerbaulich genutzten Areale. Während Erstere deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert lagen, bewegten sich Letztere häufig weit oberhalb des Selbigen.

Anhand des Fallbeispiels konnte somit die unterirdische Schutzwirkung eines Agroforstgehölzstreifens exemplarisch aufgezeigt werden. Auch, wenn die Abstimmung zwischen Probenahme, Düngungsmanagement und Witterung für eine genauere Quantifizierung der Einflussnahme noch verbessert werden kann, so trägt diese Studie dennoch dazu bei, auf das Potential von Agroforstgehölzen im Bereich von Gewässerrandstreifen aufmerksam zu machen. Dies gilt sowohl mit Blick auf Landwirtschaftsbetriebe, die einerseits zu einem verbesserten Gewässerschutz beitragen, andererseits aber keine produktive Fläche „verlieren“ möchten, als auch für politische Entscheidungsträger, die sich für die Anlage und Bewirtschaftung von agroforstlich genutzten Gehölzen an Gewässerrändern einsetzen und damit eine vielversprechende Lösungsoption für mehr Gewässerschutz unterstützen möchten.

Ungeachtet dessen sind weitere Untersuchungen notwendig, um die Prozesse der Filterwirkung exakt abbilden und den Einfluss von Dimension, Artenzusammensetzung und Alter des Gehölzstreifens genauer vorhersagen zu können.

3 AGROFORSTLICHE GEHÖLZNUTZUNG AN GEWÄSSERRÄNDERN IN DEUTSCHLAND

3.1 Gewässerrandstreifen

Grenzen landwirtschaftlich genutzte Flächen an Oberflächengewässer an, so sind seitens des Landbewirtschafters wasserrechtliche Regelungen zu beachten. Dies gilt in besonderem Maße für den Grenzbereich zwischen landwirtschaftlicher Fläche und Gewässer, den sogenannten Gewässerrandstreifen (vgl. Abschnitt 2.1). Hierbei handelt es sich um lineare Strukturen entlang von Fließgewässern und Seen, die gemäß § 38 Abs. 1 WHG (2018) „*der Erhaltung und Verbesserung der ökologischen Funktionen oberirdischer Gewässer, der Wasserspeicherung, der Sicherung des Wasserabflusses sowie der Verminderung von Stoffeinträgen aus diffusen Quellen*“ dienen. Nach § 38 Abs. 3 WHG (2018) weist der Gewässerrandstreifen im Außenbereich eine Breite von 5 m auf. Dies ist allerdings nur als Richtwert anzusehen, da die Bundesländer hiervon abweichende Regelungen festlegen können. So können Gewässerrandstreifen einerseits aufgehoben und andererseits deren Breite und Ausgestaltung definiert werden. In den meisten Bundesländern variieren die Anforderungen an Gewässerrandstreifen in Abhängigkeit der Lage und der wasserwirtschaftlichen Bedeutung. Bezüglich Ersterem wird nach Außen- und Innenbereich, also außerhalb und innerhalb von Ortschaften, differenziert, wobei die Anforderungen (z.B. die Breite des Gewässerrandstreifens) im Außenbereich zumeist höher sind. Die wasserwirtschaftliche Bedeutung ergibt sich aus der in Deutschland praktizierten Kategorisierung der Oberflächengewässer nach Ordnungen. Verantwortlich hierfür sind ebenfalls die Bundesländer, weshalb die Ordnungen von Bundesland zu Bundesland teilweise voneinander abweichen. Unterteilt wird nach Gewässern I. und II. Ordnung. In einigen Bundesländern (z.B. Hessen, Niedersachsen) gibt es auch Gewässer der III. Ordnung. Zu Gewässern der I. Ordnung zählen in der Regel die für die Binnenschifffahrt bedeutenden Bundeswasserstraßen, deren Unterhaltung gemeinhin dem Bund obliegt. Für die Unterhaltung der Gewässer II. und ggf. auch III. Ordnung sind allgemein die regionalen Wasserverbände zuständig.

Gewässerrandstreifen zeichnen sich dadurch aus, dass sie extensiver als die eigentliche, dem Gewässer angrenzende Ackerfläche oder gar nicht genutzt werden. In ersterem Fall bestehen insbesondere Einschränkungen hinsichtlich der Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln. Die Differenzen zwischen den Bundesländern sind hier zum Teil beträchtlich. Wie bereits in Abschnitt 2.1 angemerkt, gelten die Vorschriften für Gewässerrandstreifen häufig nicht für wasserwirtschaftlich wenig bedeutende Gewässer, zu denen Fließgewässer mit sehr kleinem Einzugsgebiet sowie Entwässerungsgräben entlang von Straßen zählen. Für den Landwirtschaftsbetrieb ist es ausgesprochen wichtig, dass für jedes Gewässer definiert wird, ob Auflagen in Verbindung mit einem Gewässerrandstreifen vorliegen oder nicht. Dies ist insbesondere auf Schlägen bedeutsam, die sich durch ein dichtes Netz an Entwässerungsgräben auszeichnen. Bei Ausweisung von 5 m oder gar 10 m breiten Gewässerrandstreifen kann sich die außerhalb dieser Zonen befindliche, nutzbare Fläche erheblich verringern. Ungeachtet dessen ist aber häufig auch diesen Gewässern eine hohe ökologische Bedeutung beizumessen, weshalb deren Schutz vor erhöhtem Stoffeintrag als zielführend im Sinne eines nachhaltigen Landmanagements anzusehen ist. Hinzu kommt die Tatsache, dass zahlreiche kleinere Gewässer mit größeren Oberflächengewässern (vielfach indirekt) in Verbindung stehen und somit darin eingetragene Stofffrachten auch in größere Gewässer gelangen können.

Neben Beschränkungen zur Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln existieren auch Maßgaben mit Blick auf die Entnahme und Bewirtschaftung von Gehölzen im Bereich von Gewässerrandstreifen. Diese Regelungen, auf die in den folgenden Abschnitten konkreter eingegangen wird, sind für eine agroforstliche Nutzung im Bereich der Gewässerränder von entscheidender Bedeutung.

3.2 Rechtliche Situation

3.2.1 Bundesebene

Auf Bundesebene wird der Gehölzanbau bzw. die Gehölzbewirtschaftung im Wasserhaushaltsgesetz geregelt. Hier heißt es in § 38 Abs. 4 Nr. 2, dass im Gewässerrandstreifen „*das Entfernen von standortgerechten Bäumen und Sträuchern, ausgenommen die Entnahme im Rahmen einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft, sowie das Neuanpflanzen von nicht standortgerechten Bäumen und Sträuchern*“ verboten ist. Da nach § 2 Abs. 2 Nrn. 1 und 2 des Bundeswaldgesetzes (BWaldG 2017) sowohl Kurzumtriebsplantagen als auch Agroforstsysteme kein Wald im Sinne dieses Gesetzes und deren Bewirtschaftung somit nicht Bestandteil einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft sind, ist die Entnahme von Bäumen im Rahmen einer der Landwirtschaft zuzuordnenden agroforstlichen Nutzung vom Grundsatz her nicht möglich. Folglich steht das Wasserhaushaltsgesetz dem Betreiben von Agroforstwirtschaft im Gewässerrandstreifen entgegen. Zwar wäre durchaus denkbar, dass die Entfernung von Gehölzen behördlicherseits als Pflegemaßnahme und somit nicht als generelle Entnahme gewertet wird, doch resultiert hieraus für den Bewirtschafter keine Rechtssicherheit, auf die er sich im Falle einer anderen Gesetzesauslegung berufen könnte.

Die Formulierung im Wasserhaushaltsgesetz ist für die Bundesländer bindend, sofern diese in ihren Landeswassergesetzen hiervon nicht abweichende Regelungen getroffen haben. Mittlerweile haben einige Bundesländer ihre Gesetzestexte so konkretisiert, dass eine Bewirtschaftung von Agrargehölzen auch im Gewässerrandstreifen rechtssicher möglich ist (vgl. Abschnitt 3.2.2). Hierbei ist der genaue Bezug auf Agrargehölze von erheblicher Bedeutung, da nur so der Gewässerrandstreifen Teil der landwirtschaftlichen Nutzfläche bleibt. Eine Änderung der Flächennutzungsart von Land- zu Forstwirtschaft wäre mit einem Wertverlust der Fläche verbunden und daher seitens der Flächenbesitzer nicht akzeptabel.

3.2.2 Landesebene

Als erstes Bundesland hat Baden-Württemberg die rechtssichere Möglichkeit des Agrarholzanbaus im Gewässerrandstreifen geschaffen. So heißt es in § 29 Abs. 3 Nr. 3 des Wassergesetzes für Baden-Württemberg (WG 2018), dass „*die Nutzung als Ackerland in einem Bereich von fünf Metern ab dem 1. Januar 2019*“ verboten ist, jedoch mit Ausnahme der „*Anpflanzung von Gehölzen mit Ernteintervallen von mehr als zwei Jahren [...]*“. Hierdurch wird zumindest der Anbau von Dauerkulturen im Sinne des Niederwaldes mit Kurzumtrieb (Kurzumtriebsplantagen) im Gewässerrandbereich ermöglicht. Da es aktuell in Deutschland noch keine rechtsverbindliche Definition für Agroforstwirtschaft gibt, ist der Bezug zu Agrarholz als Dauerkultur, und der damit verbundene Erhalt landwirtschaftlicher Nutzfläche, verständlich. Dies schließt eine agroforstliche Nutzung jedoch nicht aus. Selbst Umtriebszeiten von über 20 Jahren wären nach dieser Regelung denkbar. So erfolgte in der Formulierung – gegebenenfalls bewusst – weder eine obere Beschränkung der Ernteintervalle noch wurden eindeutige, begriffliche Bezüge zum Niederwald mit Kurzumtrieb hergestellt.

Neben Baden-Württemberg haben mittlerweile auch andere Bundesländer ähnliche Formulierungen in ihre Wassergesetze aufgenommen. Zu nennen sind hier Nordrhein-Westfalen, Thüringen und Brandenburg. Bei Letzterem wurde die Aufnahme eines entsprechenden Passus durch die Innovationsgruppe AUFWERTEN begleitet (vgl. Kapitel 3.3).

In den anderen Bundesländern ist der Anbau und die Nutzung von Gehölzen, einschließlich der Holzentnahme, im Gewässerrandbereich nach wie vor nicht möglich. Dies schließt gleichzeitig auch die Nutzung der Agroforstwirtschaft als vielversprechendes Werkzeug zur Verminderung von Stoffeinträge in Oberflächengewässer aus.

3.3 Schaffung einer rechtssicheren Gehölznutzung an Gewässerrändern in Brandenburg

3.3.1 Hintergrund und wichtige Teilschritte

Im Jahr 2016 begann die brandenburgische Landesregierung mit den Vorbereitungen zur Novellierung des Brandenburgischen Wassergesetzes (BbgWG 2017). Im Zuge dessen wurde ein Beteiligungsprozess gestartet, bei dem u.a. Anhörungen von landnutzungsrelevanten Verbänden stattfanden und Stellungnahmen eingereicht werden konnten. Vor diesem Hintergrund brachte sich auch die Innovationsgruppe AUFWERTEN ein, mit dem Ziel, in Brandenburg eine rechtssichere Bewirtschaftung von Gehölzen und damit eine agroforstliche Nutzung an Gewässerrändern zu ermöglichen.

Da die Innovationsgruppe AUFWERTEN als Forschungsverbund unabhängig von Zielen bestimmter Verbände und anderer Interessensgruppen agierte, war es zunächst notwendig, Wege und Kanäle zu suchen, über die das Anliegen an entscheidungskompetente Adressaten aus Politik und Gesellschaft transportiert werden konnte. In einem ersten Schritt wurden bekannte wissenschaftliche Fakten zum Einfluss des Gehölzanbaus an Gewässerrändern auf den Stoffeintrag in Oberflächengewässer zusammengetragen. Hieraus konnten klare Belege für die Schutz- und Retentionswirkung der Gehölze abgeleitet werden. Parallel hierzu erfolgte eine intensive Auseinandersetzung mit der aktuellen Gesetzeslage, wobei nach konkreten Lösungsoptionen gesucht wurde. Als hilfreich erwies sich in diesem Zusammenhang die zu dieser Zeit stattfindende Diskussion in Baden-Württemberg. Hier trat bereits 2014 das Gesetz zur Neuordnung des Wasserrechts in Baden-Württemberg in Kraft. In diesem, auch als Wassergesetz für Baden-Württemberg (WG 2018) bekannten Gesetz, wurde festgelegt, dass eine ackerbauliche Nutzung des Gewässerrandstreifens ab 2019 nicht mehr möglich ist. Als eine Ausnahme wurde der Anbau von Gehölzen mit Ernteintervallen von mehr als zwei Jahren benannt (vgl. Abschnitt 3.2.2). Insbesondere das festgelegte Verbot, im Gewässerrandbereich Ackerbau zu betreiben, sorgte für Diskussionen. Einerseits bestand das Ziel, die Qualität der Oberflächengewässer zu verbessern und damit auch die Maßgaben der Wasserrahmenrichtlinie zu erfüllen, andererseits ging der Landwirtschaft hierdurch produktive Fläche verloren.

Diese Diskussion wurde in kleinem Rahmen auch innerhalb der Innovationsgruppe AUFWERTEN geführt, in der sowohl Vertreter der Landwirtschaft als auch des Naturschutzes zusammenarbeiteten. Die Möglichkeit, mittels einer agroforstlichen Nutzung sowohl die Produktionsfläche insgesamt zu erhalten und gleichzeitig das Stoffeintragspotential deutlich mindern zu können, wurde in der Gruppe als eine vielversprechende Kompromisslösung für die Verbesserung der Oberflächengewässerqualität wahrgenommen. Ausgehend hiervon erfolgte die gemeinsame Erstellung eines Schreibens an Vertreter aus Politik und Verbänden. In diesem Brief wurde ausdrücklich angeregt, *„die geplante Novellierung des Brandenburgischen Wassergesetzes zu nutzen und im Zuge dieser Gesetzesänderung auch den Anbau von Agrarholzstreifen im Brandenburgischen Wassergesetz ausdrücklich zuzulassen“*. Als konkreter Lösungsansatz wurde nach dem Vorbild Baden-Württembergs vorgeschlagen, folgenden Passus im brandenburgischen Wassergesetz zu ergänzen: *„§ 38 Abs. 4 WHG ist mit den Maßgaben anzuwenden, dass in den Gewässerrandstreifen die Anpflanzung und Nutzung von Gehölzen mit Ernteintervallen von mehr als zwei Jahren (Agrarholzstreifen) sowie die Anlage und der umbruchlose Erhalt von Blühstreifen in Form von mehrjährigen nektar- und pollenspendenden Trachtflächen für Insekten zulässig sind.“*

Diese Initiative stieß auf Resonanz. Diverse, hierauf folgende Gespräche und Präsentationen führten schließlich dazu, dass dieser Vorschlag bei einer Anhörung im Landtag zur Wassergesetzesnovelle sowohl über das Forum Natur, einem Aktionsbündnis aus verschiedenen Landnutzungsverbänden, als auch über einen ebenfalls referierenden Gewässerexperten aus Baden-Württemberg benannt wurde. Die Reaktionen hierauf waren durchaus kontrovers. In dieser Phase erwies es sich als ausgesprochen hilfreich, das seitens eines Landtagsabgeordneten großes Interesse an diesem Thema vorlag. Dieser brachte den Vorschlag der Innovationsgruppe AUFWERTEN in den damaligen Landtagsausschuss für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft, wo er als dessen Mitglied eine große Multiplikatorwirkung entfalten konnte. Da er aus der Untersuchungsregion stammt, und sich dort auch sein Wahlkreis befindet, konnte zudem ein reger Informationsaustausch zwischen ihm und Vertretern der Innovationsgruppe AUFWERTEN aufgebaut werden (siehe auch Bericht im Innovationskonzept; Böhm und Hübner 2020).

Im weiteren Verlauf des Jahres 2017 wurden wiederum zahlreiche Gespräche geführt. Wenn möglich, wurde hierbei zur Agroforst-Demonstrationsfläche des Landwirtschaftsbetriebes Domin eingeladen, um die Intention der Innovationsgruppe AUFWERTEN anhand eines Praxisbeispiels (vgl. Abschnitt 2.3) zu erläutern. Als ein wichtiger weiterer Schritt ist in diesem Zusammenhang das Treffen mit einem Vertreter des damaligen Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Landwirtschaft des Landes Brandenburg zu betrachten. Mit diesem, u.a. für rechtliche Angelegenheiten in der Abteilung Wasser- und Bodenschutz zuständigen Mitarbeiter, wurden Möglichkeiten der Implementierung des AUFWERTEN-Anliegens in den Text der Gesetzesnovelle diskutiert, wobei auch bestehende Vorbehalte seitens des Ministeriums klar benannt wurden (u.a. auch Abschnitt 3.3.2). Letzteres war für die Argumentationslinie der Innovationsgruppe AUFWERTEN sehr hilfreich. So konnten diese Aspekte bei künftigen Vorstellungen vertiefend beleuchtet werden.

Im Vorfeld dieses Gespräches bekam die Innovationsgruppe AUFWERTEN die Möglichkeit, auf ein den AUFWERTEN-Vorschlag betreffendes Votum des entsprechenden Referates zu reagieren. Hierin wurde die Berücksichtigung eines Passus zur rechtssicheren Bewirtschaftung von Gehölzen an Gewässerrändern nicht empfohlen. Als wesentlicher Grund hierfür wurde angeführt, dass in Brandenburg keine Ausweisung von Gewässerrandstreifen mit Nutzungsverbot geplant sind und bereits auf der Grundlage des Wasserhaushaltsgesetzes Agrarholzpflanzungen möglich seien. In ihrer Reaktion, die den bereits in Abschnitt 3.2.1 erwähnten Argumenten folgte, verwies die Innovationsgruppe AUFWERTEN nochmals eindrücklich darauf, dass der Agrarholzanbau im Rahmen einer agroforstlichen Nutzung der Landwirtschaft und nicht der Forstwirtschaft zuzurechnen ist, und es deshalb allein auf Basis des Wasserhaushaltsgesetzes keine Rechtssicherheit für Betriebe existiert, die innerhalb des Gewässerrandstreifens eine Schutzwirkung durch die extensive Bewirtschaftung von Agrargehölzen erreichen möchten.

Auch auf Bundesebene wurde seitens der Innovationsgruppe AUFWERTEN für die agroforstliche Gehölbewirtschaftung an Gewässerrändern geworben. So ergab sich beispielsweise durch die Vermittlung eines Mitarbeiters der Abteilung Wasserwirtschaft 2 (Flussgebietsmanagement) des Landesamtes für Umwelt Brandenburg (LfU) die Möglichkeit, dieses Thema im Rahmen eines in Würzburg stattfindenden Treffens der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) vorzustellen. Interessant war in diesem Kontext das Treffen mit einem weiteren Referenten, der den Agrarholzbau aus Gründen einer hiermit möglichen Verbesserung der Gewässerökologie favorisierte.

Das stete, auf wissenschaftlichen Fakten basierende Argumentieren, auch in Verbindung mit Berücksichtigungen der als praxisrelevantes Beispiel fungierenden Demonstrationsfläche, sowie die Identifizierung von Vertretern aus Politik und Verbänden, die als Multiplikatoren wirkten, führten schließlich dazu, dass eine Formulierung in die Gesetzesnovelle integriert wurde, die an Gewässerrändern eine rechtssichere agroforstliche Bewirtschaftung von Agrarholz zulässt (vgl. Abschnitt 3.3.3).

3.3.2 Zielkonflikte

Sowohl die Ausweisung als auch die Ausgestaltung bzw. Nutzung von Gewässerrandstreifen ist mit Zielkonflikten verbunden. Hierbei stehen sich insbesondere drei Interessengruppen gegenüber. Für eine möglichst umfassende Ausweisung von Gewässerrandstreifen als Pufferzone zwischen Gewässer und landwirtschaftlicher Fläche stehen die Vertreter des Natur- und Umweltschutzes. Diese plädieren in der Regel auch für eine Nutzungsaufgabe dieser Bereiche. Dieser Gruppe gegenüber stehen die Landwirtschaftsvertreter, deren Interesse vorrangig darin besteht, die Nutzfläche in vollem Umfang zu erhalten. Die Ausweisung von aus der Nutzung herausgenommenen Gewässerrandstreifen widerspricht deren Wirtschaftsinteressen. Eine dritte Gruppe stellen der Gewässerschutz sowie die Gewässerverbände dar. Bei diesen Akteuren stehen Gewässerschutzaspekte (einschließlich Hochwasserschutz, Renaturierungsvorhaben usw.) und Kriterien der Gewässerpflege im Vordergrund.

Die agroforstliche Nutzung innerhalb von Gewässerrandstreifen tangiert die Interessen aller genannten Akteursgruppen, wobei sowohl Vorteile als auch Nachteile gesehen werden. Tabelle 6 gibt hierzu einen Überblick.

Tabelle 6: Vor- und Nachteile der agroforstlichen Bewirtschaftung im Bereich von Gewässerrandstreifen aus Sicht unterschiedlicher Interessensgruppen

Interessensgruppe	Vorteile	Nachteile
Natur- und Umweltschutz	Verminderung des Stoffeintrages	Temporäre Erhöhung des Stoffeintrages bei Beseitigung der Wurzelstöcke im Zuge einer Neuanlage möglich
	Schutz vor Abdrift von Pflanzenschutzmitteln	Anbau von nicht gebietsheimischen Gehölzarten, besonders in Gebieten mit Schutzgebietsstatus (z.B. FFH-Gebiete)
	Schaffung von gewässernahen Extensivzonen	Die durch gänzliches Nutzungsverbot erwartete Positivwirkungen für Gewässerqualität und Gewässerökologie werden nicht vollständig erreicht
Landwirtschaft	Erhalt der Gewässerrandzonen als landwirtschaftliche Nutzfläche	Anbaufläche steht nicht für Ackerfrüchte zur Verfügung
	Hohe Produktivität der Gehölze aufgrund guter Wasserversorgung	Agroforstliche Nutzung und Verwertung von Holz und anderen Agroforstprodukten erfordert zeitliche und finanzielle Investition in neuen Betriebszweig
	Verminderung des Stoffeintrages	
Gewässerschutz und Gewässerverbände	Verminderung des Stoffeintrages	Höhere Pflegekosten und Einschränkungen bezüglich der Zugänglichkeit im Rahmen der Gewässerpflege bei beidseitiger Bepflanzung
	Verringerung der Gewässerpflegekosten durch geringeren Eintrag von Sediment und zur Eutrophierung beitragenden Stoffen	Langfristig nutzbare Agrarholzbestände für Renaturierungsvorhaben hinderlich
		Verlust von ökologisch wertvollen Gewässerrandzonen durch Monokulturanbau
		Einschränkungen beim Hochwasserschutz möglich

Im Zuge der Innovationsgruppenarbeit wurde die Bedeutung der seitens der Interessensgruppen angeführten Nachteile bewertet und Lösungsansätze für Kompromisslösungen erarbeitet. Hierbei wurde auch ein großer Informationsbedarf deutlich. So ist beispielsweise eine Entnahme von Wurzelstöcken bei Neupflanzungen nicht vorgesehen und schon finanziell auch nicht vertretbar. Die Agroforstgehölze können selbst bei sehr kurzen Umtriebszeiten mindestens 20 bis 30 Jahre genutzt

werden, weshalb eine mögliche Bodenverwundung im Zuge einer Neupflanzung (die mit einer Beseitigung der Wurzelstöcke nicht vergleichbar ist), z.B. durch Fräsen, nur sehr selten auftreten würde. Ferner kann durch die Nutzung der Biomasse ein „Abschöpfen“ angereicherter Nährstoffe erreicht werden. Die Anpflanzung von nicht gebietsheimischen Arten in ökologisch sensiblen Bereichen könnte durch die Ausweisung entsprechender Zonen (oder auch Kulissen) unterbunden werden. Mit Blick auf die seitens des Naturschutzes immer wieder angeführten Bedenken bezüglich des Anbaus von Hybridpappeln und -weiden konnten keine wissenschaftlichen Untersuchungen, die bedeutende, hierdurch bedingte Nachteile belegen, gefunden werden.

Der Anbau von Ackerfrüchten in unmittelbarer Gewässernähe ist häufig nicht effizient, da durch Vernässung sowie starkem Schilf- und Graswuchs oftmals geringere Erträge zu erwarten sind. Die Produktion von holzartiger Biomasse kann dazu beitragen, die Produktpalette zu erweitern und auf diese Weise ein zusätzliches wirtschaftliches Standbein zu etablieren. Überdies kann durch regelmäßig auftretende Gehölzstreifen auch die Windgeschwindigkeit reduziert werden, was zu einer Verringerung der potentiellen Verdunstung und damit zu einer Erhöhung der Klimaresilienz des ackerbaulich genutzten Standortes beitragen kann (Kanzler et al. 2019).

Die Unterstützung der Gewässerverbände hängt vor allem davon ab, ob durch den Gehölzanbau die Zugänglichkeit zu den Gewässern für Pflegemaßnahmen gewahrt bleibt. Gewährleistet werden kann dies, indem die agroforstliche Nutzung stets nur auf einer Seite des Gewässers stattfindet. Um eine größtmögliche Beschattung zu erreichen, sollte hierbei vorzugsweise die Südseite des Gewässers bepflanzt werden. Renaturierungsmaßnahmen stehen in der Regel nur bei natürlichen Gewässern an. Künstlich angelegte Gewässer wie Gräben und Kanäle, deren Randbereiche für den Agrarholzanbau sehr interessant sind, dürften hierbei keine Relevanz besitzen. Die Bepflanzung und hieraus resultierende Bewirtschaftung intakter Auenlandschaften größerer Fließgewässer widerstrebt auch den Zielen der Innovationsgruppe AUFWERTEN. Solche Bereiche können als Abschlussgebiet für die Anpflanzung von Agrarholz ausgewiesen werden. Gleiches gilt ebenso für Gewässerabschnitte, bei denen der Gehölzanbau zu einer Beeinträchtigung des Hochwasserschutzes führen würde. Bezogen auf das Gesamtflächenpotential dürfte der Anteil solcher Flächen, bei denen die Nachteile stärker als die Vorteile wiegen, jedoch von untergeordneter Bedeutung sein.

Die agroforstliche Nutzung von Gewässerrandstreifen wurde intensiv sowohl innerhalb der Innovationsgruppe AUFWERTEN als auch mit externen Beteiligten diskutiert. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass der gewässernahe Agrarholzanbau von allen Interessensgruppen mehrheitlich als mögliche Kompromisslösung akzeptiert wurde. Allerdings nahmen nach derzeitigem Kenntnisstand keine der beteiligten Verbände die Forcierung des Agrarholzanbaus an Gewässerrändern als prioritär zu verfolgendes Ziel in ihre Verbandsarbeit auf. Hierfür bedarf es künftig sicherlich weiterer Demonstrationsflächen, anhand derer die Vorteile – insbesondere mit Blick auf den verminderten Stoffeintrag in Oberflächengewässer – deutlich sichtbar werden. Auch die Honorierung der hiermit verbundenen Umweltleistungen würde die Nachfrage nach solchen Anbaupraktiken seitens der Landwirtschaftsbetriebe erhöhen.

3.3.3 Änderung des Gesetzestextes

Vor der Novellierung des Brandenburgischen Wassergesetzes (BbgWG 2016) wurde unter § 84 („Besondere Pflichten im Interesse der Gewässerunterhaltung, Gewässerrandstreifen“) Bezug auf § 38 des Wasserhaushaltgesetzes genommen. Hier stand unter Absatz 2 folgender Wortlaut:

„(2) Das für die Wasserwirtschaft zuständige Mitglied der Landesregierung kann den örtlichen Verhältnissen entsprechend die Breite von Gewässerrandstreifen sowie das Verhalten im Gewässerrandstreifen für Gewässer oder Gewässerabschnitte durch Rechtsverordnung regeln, soweit es die Bewirtschaftungsziele erfordern, das Maßnahmenprogramm entsprechende Anforderungen enthält oder es zur Vermeidung oder Verminderung von Schadstoffeinträgen erforderlich ist. Werden durch eine Bestimmung der Rechtsverordnung erhöhte Anforderungen gesetzt, die die ordnungsgemäße

landwirtschaftliche, forstwirtschaftliche oder gartenbauliche Nutzung eines Grundstücks einschränken, gelten § 52 Absatz 5 des Wasserhaushaltsgesetzes und § 16 Satz 1 bis 6 entsprechend. Begünstigter ist das Land.“

Da dieser Paragraph keine landesspezifischen Regelungen bezüglich des Anbaus und der Entnahme von Agrargehölzen im Gewässerrandstreifen aufwies, galten die im Wasserhaushaltsgesetz festgelegten Regelungen (vgl. Abschnitt 3.2.1). Die bestehende rechtliche Unsicherheit wurde auch im Zuge der Anlage des Agroforstgehölzstreifens am Ufer des Peickwitzer Mühlengrabens deutlich (vgl. Kapitel 2.3). Vor der Pflanzung der Bäume wurden Vertreterinnen der zuständigen Unteren Wasserbehörde sowie der Unteren Naturschutzbehörde eingeladen, um ihnen die geplante Anlage des Gehölzstreifens vorzustellen und eine Bewirtschaftungsgenehmigung zu erhalten. Trotz der Berücksichtigung der Auflagen (Strauchpflanzungen, vgl. Abschnitt 2.3.1) und der damit verbundenen prinzipiellen Zustimmung seitens der Behörden, wurde keine offizielle Bewirtschaftungsgenehmigung, die eine Entnahme der Bäume einschließt, erteilt. Der Landwirtschaftsbetrieb Domin trug somit das alleinige Risiko, dass durch ein mögliches Untersagen der Holzernte die Kapitalrückflüsse ausbleiben und die getätigte Investition sich nicht amortisiert.

In der novellierten Fassung des Brandenburgischen Wassergesetzes (BbgWG 2017), die am 4. Dezember 2017 beschlossen wurde, wird nun unter § 77a („Gewässerrandstreifen“) Bezug auf § 38 des Wasserhaushaltsgesetzes genommen. Hier heißt es:

„(1) Die oberste Wasserbehörde setzt für Gewässer oder Gewässerabschnitte innerhalb von Wasserkörpern, die den guten Zustand im Sinne des § 27 des Wasserhaushaltsgesetzes nicht erreichen, Gewässerrandstreifen durch Rechtsverordnung fest, soweit dies für die in § 38 Absatz 1 des Wasserhaushaltsgesetzes genannten Zwecke erforderlich ist. Die Erforderlichkeit ist insbesondere dann gegeben, wenn das Nichterreichen des guten Zustands wesentlich mitverursacht ist durch Stoffeinträge aus diffusen Quellen. Bei der Beurteilung des Gewässerzustands und der Erforderlichkeit ist der für verbindlich erklärte Bewirtschaftungsplan zugrunde zu legen. In einer Rechtsverordnung nach Satz 1 kann auch die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln im Gewässerrandstreifen verboten werden.

(2) Soweit die Zwecke des Gewässerrandstreifens im Wege der Kooperation mit Grundstückseigentümern oder Nutzern aufgrund verbindlich vereinbarter Maßnahmen erreicht werden, haben diese Vorrang und es entfällt insoweit die Verpflichtung zur Festsetzung eines Gewässerrandstreifens nach Absatz 1. Zuständig ist die oberste Wasserbehörde.

(3) Die Wasserbehörde kann für die Anpflanzung, Bewirtschaftung und das Beseitigen von Gehölzen mit Ernteintervallen von mehr als drei Jahren eine Befreiung von § 38 Absatz 4 Satz 2 Nummer 2 des Wasserhaushaltsgesetzes erteilen, soweit die Gewässerunterhaltung nicht unmöglich gemacht oder nicht wesentlich erschwert würde oder Belange des Hochwasserschutzes nicht entgegenstehen. Dabei ist ein Mindestabstand der Gehölzpflanzung von zwei Metern ab der Linie des Mittelwasserstandes, bei Gewässern mit ausgeprägter Böschungsoberkante ab der Böschungsoberkante einzuhalten.“

Den für die agroforstliche Gehölznutzung in Gewässerrandstreifen entscheidenden Satz enthält Absatz 3. Hierdurch erhalten Landwirtschaftsbetriebe für die Bewirtschaftung von Agrargehölzen in Gewässernähe Rechtssicherheit. Allerdings ist hierfür eine Genehmigung der Wasserbehörde notwendig.

3.3.4 Fazit

Die Initiative der Innovationsgruppe AUFWERTEN hatte insofern Erfolg, als dass nun auch in Brandenburg eine rechtssichere Bewirtschaftung von Agroforstgehölzen im des Gewässerrand-

streifens möglich ist. Die hiermit verbundene Genehmigungspflicht war allerdings nicht im Interesse der Innovationsgruppe AUFWERTEN, da diese für die Landwirtschaftsbetriebe eine bürokratische Hürde darstellt, mit der sich diese im Zweifelsfall nicht befassen möchten. Sinnvoller wäre aus Sicht der Innovationsgruppe gewesen, die Genehmigungspflicht an bestimmte Zonen bzw. Gebiete (z.B. Hochwasserschutz- und FFH-Gebiete) zu koppeln, in denen sich durch den Anbau von Agrargehölzen Nachteile ergeben können. Eine solche Regelung wäre deutlich niederschwelliger gewesen und hätte ggf. mehr Landwirtschaftsbetriebe animiert, durch die Etablierung von Agroforstgehölzstreifen an Gewässerrändern einen Beitrag zum Schutz der Oberflächengewässer zu leisten. Ein solches Vorgehen würde durchaus auch mit der Begründung konformgehen, mit der Absatz 3 des § 77a von offizieller Seite gerechtfertigt wurde. Hier heißt es:

„Die Anwendbarkeit des Befreiungstatbestandes gemäß § 38 Absatz 5 Wasserhaushaltsgesetz für eine Agrarholznutzung in Gewässerrandstreifen ist bisher für den Vollzug mit vielen Fragen verbunden. Deshalb soll insoweit durch die Konkretisierung in Absatz 3 die nötige Rechtssicherheit für die Bearbeitung entsprechender Anträge gegeben werden. Die Anlage und die Bewirtschaftung von Agrarholzstreifen mit einem Mindest-Ernteintervall insbesondere mit standortgerechten Gehölzen wie zum Beispiel Erle und Weide haben unter bestimmten Bedingungen ökologische Vorteile für die oberirdischen Gewässer gegenüber der sonstigen Nutzung von Ackerland in Gewässerrandstreifen. Das gilt insbesondere hinsichtlich des Stoffeintrages von Nitrat, Phosphor und Pflanzenschutzmitteln sowie dem Erosionsschutz (siehe u.a. das Gutachten Gewässerrandstreifen als Kurzumtriebsplantagen oder Agroforstsysteme im Auftrag des Bundesumweltamtes, UBA-Texte 94/2013). Allerdings gilt dies nicht allgemein für alle Gewässer, sondern ist situationsbezogen anhand der örtlichen Verhältnisse unter Beachtung des Hochwasserschutzes und der Gewährleistung der Gewässerunterhaltung zu prüfen (vgl. §§ 41 Absatz 2, 78 Absatz 1 Satz Nummer 7 WHG). Bei der Festlegung des Mindesternteintervalls wird auf Grundlage des UBA-Gutachtens davon ausgegangen, dass die Bewirtschaftung von Agrarholzstreifen mit kurzen Ernteintervallen für Gewässerrandstreifen nicht günstig und ein dreijähriges Ernteintervall wirtschaftlich angemessen ist. Ein Mindestabstand der Pflanzung von der Böschungsoberkante ist zum Schutz der Ufer erforderlich und wird ohnehin für die Bewirtschaftung benötigt.“

Aus Sicht der Innovationsgruppe AUFWERTEN bleibt zu hoffen, dass die Genehmigungserteilung auf Flächen, bei denen durch eine agroforstliche Bewirtschaftung keine Nachteile zu erwarten sind, unkompliziert und unbürokratisch erfolgt, so dass Landwirte auch in Brandenburg Agrargehölze als pflanzenbauliches Werkzeug für mehr Gewässerschutz verstärkt einsetzen. Beim Landwirtschaftsbetrieb Domin war dies der Fall. Diesem wurde nach der Verabschiedung der Gesetzesnovelle eine nachträgliche Genehmigung zur Bewirtschaftung seines 2015 angelegten Agroforstgehölzstreifens am Ufer des Peickwitzer Mühlengrabens erteilt.

LITERATUR

- BbgWG – Brandenburgisches Wassergesetz (2016): Brandenburgisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012 (GVBl. I Nr. 20), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 8 des Gesetzes vom 25. Januar 2016 (GVBl.I/16)
- BbgWG – Brandenburgisches Wassergesetz (2017): Brandenburgisches Wassergesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 2. März 2012 (GVBl. I Nr. 20), zuletzt geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 4. Dezember 2017 (GVBl. I Nr. 28)
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (Hrsg.) (2010): Die Wasserrahmenrichtlinie – Auf dem Weg zu guten Gewässern. Bonn, 75 S.
- BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2017): Wasserwirtschaft in Deutschland. Grundlagen, Belastungen, Maßnahmen. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 232 S.

- Böhm C., Domin T. (2016): Agrarholz in Gewässerrandstreifen – Läßt das Wassergesetz den Anbau zu? Bauernzeitung 47/2016, 67.
- Böhm C. (2018) Qualität von Oberflächengewässern. In: Veste M., Böhm, C. (Hrsg.): Agrarholz – Schnellwachsende Bäume in der Landwirtschaft, Springer Berlin, 259-271.
- Böhm C., Kanzler M., Freese D. (2014): Wind speed reductions as influenced by woody hedge-rows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88, 579-591
- Böhm, C., Hübner, R. (Hrsg.) (2020). Bäume als Bereicherung für landwirtschaftliche Flächen: Ein Innovationskonzept für die verstärkte Umsetzung der Agroforstwirtschaft in Deutschland. Cottbus, IG AUFWERTEN
- Borin M., Passoni M., Thiene M., Tempesta T. (2010): Multiple functions of buffer strips in farming areas. *European Journal of Agronomy* 32, 103-111
- BUND – Bund für Umwelt und Naturschutz e.V. (2020): Gewässerrandstreifen: Mehr als eine Pufferzone für die Natur. <https://www.bund.net/themen/fluesse-gewaesser/wasserrahmenrichtlinie/gewaesserrandstreifen/>, abgerufen am 02.04.2020
- BWaldG – Gesetz zur Erhaltung des Waldes und zur Förderung der Forstwirtschaft (Bundeswaldgesetz) (2017): Bundeswaldgesetz vom 2. Mai 1975 (BGBl. I S. 1037), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes vom 17. Januar 2017 (BGBl. I S. 75) geändert worden ist
- Christen B., Dalgaard T. (2013): Buffers for biomass production in temperate European agriculture: A review and synthesis on function, ecosystem services and implementation. *Biomass and Bioenergy* 55, 53-67
- DüV – Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung) (2017): Düngeverordnung vom 26. Mai 2017 (BGBl. I S. 1305)
- Fortier J., Gagnon D., Truax B., Lambert F. (2010): Biomass and volume yield after 6 years in multiclonal hybrid poplar riparian buffer strips. *Biomass and Bioenergy* 34, 1028-1040
- Kanzler M., Böhm C., Mirck J., Schmitt D., Veste M. (2019): Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system. *Agroforestry Systems* 93, 1821-1841
- Lee K.H., Isenhardt T.M., Schultz R.C. (2003): Sediment and nutrient removal in an established multi-species riparian buffer. *Journal of Soil and Water Conservation* 58, 1-8
- Osborne L.L., Kovacic D.A. (1993): Riparian vegetated buffer strips in water-quality restoration and stream management. *Freshwater Biology* 29, 243-258
- Osterburg B., Rühling I., Runge T., Schmidt T.G., Seidel K., Antony F., Gödecke B., Witt-Altfelde P. (2007): Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen nach Wasserrahmenrichtlinie zur Nitratreduktion in der Landwirtschaft. Bericht im Auftrag der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) im Rahmen des Länderfinanzierungsprogramms „Wasser, Boden und Abfall“ 2006 (Projekt-Nummer AR 1.05 FAL). In: Osterburg B., Rühling I. (Hrsg.): Maßnahmen zur Reduzierung von Stickstoffeinträgen in Gewässer – eine wasserschutzorientierte Landwirtschaft zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie. *Landbauforschung Völkenrode* 307 (Sonderheft), 3-156
- Ryszkowski L., Kędziora A. (2007): Modification of water flows and nitrogen fluxes by shelterbelts. *Ecological Engineering* 29, 388-400
- Schröter-Schlaack C., Albert C., von Haaren C. (2016): Ökosystemleistungen in ländlichen Räumen – Grundlage für menschliches Wohlergehen und nachhaltige menschliche Entwicklung. Schlussfolgerungen für Entscheidungsträger. *Naturkapital Deutschland – TEEB DE*,

- Leibniz Universität Hannover, Hannover, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, Leipzig, 113 S.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2016): Die Wasserrahmenrichtlinie – Deutschlands Gewässer 2015. Bonn, Dessau, 144 S.
- UBA – Umweltbundesamt (Hrsg.) (2018): Umwelt und Landwirtschaft. Daten zur Umwelt 18, Dessau-Roßlau, 156 S.
- Ucar T., Hall F.R. (2001): Windbreaks as a Pesticide Drift Mitigation Strategy: A Review. *Pest Management Science* 57, 663 – 675
- WG – Wassergesetz für Baden-Württemberg (2018): Verkündet als Artikel 1 des Gesetzes zur Neuordnung des Wasserrechts in Baden-Württemberg vom 3. Dezember 2013 (GBl. S. 389), letzte berücksichtigte Änderung: Inhaltsverzeichnis sowie §§ 65, 80, 84 und 95 geändert durch Artikel 3 des Gesetzes vom 28. November 2018 (GBl. S. 439, 446)
- WHG – Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz) (2018): Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I S. 2254) geändert worden ist
- WRRL (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik