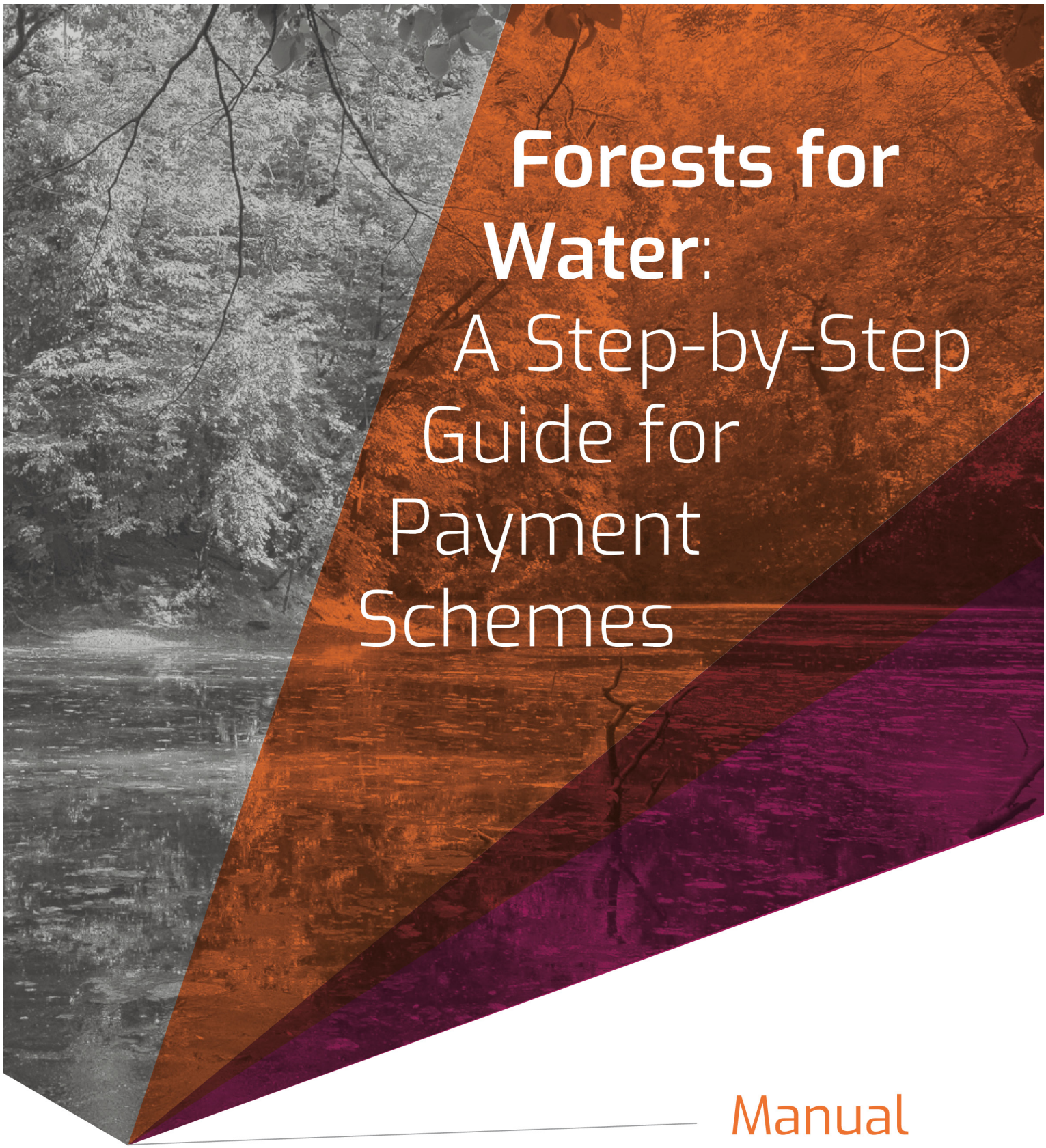


Forests for Water: A Step-by-Step Guide for Payment Schemes

Manual 2020

COST Action CA15206
PESFOR-W
Payments for Ecosystem Services Forests for Water

cost
EUROPEAN COOPERATION IN SCIENCE & TECHNOLOGY

Lead Author
Thomas R. Nisbet

Contributing authors (alphabetic order)
Maria-Beatrice Andreucci, Rik De Vreese, Lars Högbom, Sonja Kay, Mary Kelly-Quinn, Alessandro Leonardi, Paula Quinteiro, Gregory Valatin

Waldökosystemdienstleistungen für Wasser : Eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für Vergütungsmodelle

1. Einführung

Vorrangig soll durch die Wasserpolitik der EU sichergestellt werden, dass eine ausreichende Menge an Wasser von guter Qualität sowohl für die Bedürfnisse der Menschen als auch für die Umwelt zur Verfügung steht. Trotz laufender Bemühungen der Mitgliedstaaten, den Zustand der Gewässer zu verbessern, befinden sich nur 40 % der Oberflächengewässer (Flüsse und Seen) in einem guten ökologischen Zustand oder weisen ein gutes Potenzial auf (EEA, 2018). Eine große Belastung ist die diffuse Verschmutzung aus landwirtschaftlichen Quellen in Form von übermäßigen Emissionen von Nährstoffen (Nitrate und Phosphate), Pestiziden, Sedimenten und Fäkalindikatororganismen (FIO) (Abbildung 1). Die Landwirtschaft trägt schätzungsweise zu 25 % dazu bei, dass die Oberflächengewässer den guten ökologischen Zustand nicht erreichen, und sie ist die Hauptursache dafür, dass viele Grundwasserkörper keinen guten chemischen Zustand aufweisen (EEA, 2018).

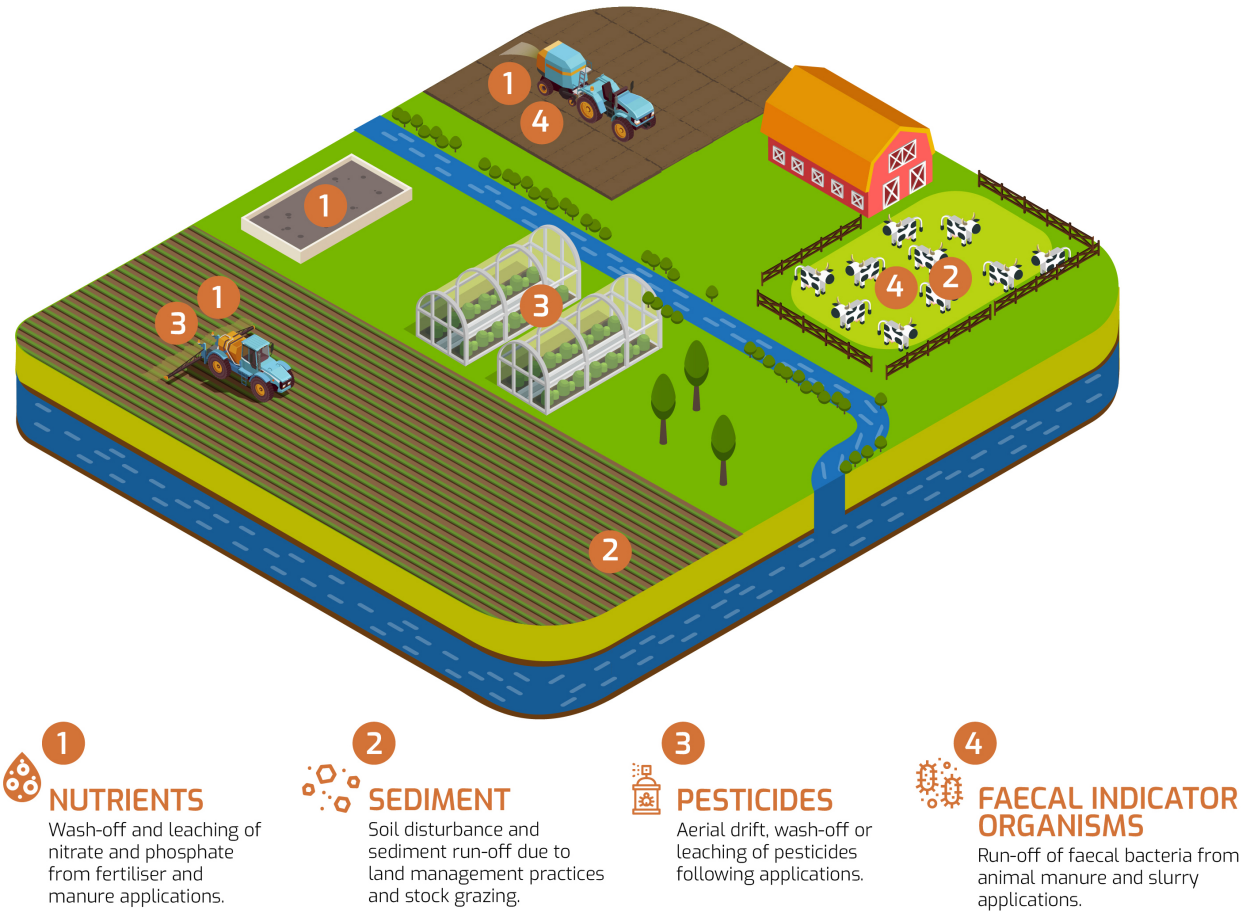


Abbildung :1 Quellen und Wege der diffusen Verschmutzung aus der Landwirtschaft, die sich in einem Einzugsgebiet auf die Wasserumwelt und die Wassernutzer auswirken.

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Die Mitgliedstaaten entwickeln und investieren weiterhin in Best-Practice-Maßnahmen in der Landwirtschaft, um die diffuse Verschmutzung zu reduzieren, wie z. B. Nährstoffplanung auf Betriebsebene, reduzierte Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau. Diese haben die Wasserqualität verbessert, aber in den meisten Fällen nicht ausreichend, um die Umweltqualitätsstandards zu erfüllen. Vor allem hat sich seit der Veröffentlichung der ersten Bewirtschaftungspläne für die Flusseinzugsgebiete im Jahr 2009 der Anteil der Wasserkörper, die einen guten ökologischen Zustand erreichen sollen, nur begrenzt verbessert (EEA, 2018). Es wird zunehmend erkannt, dass dieses Ziel nur durch ein erhebliches Maß an Landnutzungsänderungen, wie z. B. Baumpflanzungen, erreicht werden kann (Stutter et al., 2012).

Die vielfältigen Vorteile von Bäumen und Wäldern werden zunehmend anerkannt und von der Gesellschaft geschätzt. Die Wasserumwelt profitiert von der Fähigkeit, aquatische Lebensräume und Arten vor Störungen zu schützen, die Qualität des Trinkwassers zu erhalten, Überschwemmungen zu lindern und vor Erosion, Erdrutschen und Bodenverlust zu schützen (Nisbet et al., 2011). Die Anpflanzung von Bäumen ist eine sehr wirksame und relativ sichere Maßnahme zur Bekämpfung der diffusen Verschmutzung durch die Landwirtschaft und trägt darüber hinaus zur Kohlenstoffspeicherung und zu anderen Umweltvorteilen bei. Die kleinräumige, gezielte Anpflanzung von Wäldern auf oder in der Nähe von Schadstoffquellen oder entlang von Schadstoffpfaden in Form von bewaldeten Schutzzonen bietet einen intelligenten Weg, um den Eintrag von Schadstoffen in Oberflächengewässer und Grundwasser abzuschwächen oder zu verhindern und gleichzeitig den Flächenverbrauch und die Auswirkungen auf die Ernährungssicherheit zu minimieren.

Obwohl die Vorteile von Baumpflanzungen für das Wasser bekannt sind (Creed & Noordwijk, 2018), wird der Fortschritt durch die erheblichen Kosten für Landeigentümer und -bewirtschafter in Form von Minderung des Bodenwerts und des landwirtschaftlichen Einkommens infolge der Landnutzungsänderung stark eingeschränkt. Dies gilt insbesondere für Anpflanzungen auf den produktiveren und intensiv bewirtschafteten landwirtschaftlichen Flächen, die die größte Quelle für diffuse Schadstoffe darstellen. Damit ausreichend Bäume gepflanzt werden, um den Zustand der Gewässer zu verbessern, sind bessere Anreize in Form von Zahlungen für die erbrachten Wasser- und anderen Ökosystemleistungen erforderlich.

Es gibt viele verschiedene Arten von Systemen zur Bezahlung von Ökosystemleistungen (Payment for Ecosystem Services, PES) und der Ansatz und die Definitionen entwickeln sich ständig weiter (Forest Europe, 2019). Der Hauptzweck von PES ist der Schutz und die Verbesserung der Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen zum Nutzen der Umwelt und einer besseren Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen durch Anreize (Gatto et al., 2009). Idealerweise sollten fünf Bedingungen in einem PES-System erfüllt sein, nämlich: 1) die Identifizierung einer klar definierten Ökosystemleistung, die ausgetauscht werden soll, in diesem Fall vor allem gezielte Baumpflanzungen und die angemessene Bewirtschaftung neuer oder bestehender Wälder zur Verbesserung der Wasserqualität; 2) das Vorhandensein mindestens eines Käufers der Leistung und 3) mindestens eines Verkäufers; 4) die Freiwilligkeit der Vermarktung der Ökosystemleistung; und schließlich 5) die Konditionalität der Zahlung, die vom Verkäufer/Anbieter verlangt, dass er sicherstellt, dass der erwartete Nutzen erbracht und über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten wird. Oft werden diese Bedingungen nicht erfüllt, insbesondere Bedingung 4, z. B. wenn Programme innerhalb eines verbindlichen gesetzlichen Rahmens umgesetzt werden. Solche Fälle werden oft als "PES-ähnliche" Systeme bezeichnet.

Wir nehmen eine weit gefasste Definition eines "Wald für Wasser"-Zahlungssystems an, die auf drei Kriterien basiert: 1) Ein Ressourcentransfer zwischen mindestens zwei Akteuren; 2) eine Transaktion, die explizit auf den Erhalt wasserbezogener Leistungen abzielt; und 3) eine Zahlung

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

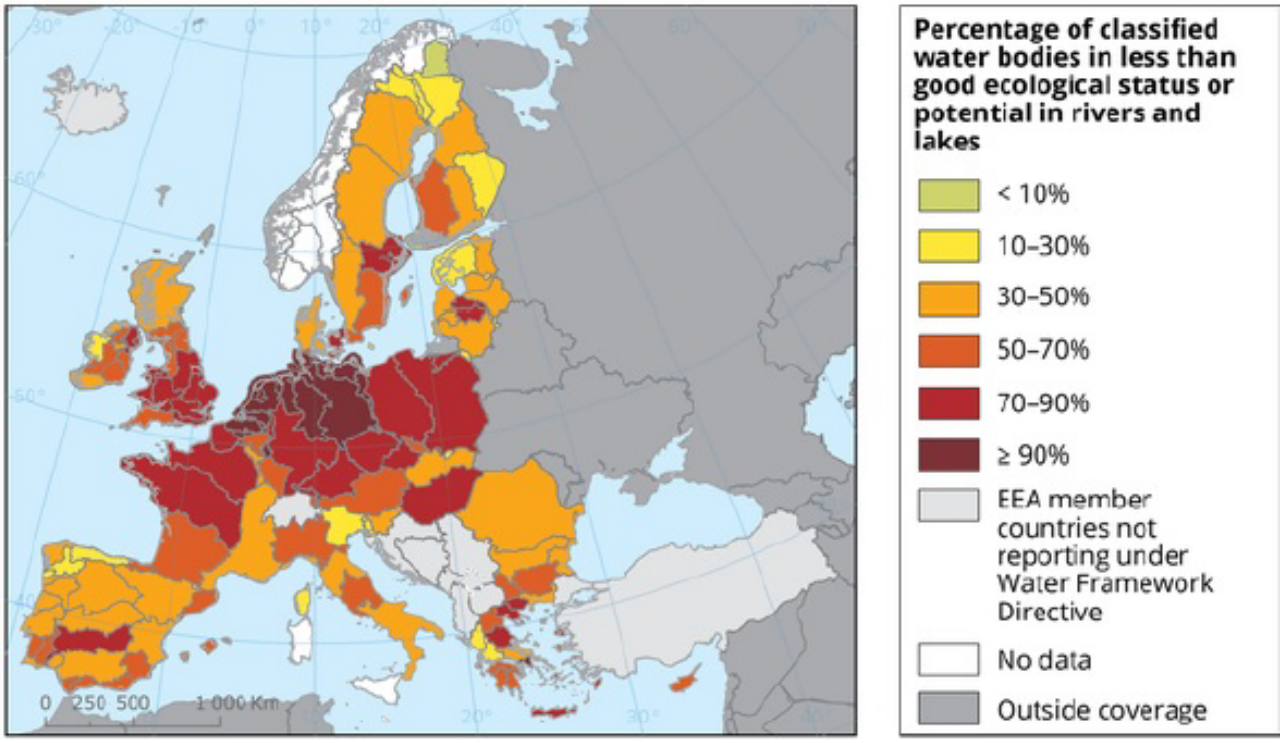
für Handlungen im Zusammenhang mit Bäumen, entweder primär für Wasserleistungen oder für gebündelte (einschließlich Wasser) Ökosystemdienstleistungen.

Ziel und Geltungsbereich

Mit diesem Dokument soll ein Leitfaden für die Gestaltung geeigneter und kosteneffizienter "Wald für Wasser"-Bezahlungssysteme bereitgestellt werden, die Baumpflanzungen und Waldbewirtschaftung zum Schutz und zur Verbesserung der Wasserqualität unterstützen. Der Leitfaden ist nach den wichtigsten Schritten strukturiert, die bei der Einrichtung eines Zahlungssystems anfallen, beginnend mit der Identifizierung der Problemstellungen, wie Baumpflanzungen und Waldbewirtschaftung helfen können, dem Umgang mit potenziellen Nachteilen, der Erkundung von Mehrfachnutzen, gefolgt von der Gestaltung des Systems, der Überwachung und der Kommunikation. Der Leitfaden gilt für alle Akteure, die mit nachhaltigem Wassermanagement, Land- und Forstwirtschaft zu tun haben, von politischen Entscheidungsträgern, Einzugsgebietsplanern und Landverwaltern bis hin zu Investoren, Praktikern und lokalen Gemeinschaften. Die Anwendung dieses Leitfadens bietet eine gemeinsame Sprache und einen gemeinsamen Rahmen, um sicherzustellen, dass Projekte erfolgreich Wasser- und andere Ökosystemdienstleistungen erbringen und gleichzeitig mögliche Kompromisse minimiert werden (z. B. das Potenzial von Baumpflanzungen, die Wasserressourcen zu vermindern).

3. Identifizierung der Problemstellungen

Nach der Einführung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) im Jahr 2000 gibt es nun ein weitaus größeres Wissen über den Wasserzustand in den Mitgliedsstaaten. Die regelmäßige Überwachung und Bewertung von Oberflächen- und Grundwasser an mehr als 130.000 Standorten hat zu einem detaillierten Verständnis des Zustands der europäischen Wasserkörper sowie der Belastungen geführt, die verhindern, dass die Mehrzahl der Gewässer die Ziele eines guten ökologischen Zustands oder Potenzials erreicht (Karte 1).



Karte 1: Anteil der Oberflächengewässer in den Mitgliedstaaten, die sich in einem weniger als guten ökologischen Zustand befinden

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Die nationalen Wasserbehörden erstellen und aktualisieren regelmäßig Datensätze und Karten, aus denen hervorgeht, welche Wasserkörper sich in einem schlechteren als dem guten ökologischen Zustand befinden, welche Aktivitäten ursächlich sind und welche Fortschritte bei der Einführung von Maßnahmenprogrammen zur Erreichung des Zielzustands erzielt wurden. Dazu gehört auch das Wissen darüber, welche Wasserkörper den guten ökologischen Zustand aufgrund von diffusen Verunreinigungen wie Nährstoffen, Sedimenten und Pestiziden aus der Landwirtschaft sowie durch andere anthropogene Belastungen des Wassers verfehlen (Karte 2). Die Wasserbehörden verfügen auch über Informationen über die Lage und den Zustand besonders empfindlicher Gewässer, über Trinkwasserschutzgebiete und Gewässer, die wichtig für den Arten- und Habitatschutz sind. Diese Daten werden in regelmäßigen Abständen an die Europäische Umweltagentur (EUA) übermittelt, um eine Bewertung des Zustands und der auf die europäischen Gewässer wirkenden Belastungen zu ermöglichen; die letzte Bewertung wurde 2018 veröffentlicht (EEA, 2018).

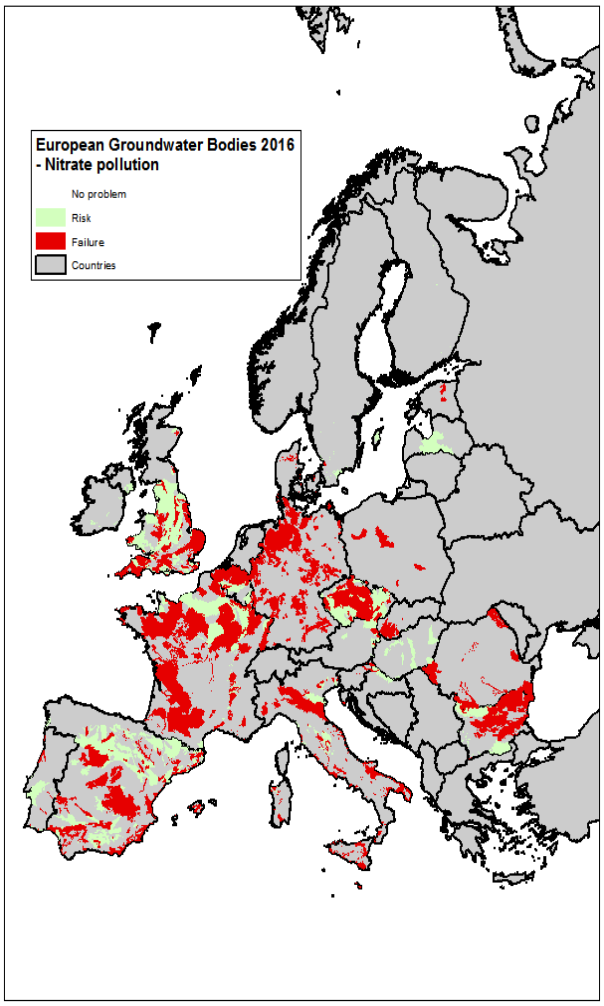
Der Umgang mit Belastungen und das Erreichen von Zielen erfordert koordinierte und langfristige Maßnahmen auf der Ebene des Einzugsgebiets oder Teileinzugsgebiets des Gewässers. Dies gilt insbesondere für den Umgang mit diffuser Verschmutzung, die oft eine Vielzahl von Quellen, die über die Landschaft und die Landbesitzverhältnisse verteilt sind. In einigen Regionen und Ländern haben Schadstoffmodelle bereits Schadstoffquellen und -pfade identifiziert, um die Ausrichtung von Maßnahmen zu unterstützen (Collins et al., 2018; Mockler & Bruen, 2018). In vielen Mitgliedstaaten wurden Einzugsgebietspartnerschaften gebildet, um einen integrierten, einzugsgebietsbasierten Ansatz zur Bekämpfung von verschmutzenden Aktivitäten und zur Erzielung von Verbesserungen zu verfolgen. Die Partnerschaften werden oft von vertrauenswürdigen Vermittlern geleitet, die besser in der Lage sind, Veränderungen vor Ort zu erreichen, unterstützt durch koordinierte Finanzierungsangebote (https://ribblelifetogether.org/improve/woodlands/, https://wrt.org.uk/project/3rivers-project/, https://www.woodlandsofireland.com, https://www.etifor.com/en/studies-and-research/).

4. Rolle der Potenzialkartierung

Mit der Potenzialkartierung können Gewässer und zugeordnete Teilflächen für gezielte Baumanpflanzungen und Waldbewirtschaftungsmaßnahmen identifiziert und zu priorisiert werden, um Belastungen des Wassers zu reduzieren (Broadmeadow et al., 2012). Eine evidenzbasierte Planung unterstützt ein integriertes Einzugsgebietsmanagement, und Karten sind die Basius für die Entwicklung von Waldbewirtschaftungsstrategien für Wasser PES (PESFOR-W)-Schemata. Dieser Ansatz basiert auf der Verwendung von Geografischen Informationssystemen (GIS) und integriert eine Vielzahl von räumlichen Datensätzen, um die effektivsten Standorte für eine veränderte Landnutzung und Bewirtschaftung zu bestimmen, um die Ziele der WRRL zu erreichen und um einen mehrfachen Nutzen für die Gesellschaft zu generieren (Box 1).

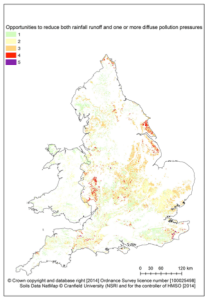
COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu



Box 1: Potenzialkartierung zur Verringerung diffuser Gewässerverschmutzung und zur Verringerung des Hochwasserrisikos in England und Wales.

Eine Potenzialkartierung wurde 2014 in England und Wales angewandt, um Zuschüsse und private Investitionen für die Schaffung von Wäldern gezielter einsetzen zu können und so positive Ergebnisse für die Wasserqualität und das Hochwasserrisikomanagement zu erzielen. Die Kartierung verwendete nationale Datensätze von modellierten Schadstoffbelastungen und -einflüssen auf einer 1 km^2-Skala für Phosphat, Sediment, Nitrat, Gesamtpestizide und Fäkalienindikatororganismen. Diese wurden mit Datensätzen über das Überschwemmungsrisiko von Flüssen überlagert, einschließlich der Neigung von Böden, schnellen Abfluss zu erzeugen. Zielgebiete für die Schaffung von Wäldern wurden auf der Grundlage des Umfangs identifiziert, wie sie einen oder mehrere diffuse Schadstoffe reduzieren können und ob sie zum Hochwasserrisikomanagement beitragen. Die Karten wurden anschließend zur Bewertung der Wassernutzung verwendet, um Anträge auf Bepflanzung und RDP-Zuschüsse zu stellen. Für weitere Informationen siehe: https://www.forestresearch.gov.uk/research/forest-hydrology/opportuntiy-mapping



Karte 1 Verteilung der Grundwasserkörper in den Mitgliedsstaaten zur Nitratbelastung

Die wichtigsten Schritte der evidenzbasierten Planung werden wie folgt zusammengefasst:

1. Verwendung von Datensätzen der WRRL, um die Grenzen von Oberflächen- und Grundwasserkörpern zu identifizieren, die aufgrund von diffuser Verschmutzung wegen der Landwirtschaft einen guten ökologischen oder chemischen Zustand nicht erreichen; Bestimmung, welche und wie viele diffuse Schadstoffe eine Belastung darstellen, entweder durch Messungen in Bezug auf wasserchemische oder biologische Standards oder durch eine Risikobewertung;
2. Nutzung aller verfügbaren Statistiken (z.B. aus landwirtschaftlichen Verzeichnissen oder Erhebungen über den Einsatz von Düngemitteln oder Pestiziden) über Standortuntersuchungen und gemessene oder modellierte Schadstoffen, um die räumlichen Quellen und Pfade jedes diffusen Schadstoffs, der in die beitragenden Einzugsgebiete gelangt, zu identifizieren und einzustufen;
3. Kartierung aller räumlichen Beschränkungen (z. B. ausgewiesene Lebensräume) und Sensitivitäten für die Anpflanzung von Bäumen in Einzugsgebieten; Verschneidung räumlicher Datensätze, um Schadstoff-Hotspots zu identifizieren und das Potenzial zur Anpflanzung von Bäumen, mit dem Ziel einen oder mehrere diffuse Schadstoffe in betroffenen Wasserkörpern zu reduzieren;

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

4. Berücksichtigung und Kartierung aller anderen Belastungen für Gewässer, die von Baumpflanzungen profitieren könnten (z. B. lokale flussabwärts gelegene Gemeinden oder hochwassergefährdete Anlagen), und Verschneidung dieser, um den Platz für die Erzielung von Mehrfachnutzen durch Pflanzungen dort zu bestimmen, wo der größte Bedarf besteht;
5. Kartierung aller potenziellen Konflikte um und mit dem Wasser, die mit der Anpflanzung von Wäldern verbunden sind (z. B. potenzieller Wassermangel oder Einschränkung von Wasserbewegungen), und Nutzung dieser kartierten Sensitivitäten, um die Planung und das Management der Anpflanzung so zu gestalten, dass Nachteile minimiert werden (z. B. durch Änderung des Bestandestyps oder der Baumart, um den Wasserverbrauch durch die Bäume zu reduzieren);
6. Kartierung von Bestandestyp, Baumart, und -alter in bestehenden Wälder, um Möglichkeiten zur Umgestaltung und Bewirtschaftung der Wälder zu ermitteln, zur zukünftigen Risikominimierung der Wasserschutzfunktionen der Wälder (z. B. durch den Klimawandel);
7. Nutzung der Ergebnisse zur Änderung und Integration von Wald-, Wasser-, Hochwasser- und verwandten Strategien und Plänen, um einen effektiveren, einzugsgebietsbasierten Ansatz zur Bekämpfung diffuser Verschmutzung und zum Erreichen der Ziele der WRRL.

5. Wie kann die Begründung von Schutzwald helfen?

Wälder werden als bevorzugte Landnutzungsart zum Schutz der Wasserversorgung anerkannt. Dies spiegelt eine Reihe von Attributen wieder, darunter: die Fähigkeit der Baumkronen, die Niederschlagsenergie zu mäßigen; die gut strukturierte Beschaffenheit von Waldböden, die sich aus der nachhaltigen Zufuhr von organischer Substanz, der Durchwurzelung von Bäumen und dem Fehlen von Bodenstörungen ergibt, fördert die Infiltration von Wasser, sie reduziert die Erosionsgefahr und sie fördert die Hangstabilität; die aktive Aufnahme und das enge Recycling von Nährstoffen durch das Kronendach; und der im Allgemeinen sehr geringe Eintrag von chemischen Stoffen in Wälder, wie z. B. von Düngemitteln oder Pestiziden (Nisbet et al., 2011; Creed und Noordwijk, 2018). Folglich sind Gewässer, die aus den Wälder kommen, von hoher Qualität und gutem ökologischen Zustand und erfordern nur weniger Aufwand für die Aufbereitung bei der öffentlichen Wasserversorgung.

Die historische Abholzung von Wäldern in landwirtschaftlich geprägten Landschaften hat zu einem weit verbreiteten Verlust dieser Vorteile für das Wasser und zu einer Verlagerung hin zu einer intensiveren Landnutzung geführt, die oft mit häufigen Bodenstörungen, Bodenschäden, erhöhter Erosion und hohen Einträgen von Nährstoffen und Chemikalien einhergeht. Trotz der jüngsten Verbesserungen in der landwirtschaftlichen Praxis führen viele landwirtschaftliche Aktivitäten zu signifikanten Verlusten von Sedimenten, Nitrat, Phosphat, Pestiziden und/oder Fäkal-Indikatororganismen in die Wasserumgebung. Diese führen zu einer diffusen Belastung und bewirken, dass eine große Anzahl von Gewässern den guten ökologischen Zustand nicht erreicht. Die Nahrungsmittelversorgung steht einer großflächigen Wiederaufforstung entgegen, aber es gibt einen erheblichen Spielraum für die gezielte Anpflanzung von Wäldern, ggf. kann auch die Hinwendung zur Agroforstwirtschaft die Wasserökosystemdienstleistungen aus dem Wald fördern.

Gezielte Schutzwaldbegründungen bewirken, dass Schadstoffpfade, über die sie in die Wasserläufe gelangen, räumlich unterbrochen werden, womit die Gefährdung für flussabwärts gelegene Wassernutzer beschränkt werden kann (Abbildung 2). So unterscheiden sich die Böden beispielsweise in ihrer Vulnerabilität gegenüber Schäden, und in ihrer Fähigkeit, Nährstoffe und Chemikalien zurückzuhalten, durch die unterschiedliche Geschwindigkeit der Oberflächenabflusses und der Abflussmenge entsprechend der Anbindung an Wasserläufe. Sobald Schadstoffe im Wasser oder in der Luft mobilisiert werden, neigen sie dazu, sich entlang

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020
COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

bevorzugter Pfade wie Oberflächenkanälen, Drainageleitungen und der vorherrschenden Windrichtung zu bewegen. Wasserentnahmestellen, wie z. B. Grundwasserbrunnen, beziehen das Wasser aus unterschiedlichen Bereichen und Tiefen des Bodens. Die Anpflanzung von Bäumen auf, um, über oder entlang von Schadstoffquellen, -pfade und -rezeptoren kann potenziell sehr effektiv sein, um eine Schadstoffabgabe an Wasserläufe zu reduzieren, und sowohl die Wasserversorgung und als auch die Wasserqualität bei einem begrenzten Flächenverbrauch deutlich verbessern.

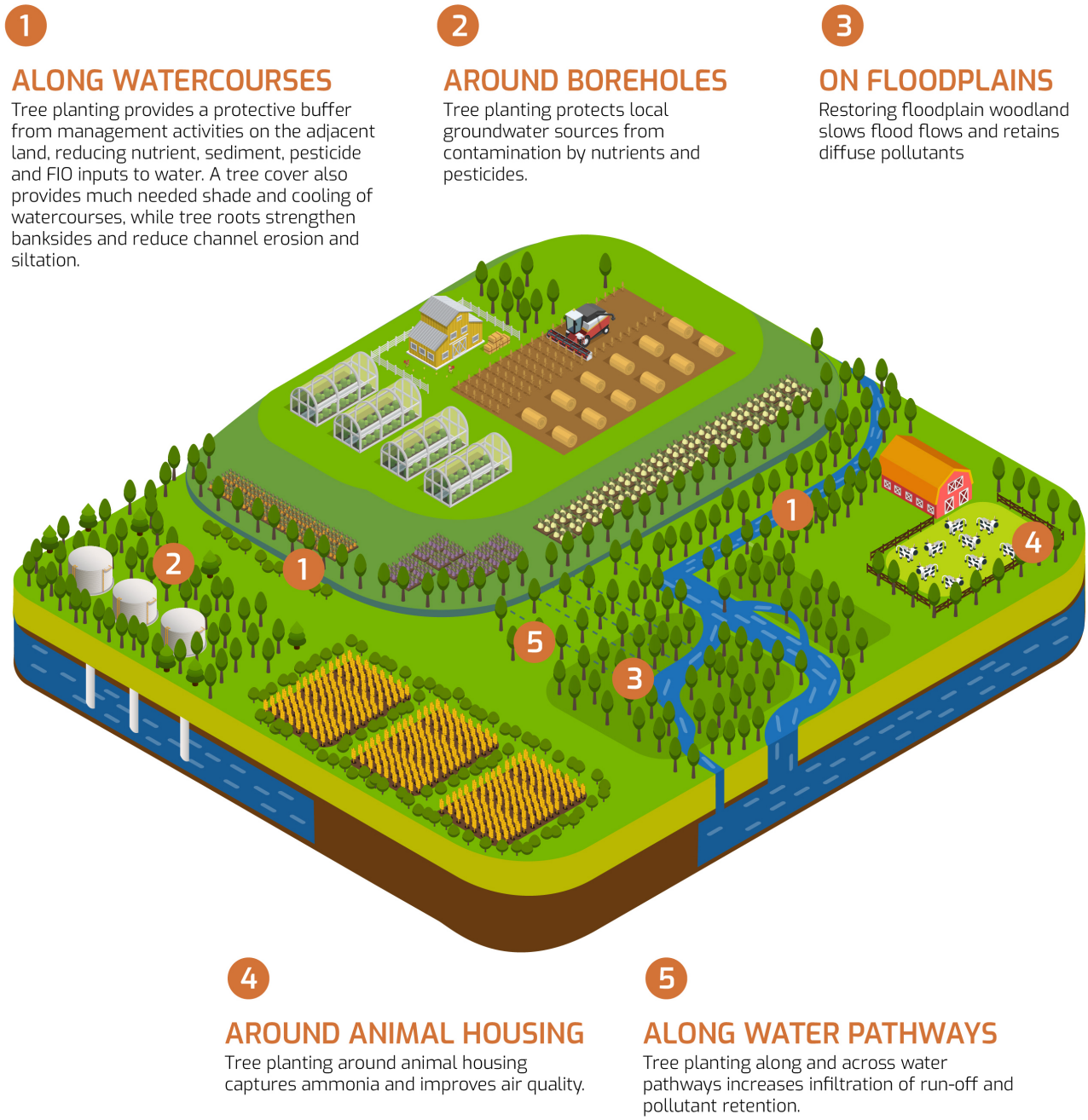


Abbildung 2: Bevorzugte Standorte in einer landwirtschaftlich genutzten Landschaft für die Anpflanzung von Bäumen zur Reduzierung diffuser Verschmutzung

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Die Bepflanzung über oder entlang von Schadstoffpfaden in Form von Pufferflächen oder -streifen bietet einen doppelten Nutzen für die Wasserqualität (Abbildung 2). Erstens wird in diesem sensiblen Bereich weiterer Schadstoffeintrag, der mit der landwirtschaftlichen Tätigkeit des Bodens verbunden ist, unterbunden. Zweitens besteht die Möglichkeit, dass die gepflanzten Bäume als Barriere gegen die Bewegung von Schadstoffen aus dem Oberhang oder aus Verwirbelung durch Aufwind wirken (Ucar und Hall, 2001). Schadstoffe können zurückgehalten oder vermieden werden durch: Abfluss, der in den zunehmend besser strukturierten Boden des Puffers infiltrieren kann; durch Filtration und Oberflächenablagerung, wenn Oberflächenabfluss durch die Laubstreuschicht fließt oder in den von Baumwurzeln geschaffenen Oberflächensenken zurückgehalten wird; durch Wurzelaufnahme und Einbindung in die Biomasse der wachsenden Bäume; oder durch Abfangen und Auffangen, wenn der verschmutzte Luftstrom durch die Baumkronen weht. Puffer im Uferbereich haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie Schadstoffeinträge minimieren und Schäden in diesem sehr empfindlichen und zusammenhängenden Bereich reduzieren, sowie Möglichkeiten für gepflanzte Bäume bieten, Schadstoffe auszufiltern, die ansonsten stromabwärts im Hauptstrom des Wasserlaufs weitergetragen werden.

Die Überwachungsdaten der WRRL zeigen einen deutlichen Unterschied in der Wasserqualität zwischen forst- und landwirtschaftlicher Landnutzung, wobei das Ausmaß des Unterschieds von der Intensität und Qualität der Landbewirtschaftung abhängt. Die Menge der Schadstoffeinträge in Form von Düngemitteln, organischen Ergänzungen und Chemikalien sowie die typischen Exporte in das Wasser sind für jede Landnutzung gut bekannt und können von Schadstoffmodellen verwendet werden, um die Auswirkungen und die Wirksamkeit einer bestimmten Fläche/Einheit der Landnutzungsänderung abzuschätzen (Tabelle 1). Im Gegensatz dazu ist es schwieriger, die Barrierewirkung von Pufferflächen vorherzusagen, da diese von vielen Gestaltungs- und Managementfaktoren sowie von der Art und dem Typ des Schadstoffs und dem Umfang des Eingriffs beeinflusst wird. Studien haben jedoch gezeigt, dass bewaldete Pufferflächen bei guter Gestaltung und angemessenem Management sehr effektiv bei der Verringerung der Schadstoffzufuhr von bergwärts gelegenen Flächen sein können, wobei für bestimmte Schadstoffe Wirkungsgrade von bis zu 100 % möglich sind (Perez-Silos, 2017).

Tabelle 1 Nährstofffrachten und modellierte Exportkoeffizienten für verschiedene Kulturen vs. Wälder in Großbritannien. Die Nährstofffrachten stammen aus dem British Survey of Fertiliser Practice für 2000-2011 (BSFP, 2013) und die Exportkoeffizienten basieren auf denselben Daten, die für den UK National Ecosystem Assessment Follow-on Report modelliert wurden (Bateman et al., 2014).

	Dauer-Grünland	Magerweide	Weizen	Gerste	Mais	Ölraps	Wald
Stickstoff Eintrag (kg/ha/yr)	94-135	10	131-167	120-132	46-62	155-189	20
Nitrat-N Export (kg/ha/yr)	0.86-10.58	0.02-0.05	1.54-19.72	1.54-19.72	1.52-19.72	3.29-17.4	0.02-0.1
Phosphat Eintrag (kg/ha/yr)	6-16	0	13-35	18-41	27-43	15-37	0
Phosphat Export (kg/ha/yr)	0.012-0.169	0.008	0.038-0.458	0.038-0.458	0.038-0.458	0.15-1.834	0.008

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Eine Überprüfung von 65 Studien ergab, dass die Breite der Pufferfläche entscheidend ist, wobei die Schadstoffbelastung mit abnehmender Breite abnimmt (Perez-Silos, 2017). Es gibt eine Reihe von wichtigen Faktoren, die die Effizienz verringern, mit der bewaldete Pufferflächen diffuse Schadstoffe von bergauf gelegenen Flächen ausfiltern können. Dazu gehören ein zunehmendes Abflussvolumen, eine zunehmende Schadstoffbelastung (insbesondere, wenn die Menge der von hangaufwärts gelegenen Flächen abfließenden Schadstoffe die Fähigkeit der Bäume und des Bodens übersteigt, sie zu entfernen oder zu verarbeiten), das Vorhandensein von neu angelegten/sehr jungen oder alten Bäumen, ein schlechter Baumzustand oder schwaches Baumwachstum, größere Baumabstände und das Vorhandensein von Bypass-Kanälen wie Drainagen. Daher ist bei der Gestaltung und Bewirtschaftung von Pufferflächen große Sorgfalt erforderlich, um die lokalen Schadstoffbelastungen zu bewältigen und ein hohes Maß an Schadstoffabbau effizient zu erreichen und zu erhalten.

Der Druck der Landeigentümer, den Flächenverbrauch für die Landwirtschaft zu minimieren, stellt eine große Einschränkung für die Breite der bewaldeten Pufferflächen dar, was zu einer suboptimalen Leistung führen kann. Als grober Anhaltspunkt zeigt Tabelle 2, was in Bezug auf die Verringerung verschiedener diffuser Schadstoffe aus bergauf gelegenen Flächen durch eine zunehmende Breite eines gut konzipierten und verwalteten Waldpuffers erwartet werden kann, basierend auf einer aktuellen Untersuchung (Perez-Silos, 2017). Es fehlen Daten für FIO und viele Pestizide, wobei die Entfernungseffizienz für letztere stark von der Art des Pestizids und seinem Bewegungspfad abhängt.

Tabelle 2: Prozentuale Verringerung der diffusen Schadstoffkonzentration von bergauf gelegenen Flächen in Fließgewässern, die durch einen gut konzipierten und gemanagten bewaldeten Puffer mit variabler Breite erreicht werden kann. Interpoliert aus Beziehungen, die aus dem Review von Perez-Silos (2017) abgeleitet wurden.

Pufferbreite	5 m	10 m	20 m	50 m	100 m
Nitrate-N	20%	30%	40%	80%	90+%
Phosphat-P	10%	20%	30%	60%	90+%
Schwebstoffe	80%	90+%	90+%	90+%	90+%

Während die obigen Tabellen verwendet werden können, um die Umwelteffektivität von Baumanpflanzungen im Vergleich zu anderen Maßnahmen zu erforschen und grobe Kosten-Nutzen-Schätzungen zu untermauern, wird der Entwurf eines Schutzsystems und insbesondere wenn es einen Unterschied auf Einzugsgebietsebene machen soll, am besten durch hydrologische Modellierung vorabkalkuliert. Das Verständnis von Boden- und hydrologischen Prozessen ist entscheidend für die Identifizierung von Schadstoffquellen und -pfaden für die richtige Ausrichtung von Maßnahmen sowie für die Quantifizierung und Skalierung ihrer ökologischen Wirksamkeit. Es ist wichtig, ein räumliches Modell zu verwenden, das in ein GIS integriert werden kann, um die effektivste Platzierung und Integration von Maßnahmen zu bestimmen und dabei die Dynamik der Schadstoffbewegung und die Entwicklung der Maßnahmen zu berücksichtigen. Das physikalisch basierte Soil & Water Assessment Tool, das SWAT-Modell wird oft für solche Anwendungen bevorzugt, obwohl es sehr datenintensiv und für sehr kleine Einzugsgebiete (<150 ha) ungeeignet ist. Auch erfordert es große Sorgfalt erfordert, um eine korrekte Modellparametrisierung sicherzustellen, insbesondere in Bezug auf Waldprozesse (Baksic, 2018). Wo Ressourcen und Daten fehlen, um eine Prozessmodellierung zu ermöglichen, können einfachere Werkzeuge angewendet werden, wie z. B. die „Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs suite of models“ (InVEST) (Kareiva, 2011).

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

6. Bedeutung von Wald und Waldbewirtschaftung

Der Nutzen einer Neubegründung von Wald für das Wasser wird sich erst über mehrere Jahre entwickeln, da es einige Zeit dauert, bis die Bäume wachsen, bis sich ein Kronendach bildet und bis sich die damit verbundenen Auswirkungen auf den Wasserverbrauch und die Bodenverbesserung voll etablieren. Es dauert auch eine beträchtliche Zeit, bis ein Überangebot von Nährstoffen oder Verunreinigungen wie Pestizide aus der vorherigen Landnutzung abgebaut oder aus dem Boden-Grundgestein-System ausgewaschen werden. Die Verzögerungszeit hängt von der Art des Schadstoffs, der Länge der Wasserwege (bei tieferem Grundwasser langsamer) und der Art der Baumpflanzung (z. B. Baumart, -typ und Bestandsdichte) ab. Zum Beispiel kann die Verringerung von Schwebstoffen, von adsorbiertem/Gesamt-Phosphat und FIO schnell (innerhalb von ein bis drei Jahren) nach die Beendigung der Bodenstörung, der Entfernung des Viehs und der Verbesserung der Bodeninfiltration durch die Bewurzelung der Bäume nach der Pflanzung erreicht werden. Im Gegensatz dazu werden die Nitrat- und Pestizideinträge nach einer Landnutzungsänderung zwar schnell abnehmen, aber es kann Jahrzehnte dauern, bis die Boden- und Grundwasserbestände dieser Chemikalien aus den Grundwasservorräten entfernt sind.

Ein besonderer Vorteil von Baumpflanzungen ist der semipermanente Charakter der Landnutzungsänderung, so dass der Nutzen für Wasser langfristig gesichert werden kann. Dies setzt jedoch voraus, dass die gepflanzten Bäume und die etablierten Wälder nachhaltig bewirtschaftet und immer wieder verjüngt werden, wenn sie gefällt werden oder durch Feuer, Stürme oder Schädlinge und Krankheiten verloren gehen. Eine produktive Bewirtschaftung kann Landbesitzern und -bewirtschaftern wirtschaftliche Vorteile in Form von Holz und Holzbrennstoffen bringen, birgt aber auch Risiken der Umweltverschmutzung durch forstwirtschaftliche Tätigkeiten wie Holzernte und -entnahme sowie den vorübergehenden Verlust von Ökosystemdienstleistungen, bis die Bäume nach der Ernte oder einem ungewollten Verlust wieder nachwachsen. Diese Risiken können durch gute forstwirtschaftliche Praxis minimiert werden, erfordern aber große Sorgfalt bei der Planung, Gestaltung und Bewirtschaftung der Wälder, insbesondere an sensiblen Standorten wie Uferpuffern (Forestry Commission, 2019).

Die gezielte Anpflanzung von Wald als Puffer zum Abfangen diffuser Schadstoffe von angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen erfordert eine detailliertere Planung und ein aktives Management, um den Schadstoffabbau zu erhalten und zu fördern. Die technische Spezifikation variiert von Standort zu Standort und muss von Fall zu Fall festgelegt werden, wobei die Gestaltung des Waldes auf den Standorttyp, die Art des Schadstoffs und seinen Bewegungspfad zugeschnitten sein muss. So wird zum Beispiel der Sedimentrückhalt durch die Schaffung einer vegetationsreichen und rauen Bodenoberfläche verbessert, die von einer geringeren Beschattung durch das Kronendach und größeren Baumabständen profitiert. Im Gegensatz dazu erfordert der Nitratabbau entweder feuchte Wälder mit wassergesättigten Böden, um den Nitratabbau durch Denitrifikation zu fördern, oder die Anpflanzung von eng stehenden, schneller wachsenden Baumarten, um die Nitrataufnahme zu maximieren. Bei sehr hohen Nitrateinträgen aus Hanglagen kann eine regelmäßige Ernte von Holz oder Holzbrennstoffen notwendig sein, um durch einen steten Export eine Nitratsättigung und Überlastung der Puffer zu vermeiden. In solchen Fällen würden breitere Puffer die schrittweise Ernte von Streifen erleichtern, um ein gewisses Maß an Nitratentfernung aufrechtzuerhalten, wobei besondere Vorsicht geboten ist, um Bodenschäden während der Arbeiten zu vermeiden.

Andere Schadstoffe wie Ammoniak und Pestizide, die über den Luftweg verbreitet werden, erfordern besondere Aufmerksamkeit bei der Gestaltung der Struktur des Kronendaches, um die Deposition aus der Luft durch das Ausfiltern von Schadstoffen zu maximieren. Ein typisches Beispiel ist die Gestaltung von Waldgürteln um Tierställe, um Ammoniakemissionen zu reduzieren (Bealey et al., 2016). Ein weiteres Problem kann das Vorhandensein von Drainagen oder Bodenspalten sein, durch die Schadstoffe im Drainagewasser den Boden und das Potenzial für Bodenretention und Wurzelaufnahme umgehen können. Dies kann physische Eingriffe erfordern,

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

um diese Wege zu unterbrechen, z. B. durch das Versschließen von Abflüssen, obwohl eine natürlicher Verschluss von Fließbahnen im Untergrund im Laufe der Zeit durch die Verwurzelung von Bäumen oder durch das Schrumpfen und Quellen des Bodens auftreten kann (Stutter et al., 2020).

Unter Umständen kann es attraktiver sein, Wälder unbewirtschaftet zu lassen, um Ökosystemdienstleistungen zu sichern, aber dies wird durch den Klimawandel und die damit verbundenen Risiken von Stürmen, Bränden und Krankheitsausbrüchen zunehmend in Frage gestellt. Die Bewältigung dieser Risiken erfordert gezielte Eingriffe, um die Baumarten- und Altersvielfalt zu erhöhen oder Brandschneisen anzulegen, um die Widerstandsfähigkeit des Waldes zu verbessern, insbesondere in Wäldern, in denen die historische Bewirtschaftung relativ gleichmäßige oder artenarme Bestände hinterlassen hat. Ein Beispiel hierfür ist die großflächige Waldumwandlung von Nadel- in Laubwälder in Deutschland, da Fichten- und Kiefernbestände zunehmend von Schädlingen und Krankheiten befallen werden (Schueler et al., 2011). Das Fehlen einer produktiven Bewirtschaftung in einigen Wäldern macht solche Eingriffe für die Waldbesitzer jedoch unwirtschaftlich, so dass eine wirtschaftliche Unterstützung notwendig ist.

7. Umgang mit potenziellen Nachteilen

Während Wälder und Baumanpflanzungen im Allgemeinen sehr gut die Wasserqualität schützen, gibt es einen potenziellen Nachteil, weil Bäume Wasser verbrauchen. Dies führt zu einem geringeren Wasserabfluss oder einer geringeren Grundwasserneubildung (wegen der Interzeption/Verdunstung durch das nasse Blätterdach und/oder wegen potenziell höheren Transpirationsraten, die durch eine tiefere Verwurzelung aufrechterhalten werden) (Nisbet, 2005). Das Thema ist komplex, umfangreich erforscht und immer noch Gegenstand von Diskussionen. Vieles hängt von einer Vielzahl von Standortfaktoren ab, insbesondere von der geografischen Ausdehnung, dem Klima, der Höhenlage, der Geologie, dem Bodentyp, dem Waldtyp, der Baumart, dem Baumalter und der jeweiligen Bodenbedeckung. Generell gilt: Nadelbäume reduzieren das Wasserangebot stärker als Laubbäume; die Unterschiede zwischen den einzelnen Arten sind jedoch tendenziell gering (wenn auch mit einigen Ausnahmen); die Reduzierungen sind bei sehr jungen und alten Bäumen viel geringer; und die Auswirkungen auf die Wasserverfügbarkeit eines Einzugsgebiets sind relativ gering (oder schwer zu messen), wenn weniger als 20 % eines Einzugsgebiets mit Wald bedeckt sind (Creed und Noordwijk, 2018).

An manchen Standorten können Wälder aber auch einen gegenteiligen Effekt haben und das Wasserangebot erhöhen. Bemerkenswerte Beispiele sind Wälder in großen Höhen, die effektiv Wolken auskämmen, Pflanzungen von Laubwäldern auf Grasland, das über geologischen Kreidesubstraten liegt, und wo Wälder bewässerte Landwirtschaft oder andere Kulturen mit hohem Wasserverbrauch ersetzen (Creed und Noordwijk, 2018; Roberts und Rosier, 2005). Der Wasserverbrauch eines bestehenden Waldes kann durch einen Wechsel des Waldtyps von Nadel- zu Laubbäumen, durch eine Diversifizierung des Waldalters und durch eine Flächenstrukturierung reduziert werden, obwohl dies für die Waldbesitzer mit erheblichen Kosten verbunden ist.

Die Frage des Wasserverbrauches wird noch komplizierter, wenn es um die Auswirkungen der Wälder auf Trockenwetterabflüsse geht, dann wenn die Wasservorräte stark limitiert sind. Es ist zu erwarten, dass der Wasserverbrauch der Bäume niedrige Abflüsse oder Tiefensickerung reduziert. Dies hängt aber von Standortseigenschaften und der Geologie ab. Durchlässige Geologien sind am empfindlichsten, während auf undurchlässigen Geologien mit schlecht strukturierten Böden nur geringe Beeinträchtigungen zu erwarten sind oder sich diese sogar umkehren. Hier kann die Anpflanzung von Bäumen die Bodeninfiltration verbessern, was dazu führt, dass ein größerer Anteil des Nettoregenwassers in die Tiefe versickert und den Niedrigwasserabfluss ergänzt. Eine weitere Ausnahme betrifft das Vorhandensein von Ufer- und Auenwäldern, die die Speicherung von Hochwasser und dessen anschließende Freisetzung verbessern können, was zur Aufrechterhaltung der Abflüsse in der Trockenzeit beiträgt. Ein weiterer erschwerender Faktor ist, dass der höhere Wasserverbrauch und die potenzielle Verringerung der Wasserausbeute durch

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Wälder vorteilhaft für die Verringerung von Hochwasserabflüssen in hochwassergefährdeten Einzugsgebieten und die Bewältigung von Bodenversalzungsproblemen in Trockengebieten sein kann.

Es gibt Modelle (z.B. SWAT, WaSSI-C, Hydro-JULES) zur Abschätzung des Einflusses von Wäldern auf die Wasserausbeute, aber diese unterscheiden sich in ihrer Fähigkeit, wichtige waldhydrologische Prozesse (z. B. Verdunstung durch das nasse Kronendach) sowie Faktoren der Waldgestaltung und -bewirtschaftung darzustellen und zu behandeln. Daher ist große Sorgfalt bei der Auswahl geeigneter Modelle und Parameterwerte erforderlich, ebenso bei der Validierung und Kalibrierung. Die Modellierung von extremen Verhältnissen am schwierigsten.

Andere potenzielle Nachteile für das Wasser sind eher lokal begrenzt. So gibt es ein Risiko einer verstärkten Versauerung des Wassers unter Wald. Dieses Problem ist weitgehend auf säureempfindliche Geologien im Hochland beschränkt und nimmt aufgrund der Erfolge der EU bei der Emissionskontrolle schnell ab (Nisbet und Evans, 2014). Ein weiteres Problem sind ein zu hoher Dichtstand und eine übermäßige Beschattung durch das Kronendach und ein nachteiliges Ablaufregime, insbesondere in Nadelholzplantagen, die sich in Bachauen bis unmittelbar an die Wasserläufe erstrecken. Es muss auch darauf geachtet werden, dass sich keine gebundenen Schadstoffe in der Baumbiomasse oder im Boden ansammeln, die dann wieder in die Gewässer gelangen könnten. Schließlich gibt es, obwohl Baumpflanzungen und Waldbedeckung im Allgemeinen das Hochwasserrisiko verringern, einige lokale Ausnahmen, wie z. B. der Rückstau von Hochwasser flussaufwärts von Auenwäldern und die Blockierung von Durchlässen und Brücken durch Treibholz (Nisbet et al., 2011).

Alle genannten potenziellen Nachteile können durch eine gute Waldgestaltung und -bewirtschaftung effektiv gemanagt werden, insbesondere durch die Anpflanzung geeigneter standortsangepasster Baumarten entsprechend der Standortsbedingungen und ökologischen Anforderungen.

8. Identifizierung und Bewertung von Mehrfachnutzen

Während der Schwerpunkt dieses Leitfadens auf Waldanpflanzungen und Waldbewirtschaftung zum Schutz und zur Verbesserung der Wasserqualität liegt, ist es wichtig zu erkennen, dass diese Strategie auch einen mehrfachen Nutzen (aus den sogenannten Ökosystemdienstleistungen) für andere Handlungsfelder liefern wird. Schutzwälder können das Hochwasserrisiko flussabwärts verringern und steigende Wassertemperaturen durch Beschatten verhindern, was im Zusammenhang mit dem Klimawandel ein immer wichtigeres Thema ist (Burgess et al., 2017). Die Anpflanzung von Wäldern hilft auch durch die Kohlenstoffsequestrierung und den Aufbau von bodengebunden Kohlenstoffvorräten bei der Abschwächung des Klimawandels, trägt so dazu bei, die landwirtschaftlichen Treibhausgasemissionen (THG) auszugleichen (Morison et al., 2012). Weitere bemerkenswerte Vorteile sind: die Verbesserung der Biodiversität, die Bekämpfung des Rückgangs von Waldvögeln durch die Vergrößerung von Waldlebensräumen und die Verknüpfung fragmentierter Waldgebiete innerhalb von Agrarlandschaften; die Bereitstellung von Holz und Holzbrennstoff zur Diversifizierung landwirtschaftlicher Betriebe; und das Potenzial, offene Landschaften zu verbessern und einen besseren Zugang für die Erholung zu bieten (Bateman et al., 2014).

9. Wie man ein PES-Programm entwirft

Es gibt acht operative Schritte bei der Gestaltung eines erfolgreichen PES-Systems, die im Folgenden im Zusammenhang mit der Pflanzung oder Bewirtschaftung von Wäldern zur Verbesserung oder zum Schutz der Wasserqualität beschrieben werden. Drei Fallstudien, die erfolgreiche Systeme zusammenfassen, werden in begleitenden Textkästen referenziert.

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

1. **Bestimmung der Wasserqualität:** Dies kann unterschiedlich angegangen werden. In einem landwirtschaftlich genutzten Gebiet könnten im Übermaß vorhandene diffuse Schadstoffe zum Problem werden, die durch landwirtschaftliche Aktivitäten erzeugt werden und dazu führen, dass die Wasserqualitätsstandards und der gute ökologische Zustand nicht mehr erreicht werden. Bei einem bestehenden Wald könnte es sein, dass seine eigentliche Wasserschutzfunktion durch Umweltbelastungen bedroht ist, z. B. durch ein erhöhtes Risiko von Sturmschäden oder Bränden aufgrund des Klimawandels oder durch die Ausbreitung eines Schädlings oder einer Krankheit. Auch die Intensivierung der Landwirtschaft oder die Ausdehnung städtischer Bereiche können problematisch werden. Unabhängig davon müssen die natürlichen Verhältnisse klar definiert werden, einschließlich der räumlichen und zeitlichen Dimensionen. Bei diffuser Verschmutzung muss bestimmt werden, um welche Schadstoffe (z. B. Nitrat, Phosphat, Sediment, Pestizide oder FIO) es sich handelt, ihre Quellen (z. B. welche Felder, Gebiete oder Böden) und Wege (z. B. Oberflächenabfluss oder Grundwasser).

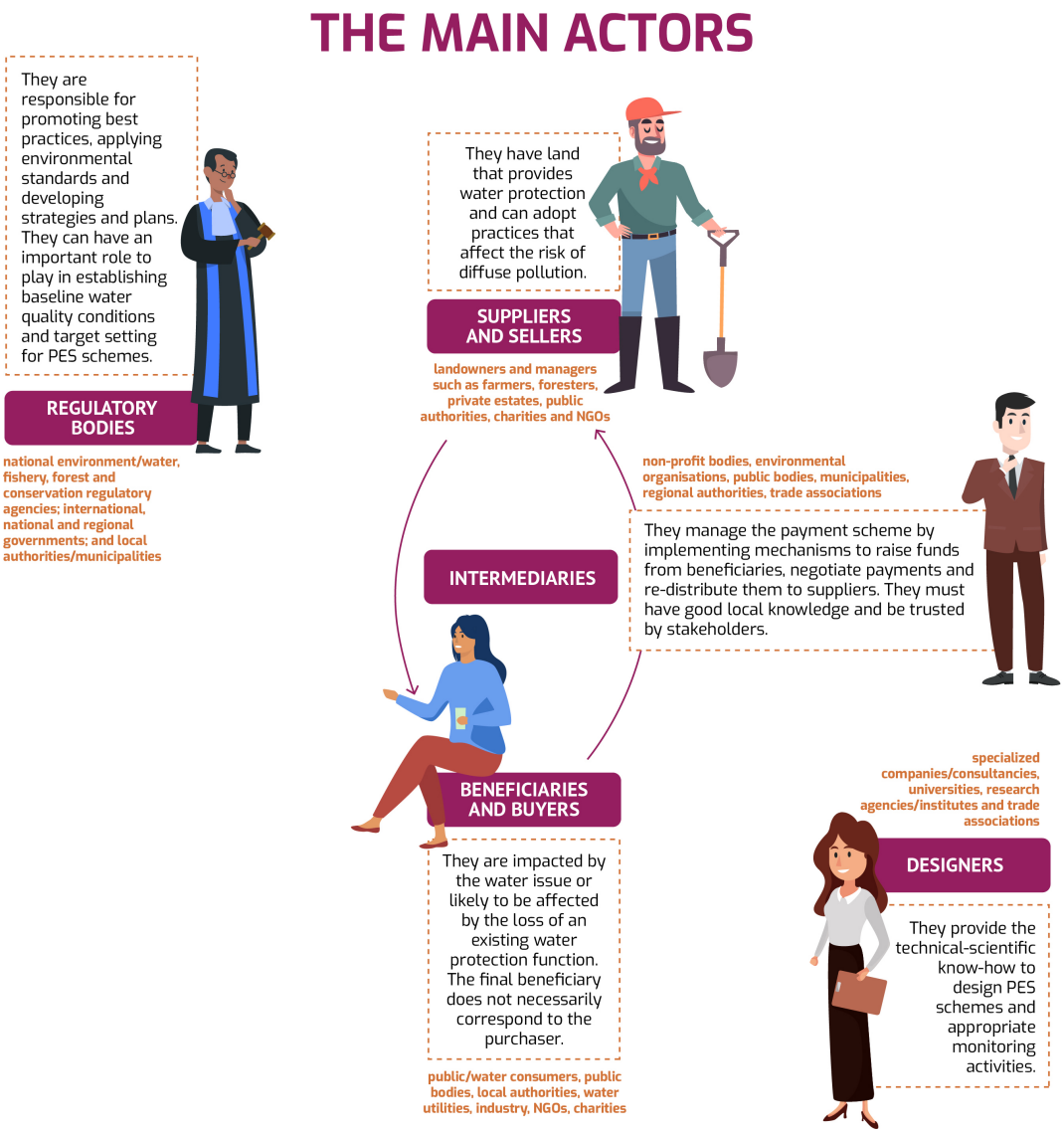


Abb. 1 Die wichtigsten Akteure die beim Entwurf des PES Schemas beteiligt werden sollten.

2. **Identifizierung lokaler Akteure**: Dazu müssen alle Akteure identifiziert werden, die mit der Wasserproblematik verbunden und von ihr betroffen sind. Theoretisch können sich PES-

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Programme auf einzelne Käufer und Verkäufer beschränken, aber es ist besser, wenn eine breite Palette von Akteuren einbezogen wird. Die lokalen Akteure können in fünf Hauptgruppen eingeteilt werden: Regulierungsbehörden, Lieferanten und Verkäufer, Nutznießer und Käufer, Vermittler und Gestalter (Abbildung 3).

3. **Machbarkeitsstudie eines PES-Programms**: Zusammen mit den Stakeholdern können Beeinträchtigungen der Wasserqualität erörtert und mögliche Lösungen diskutiert werden, wobei auf breitere Erfahrungen und Beispiele verschiedener PES-Systeme zurückgegriffen werden kann. Beurteilen Sie die bestehende Ausgangssituation hinsichtlich der Wasserqualität und den Spielraum für Verbesserungen, der notwendig ist, um ein Wasserqualitätsziel oder einen Standard zu erreichen, oder im Falle nicht hinreichend erbrachter Waldökosystemdienstleistungen, den Grad des Schadens, der dadurch wahrscheinlich verursacht wird. Diskutieren Sie, ob das Problem nicht durch ein gutes Management oder Regulierungsmechanismen verbessert werden kann. Untersuchen Sie die alternativen Maßnahmen, die ergriffen werden könnten, und untersuchen Sie, wie sich Kosten, Nutzen und vermiedene Risiken zwischen ihnen unterscheiden, und ermitteln Sie die kostengünstigste und akzeptabelste Option. Stellen Sie fest, ob es bereitwillige Käufer und Verkäufer gibt, um die bevorzugten Maßnahmen umzusetzen und zu finanzieren, ob die Akteure zur Kooperation bereit sind, ob vertrauenswürdige Vermittler zur Verfügung stehen, die bei der Organisation und Verwaltung eines PES-Programms helfen, und bewerten Sie die Transaktions-, Verwaltungs- und Überwachungskosten.
4. **Erkundung potenzieller Win-Win-Lösungen**: Überlegen Sie, ob die identifizierte(n) Option(en) zusätzlichen Nutzen aus Ökosystemdienstleistungen (z. B. für die Kohlenstoffbindung, das Hochwasserrisikomanagement, die Erholung und die Biodiversität (siehe CICES (Haines-Young und Potschin, 2017)) bringen und wenn ja, ob es dafür einen Markt gibt. Wenn es einen willigen Käufer gibt, versuchen Sie, den potenziellen Nutzen zu quantifizieren und den Spielraum für die Entwicklung eines integrierten Systems zu bewerten. Um die Gestaltung des PES-Systems zu unterstützen, Investitionsentscheidungen zu untermauern und die öffentliche Unterstützung zu erhöhen, kann eine vergleichende Kosten-Wirksamkeits-Analyse der Umweltverbesserung pro Einheit.
5. **Definition von Rollen und Verantwortlichkeiten**: Vorausgesetzt, es gibt eine lokale Unterstützung für die Entwicklung eines PES-Programms, definieren Sie die Rollen und Verantwortlichkeiten der Hauptakteure. Dies sollte die Festlegung klarer räumlicher Grenzen für das Programm und die Vereinbarung von Maßnahmen, zugehörigen Kosten, Zahlungen und Zeitplänen beinhalten. Dazu müssen Vereinbarungen entworfen und eingeholt werden.
6. **Lösen oder Minimieren potenzieller rechtlicher Probleme**: Berücksichtigen Sie rechtliche, steuerliche und regulatorische Fragen für die Hauptakteure, wie z. B. Auswirkungen auf Steuern, Eigentumsrechte und Umweltschutz, insbesondere für diejenigen, die Zahlungen leisten oder erhalten.
7. **Erstellen von technischen Spezifikationen**: Es sollten technische Spezifikationen für die Gestaltung und das Management der ausgewählten Maßnahme(n) zur Behebung des Wasserqualitätsproblems entwickelt und vereinbart werden. Bei Baumpflanzungen wird dies von Standort zu Standort unterschiedlich sein. Sie beinhalten die Berücksichtigung des Standorts (z. B. lokales Klima, Geologie, Böden und Topografie), der Ausdehnung/Fläche oder Breite der Pflanzung (siehe Tabelle 2), des Baumtyps, der Artenmischung, der Pflanzdichte, des Zeitplans und der erforderlichen Bewirtschaftungspraktiken zur Sicherstellung einer effektiven Etablierung und des Wachstums der Bäume (z. B. Bodenvorbereitung, Unkrautbekämpfung und Umzäunung). In einem bestehenden Wald kann eine Waldumgestaltung Risiken reduzieren oder die Widerstandsfähigkeit zu verbessern, wie z. B. die Änderung des Waldtyps oder der Baumartenmischung, die Veränderung der Altersstruktur oder die Einführung von Brandschneisen. Die Spezifikation sollte einen gewissen Spielraum

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020
COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

vorsehen (z. B. zusätzliche Baumpflanzungen), um Unsicherheiten hinsichtlich der Wirksamkeit einer bestimmten Maßnahme zu berücksichtigen.

8. **Entwurf eines Vertrags für ein PES Schema**: Zwischen Käufer und Verkäufer sollte ein formeller Vertrag aufgesetzt werden, der die technische Spezifikation für die umzusetzenden Maßnahmen, den Zeitplan für die Umsetzung, die Ausgangsbedingungen für die Wasserqualität, die Erfolgskriterien, den Überwachungsbedarf, die gestaffelten Zahlungen und die geplanten Überprüfungen enthält. Dabei sollte ein gewisses Maß an Flexibilität in die Geschäftsbedingungen eingebaut werden, um zukünftige Anpassungen auf der Grundlage von Überwachung und Bewertung zu ermöglichen. Zuviel Bürokratie und Transaktionskosten sollten dabei vermieden werden, und das Management und die Überwachung des Systems müssen zweckmäßig sein.

Fallstudie: Baumanpflanzungen zugunsten von Ökysystemdienstleistungen für Wasser

Weltweit erkennen viele Wasserversorger zunehmend die wachsende Bedrohung der Wasserversorgung und die steigenden Kosten der Wasseraufbereitung. Folglich verlagert sich die Aufmerksamkeit weg von grauer hin zu grüner Infrastruktur, um die zukünftige Wasserqualität und -quantität in Quellfassungen besser zu sichern. PES-Programme entwickeln sich zu einem nachhaltigeren Ansatz im Wassermanagement, bei dem Landbesitzer wie Landwirte und Waldbesitzer Anreize erhalten, die Landnutzung oder das Management zu ändern, um die Wasserversorgung besser zu schützen. Gezielte Maßnahmen wie die Anpflanzung von Bäumen innerhalb von Schutzzonen bieten im Vergleich zur Wasseraufbereitung möglicherweise eine kostengünstigere Möglichkeit, Probleme der diffusen Wasserverschmutzung anzugehen. Auf europäischer Ebene legt Artikel 9 der WRRL fest, dass "die Mitgliedsstaaten das Prinzip der Kostendeckung der Wasserdienstleistungen, einschließlich der Umwelt- und Ressourcenkosten, berücksichtigen". Dies hat dazu geführt, dass einige Wasserversorger in Großbritannien (South West Water und United Utilities), Deutschland (Sachsen und Hannover) und Italien (ETRA und Romagna Acque) den Verbrauchern die Kosten für den Schutz der Quellgebiete in Rechnung stellen, wobei die Zahlungen an die Grundeigentümer und Bewirtschafter weitergegeben werden. Diese Systeme sind "PES-ähnlich", da die Verbraucher nicht freiwillig für den Nutzen/die Rechnung zahlen, jedoch haben sie sich als die effektivsten Systeme auf EU-Ebene zur Verbesserung der Wasserqualität auf Einzugsgebietsebene erwiesen (UNECE, 2018). (Include a photo or perhaps a map showing location of schemes, although if do, indicate which pay for woodland measures as not all do).

Fallstudie: Baumpflanzungen zur Förderung von Grundwasserneubildung

Dieses PES-Programm befindet sich am Rande der Stadt Carmignano di Brenta in der Nähe von Padua in Norditalien. Es wurde 2012 als "Forested Infiltration Area" (FIA) eingerichtet, um die Grundwasserressourcen in dem Gebiet wieder aufzufüllen und zu verbessern. Die Übernutzung des Grundwasserleiters hatte zum Verschwinden der lokalen Quellen und Bäche geführt, während landwirtschaftliche Aktivitäten die Grundwasserqualität verschlechtert hatten. Ein 2,5 ha großes Waldgebiet wurde auf Ackerland (Mais) gepflanzt und ein System von Gräben gegraben, um Oberflächenwasser (mit einer Rate von ~1 Million Kubikmeter pro Hektar und Jahr) in Zeiten von Überfluss im nahe gelegenen Fluss Brenta auf das Gelände zu leiten. Die Einrichtung des Waldes trug dazu bei, die Wasserinfiltration in den Grundwasserleiter zu erleichtern und die Phyto-Reinigung zu verbessern, wodurch Nährstoffe und andere Verunreinigungen entfernt wurden. Das Waldgebiet lieferte dem Landbesitzer auch einen Kohlenstoffgewinn und längerfristig Waldprodukte wie Brennholz, Biomasse und Bauholz. Eine Gruppe lokaler und regionaler Interessenvertreter, darunter Gemeinden und lokale Unternehmen, bildeten eine Partnerschaft, um sich um Fördermittel zu bewerben, die für die Gestaltung und Einrichtung des PES-Programms auf privatem Ackerland verwendet wurden. Etwa 80 % der Implementierungskosten wurden durch LIFE+ und RDP-Mittel finanziert. Die Einkommensverluste des Landbesitzers durch die Nutzungsänderung von Maisanbau zu Wald wurden durch Zahlungen der Brenta-Landrückgewinnungsbehörde für die Infiltrationswasserversorgung (1.200 €/ha/Jahr), der Gemeinde für den Zugang der Gemeinde und die damit verbundenen Erholungs- und Bildungsveranstaltungen (1.500 €/Jahr) sowie den Wert der erzeugten Holzprodukte und den Kohlenstoffgewinn übertroffen.
(Include photo and/or map plus web link).

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Fallstudie: Baumpflanzungen zum Schutz der Grundwasserqualität

Es gibt drei bemerkenswerte Wald-für-Wasser-PES-Programme in Dänemark. Zwei davon befinden sich in der Nähe von Odense auf Fünen und das dritte in der Nähe von Aalborg auf Jütland. Alle wurden entwickelt, um das wachsende Problem der Grundwasserverschmutzung durch landwirtschaftliche Praktiken zu bekämpfen, insbesondere die Verunreinigung des Trinkwassers durch steigende Nitrat- und/oder Pestizidwerte. Das Programm in Aalborg ist eines der ältesten und wurde 1991 mit Mitteln aus EU LIFE und der Gemeinde Aalborg eingerichtet, um Land von Landwirten in gefährdeten Grundwasseranreicherungszonen zu erwerben. 900 ha intensiv genutztes Ackerland wurden in 500 ha Laubwald und 400 ha Weideland mit geringem Ertrag umgewandelt, hauptsächlich um die Nitratwerte zu senken. Der Nutzen für das Trinkwasser wurde auf mindestens 489 €/ha/Jahr und der soziale Nettonutzen (ohne Trinkwasser) auf 189 €/ha/Jahr geschätzt, was auch die Bereitstellung von Naherholungsmöglichkeiten und den Kohlenstoffgewinn einschloss. Die beiden Projekte in der Nähe von Odense sind Elmelund Skov und Brylle Water, die beide die Neuanlage von Wäldern beinhalten, um die Verschmutzung des örtlichen Grundwassers durch Pestizide zu reduzieren. Dies wird durch ein freiwilliges Flurbereinigungsverfahren erreicht, bei dem landwirtschaftliche Flächen in wenig gefährdeten Gebieten gekauft und dazu genutzt werden, Landtausch mit Landwirten für Flächen innerhalb gefährdeter Grundwasseranreicherungszonen zu fördern. Das Land wird zu einem reduzierten Preis an öffentliche oder private Partner für die Anpflanzung und Bewirtschaftung von Wäldern übertragen, wobei eine dauerhafte Umwandlung von Ackerland in Wald rechtlich garantiert ist. In Elmelund Skov wurden seit 2001 im Rahmen einer Partnerschaftsvereinbarung zwischen dem örtlichen Wasserversorgungsunternehmen, der Gemeinde Odense und der staatlichen Forstbehörde 380 ha Ackerland in Wald umgewandelt. Das Projekt Brylle Water ist das jüngste und begann im Jahr 2014. 156 ha Ackerland wurden von einer privaten Stiftung gekauft und mit Wald bepflanzt, die 40 % der Kosten trug, während die anderen 60 % vom örtlichen Wasserversorger finanziert wurden. Der Flurbereinigungsprozess war mit erheblichen Transaktionskosten verbunden, um Vereinbarungen mit Landwirten auszuhandeln und Vertrauen aufzubauen. Der offene Zugang für die Erholung war ein wichtiger Bestandteil der Projekte und wurde von der Gemeinde finanziert und unterstützt. (Include photo and/or map plus web link)

10. Monitoring, Bewertung und Überprüfung

Die Überwachung kann unterschiedlich durchgeführt werden, wobei sich die Kosten stark unterscheiden.

Erstens erfordern umgesetzte Maßnahmen ein gewisses Maß an Überwachung, um sicherzustellen, dass sie, wie geplant konzipiert sind, und angemessen verwaltet werden, um ihre Wirksamkeit bei der Schadstoffreduzierung zu erreichen und zu erhalten. Bei der Anpflanzung von Wäldern gehört die Kontrolle dazu, dass die Bäume sich tatsächlich etablieren (z. B. Ersatz von Verlusten und Management von Weidegang und potenziellen Konkurrenz- und Schädlingsproblemen), dass der ‚neue' Wald nachhaltig bewirtschaftet wird und dass der Wald immer wieder verjüngt wird, um eine langfristige Wirksamkeit sicherzustellen. Bei gezielteren Anpflanzungen, z.B. in Form von Pufferzonen für Uferwälder, muss geprüft werden, ob diese so gestaltet und bewirtschaftet werden, dass das Problem der diffusen Verschmutzung (und die Erzielung von Zusatznutzen) über die erwartete Lebensdauer des Puffers gelöst wird. Dazu gehört die Überprüfung, ob das Wachstum der Bäume ausreichend und nachhaltig ist, um den Nährstoffabfluss von den angrenzenden Flächen zu bewältigen, ob der Puffer nicht durch den/die Schadstoff(e) überlastet/gesättigt wird und ob die Bewirtschaftungsmaßnahmen das Gebiet nicht schädigen.

Zweitens wird es in vielen Fällen notwendig sein, die Wasserqualität zu überwachen, um zu prüfen, ob die Maßnahmen den gewünschten Effekt haben. Es kann möglich sein, sich auf bestehende Überwachungsnetzwerke (z.B. für WRRL-Bewertungen) zu stützen, die von Wasserregulierungsbehörden für diesen Zweck betrieben werden, aber diese werden normalerweise auf der Ebene eines Wasserkörpers durchgeführt und müssen daher möglicherweise durch lokale Messungen ergänzt werden. Die Überwachung muss auf die Art der durchgeführten Maßnahme, die Auswirkungen auf diffuse Schadstoffquellen und -pfade sowie auf die spezifischen Schadstoffe zugeschnitten sein. Zum Beispiel rechtfertigt die Anpflanzung von Wäldern in kleinem Maßstab weniger die Überwachung der Wasserqualität von Flüssen und eignet

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

sich besser für die Durchführung von parzellenbezogenen Messungen, wie z. B. Veränderungen der Bodenbedingungen. Es sollte eine Vereinbarung über den Ort, die Art, die Häufigkeit und die Kosten der Überwachung, die Handhabung, die Speicherung und den Besitz der Daten sowie über die Datenanalyse, die Berichterstattung und die Veröffentlichung der Ergebnisse bestehen.

Die Bekämpfung der diffusen Verschmutzung von Gewässern kann großflächige, gezielte Baumpflanzungen erfordern, an denen mehrere Landeigentümer beteiligt sind und deren Umsetzung mehrere Jahre dauert. Dies erfordert eine strategische Planung und ein integriertes Einzugsgebietsmanagement mit regelmäßiger Überprüfung der Fortschritte und Maßnahmen. Fortschritte bei der Erreichung von Wasserqualitätszielen können direkt mit vertraglich vereinbarten Zahlungen verknüpft werden, obwohl die hohe zeitliche Variabilität von Wasserqualitätsparametern (z. B. aufgrund von Schwankungen der Wetterbedingungen und der Flusspegel) dies zu einer großen Herausforderung machen kann, insbesondere über kurze bis mittlere Zeiträume. Es sollte in Erwägung gezogen werden, eine regelmäßige Bewertung der Kosteneffizienz des Systems vorzunehmen, um die Notwendigkeit von Änderungen zu ermitteln, Erfahrungen auszutauschen und letztendlich den langfristigen Erfolg sicherzustellen.

11. Informationen weitergeben

Erfolgreiche Kommunikation, Verbreitung und Vermarktung von PES-Aktionen hängen davon ab, dass die Botschaften angemessen an die relevanten Akteure gerichtet sind. Der Grad des Bewusstseins und des Verständnisses für die Vorteile von Wäldern für das Wasser wird von Akteur zu Akteur sehr unterschiedlich sein, weshalb verschiedene Ansätze und Geschichten erforderlich sein können. Seien Sie sich der unterschiedlichen Lernstile bewusst und passen Sie die Informationen entsprechend an. Akademische Ansätze, die im Klassenzimmer gelten, funktionieren möglicherweise nicht im Feld. Seien Sie sensibel für lokale Bedingungen und Beziehungen.

Quellen und Wege der diffusen Verschmutzung sind wahrscheinlich umstritten, vor allem unter Landbesitzern und Verwaltern, was eine offene Diskussion der Beweise und die Hinzuziehung von Expertenmeinungen erforderlich macht. Es wird oft eine Reihe von alternativen Optionen zur Lösung eines bestimmten Wasserproblems zur Verfügung stehen, und diejenigen, die Landnutzungsänderungen und insbesondere die Schaffung von Wäldern beinhalten, werden bei einigen auf Widerstand stoßen. Konzentrieren Sie sich auf eine sorgfältige Ausrichtung der Maßnahmen, um die Effektivität zu erhöhen und die Auswirkungen auf die bestehende Landnutzung zu minimieren.

Es ist entscheidend, verschiedene Gruppen zusammenzubringen, konträre Standpunkte zu diskutieren und Differenzen zu lösen. Es sollte in Erwägung gezogen werden, einen vertrauenswürdigen Vermittler einzuschalten, insbesondere wenn es starke Differenzen zwischen den Akteuren gibt. Die Verwendung von Karten und Modellergebnissen kann sehr hilfreich sein, muss aber sensibel gehandhabt und nicht zur Schuldzuweisung verwendet werden. Viele werden diesen Produkten nicht trauen in Frage stellen ob die Realität widergespiegelt wird. Daher ist es sehr wichtig, solche Informationen zu überprüfen, was am besten dadurch geschieht, dass sich die Hauptakteure treffen, um die Probleme und vorgeschlagenen Gegenmaßnahmen vor Ort zu diskutieren.

Es sollten regionale und umfassendere Fallstudien genutzt werden, um Optionen zu entwickeln und Vertrauen und Konsens zu schaffen, auch durch den Besuch bestehender Demonstrationsstandorte, wo dies möglich ist (www.forestresearch.gov.uk/research/pesforw/case-studies). Diese Studien können eine großartige Möglichkeit sein, das Wasser und die weiteren Vorteile von Baumpflanzungen sowie die Schutzfunktion bestehender Wälder und die bestehenden Bedrohungen aufzuzeigen.

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Box 2: Kosten-Nutzen-Analyse (CEA)

Die Kosten-Nutzen-Analyse (CEA) ist eine Technik, die verwendet werden kann, um die Kosten für die Anpflanzung von Wäldern mit denen für alternative Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität zu vergleichen. Sie kann sowohl bei der Argumentation für die Anpflanzung von Wäldern als auch bei der Auswahl der zu implementierenden Wald- (und/oder anderen) Maßnahmen wichtig sein. Die größte Herausforderung besteht darin, abzuschätzen, wie viel Bepflanzung und/oder das Ausmaß einer alternativen Maßnahme erforderlich ist, um ein bestimmtes Wasserqualitätsziel zu erreichen. Am einfachsten ist es, sich auf einen bestimmten diffusen Schadstoff oder eine Reihe von Schadstoffen zu konzentrieren, wie z.B. die Reduzierung der Nitratkonzentration in einem Wasserlauf um X% oder unter einen Umweltstandard, anstatt einen breiteren Wasserqualitätsindex wie den "Wasserzustand" anzunehmen oder eine biologische Metrik zu verwenden. Die Bewertung wird wahrscheinlich die Verwendung eines räumlich verteilten Modells wie SWAT erfordern, um die Auswirkungen verschiedener Ebenen und Standorte der Bepflanzung auf die Wasserqualität abzuschätzen, wie in Abschnitt 5 beschrieben. Ein alternativer, einfacherer Ansatz wäre die Beschränkung der Betrachtung auf die Auswirkung alternativer Maßnahmen auf die Schadstofffrachten, wobei die Werte für letztere für verschiedene Landbedeckungen und Kulturarten relativ gut bekannt sind (Tabelle 1). In Fällen, in denen Maßnahmen vorgeschlagen werden, um das Risiko einer Überschreitung von Wasserqualitätszielen zu verringern, die derzeit eingehalten werden, müsste die Verbesserung im Hinblick auf das verringerte Risiko einer Überschreitung dieses Ziels betrachtet werden.
Bei der Kosten-Nutzen-Analyse (CEA) werden die Kosten der Waldbepflanzung oder einer anderen Maßnahme durch die Verbesserung/Gewinn der Wasserqualität geteilt. Je nachdem, ob eine Verringerung der Konzentration oder der Belastung im Vordergrund steht, kann das berechnete Kosten-Nutzen-Verhältnis (KEV) in Einheiten wie €/mg/l oder €/kg/ha eines bestimmten Schadstoffs ausgedrückt werden. Die Gesamtkosten sollten durch Diskontierung der Kosten in zukünftigen Jahren über die Lebensdauer des gepflanzten Waldes berechnet werden. Die Kosten müssen die entgangenen Einnahmen aus der veränderten Landnutzung und alle Transaktionskosten beinhalten. Wenn eine privatwirtschaftliche Perspektive eingenommen wird, sollten die Kosten auch alle Änderungen der finanziellen Anreize beinhalten. Wird die CEA jedoch aus einer gesellschaftlichen Perspektive durchgeführt, sollten Änderungen bei Subventionszahlungen (z. B. im Zusammenhang mit EU-Agrarumweltprogrammen) ausgeschlossen werden, da diese als Transferzahlungen betrachtet werden. Obwohl der Schwerpunkt hier auf der Wasserqualität liegt, kann auch der Wert anderer Vorteile, die durch den Wald erzeugt werden, in die Berechnung einbezogen und zum Ausgleich der Kosten verwendet werden, wodurch der RCE reduziert wird. Dies kann eine schwierige Aufgabe für einige Vorteile sein, wie z. B. Lebensraumgewinn, aber einfacher für andere, wie Kohlenstoffbindung.

Die wichtigsten Schritte bei der CEA sind:

- Identifizierung der Wasserqualitätsprobleme und des Grades der erforderlichen Verbesserung, z. B. bei der Konzentration oder Belastung eines bestimmten diffusen Schadstoffs, um einen bestimmten Qualitäts-standard zu erreichen oder dazu beizutragen.
- Schätzung einer Größenordnung für Baumanpflanzungen und anderer alternativer Maßnahmen, die erforderlich sind, um die gewünschte Verringerung der Schadstoffkonzentration oder -belastung zu erreichen, indem Sie Modelle (z. B. SWAT) oder Schadstoffbudgetierung verwenden. Berechnen Sie die Gesamtkosten für die Umsetzung der Maßnahmen, einschließlich entgangener Einnahmen, Transaktionskosten und (für eine privatwirtschaftliche Perspektive) Anreize, unter Abzug von Management- und anderen Kosten, die in der Zukunft während der Lebensdauer der Maßnahmen erwartet werden.
- In Fällen, in denen die erwarteten Änderungen der Maßnahmeneffektivität im Laufe der Zeit von Maßnahme zu Maßnahme unterschiedlich sind, sollte einer von zwei Ansätzen gewählt werden: Entweder werden die Gesamtkosten durch einen Umweltnutzenindex geteilt, der zukünftige Umweltverbesserungen danach gewichtet, wann sie voraussichtlich eintreten werden (z. B. durch Anwendung eines Abzinsungssatzes auf Verbesserungen in zukünftigen Jahren); oder es werden Maßnahmen unter Verwendung eines Benchmark-Kosten-Nutzen Kostenvergleichs bewertet, der berücksichtigt, wann Verbesserungen eintreten (ein Ansatz, der manchmal beim Vergleich von Optionen für die Abschwächung des Klimawandels verwendet wird - z. B. DBEIS, 2019).
- Berücksichtigung weiterer Vorteile und etwaiger Nachteile, die durch die Maßnahmen oder die ursprüngliche Landnutzung entstehen, und Schätzung, sofern machbar, den Wert oder die Kosten dieser (ebenfalls durch Anwendung eines Abzinsungssatzes auf die in zukünftigen Jahren entstehenden Kosten), um die Nettokosten jeder Maßnahme zu berechnen.
- Unter Berücksichtigung der oben genannten Nettokosten und der Umwelteffektivität potenzieller Maßnahmen, einschließlich einer Berücksichtigung von Risiken und Unsicherheiten, Berechnung des Durchschnitts und des Bereichs der RCE für jede Maßnahme und Vergleich der Leistung. Grenzkostenkurven können verwendet werden, um die Beziehung zwischen der Kosteneffektivität verschiedener Maßnahmen und der Gesamtmenge an diffuser Verschmutzung, die zu bestimmten Zeitpunkten in der Zukunft verringert wird, zu untersuchen.
- Nutzung der Ergebnisse, um ein geeignetes Zahlungssystem zu entwerfen, das die kostengünstigste Maßnahme oder einen Mix von Maßnahmen zur Erreichung und Sicherung des Wasserqualitätsziels/der Wasserqualitätsziele innerhalb eines bestimmten Zeitrahmens ermöglicht, wobei die lokale Eignung und Akzeptanz der Maßnahme(n) berücksichtigt wird.
- - Wenn es wichtig ist, eine Reihe von Investoren für die Schaffung von Wäldern zu gewinnen, Berechnung der Kosteneffizienz auch unter anderen Gesichtspunkten (z. B. Abschwächung des Klimawandels und/oder Minderung des Hochwasserrisikos).

Es ist wichtig, alle relevanten Unterlagen mit detaillierten Berechnungen aufzubewahren, um zukünftige Überprüfungen und Lernprozesse zu ermöglichen.

COST is supported by
the EU Framework Programme
Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

12. References

EEA (2018) European waters – assessment of status and pressures 2018. European Environment Agency EEA Report 7/2018. https://www.eea.europa.eu/publications/state-of-water

Baksic, N. (2018) Reviewing available pollutant models and decision support tools for informing the design and management of woodland creation measures for reducing agricultural diffuse pollution. STSM Scientific Report. COST Action 15206. Forest Research, Surrey. 12pp.

Bateman, I., Day, B., Agarwala, M., Bacon, P., Baďura, T., Binner, A., De-Gol, A., Ditchburn, B., Dugdale, S., Emmett, B., Ferrini,S., Carlo Fezzi, C., Harwood, A., Hillier, J., Hiscock, K., Hulme, M., Jackson, B., Lovett, A., Mackie, E., Matthews, R., Sen, A., Siriwardena, G., Smith, P., Snowdon, P., Sünnenberg, G., Vetter, S., & Vinjili, S. (2014) UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package Report 3: Economic value of ecosystem services. UNEP-WCMC, LWEC, UK. 246pp.

Bealey W.J., Dore A.J., Dragosits U., Reis S., Reay D.S. and Sutton M.A. (2016) The potential for tree planting strategies to reduce local and regional ecosystem impacts of agricultural ammonia emissions. Journal of Environmental Management 165:106-116.

Borin, M., Passoni, M., Thiene, M., Tempesta, T (2010) Multiple functions of buffer strips in farming areas. European Journal of Agronomy. 32:103-111.

Broadmeadow, S. and Nisbet, T. (2010a) Opportunity mapping for woodland to reduce flooding in the Yorkshire and the Humber region, Forest Research Monograph 1 Forest Research, Surrey, 64 pp.

Broadmeadow, S. and Nisbet, T. (2010b) Opportunity mapping for woodland creation to reduce diffuse sediment and phosphate pollution in the Lake District. Forest Research, Surrey.

BSFP (2013) British Survey of Fertiliser Practice dataset. From Department for Environment, Food &Rural Affairs, London.

Burgess-Gamble, L., Ngai, R., Wilkinson, M., Nisbet,T., Pontee, N., Harvey, R., Kipling, K., Addy, S., Rose, S., Maslen, S., Jay, H., Nicholson, A., Page, T., Jonczyk, J. and Quinn, P. (2017) Working with Natural Processes - Evidence Directory. Environmental Agency, Bristol. 298 pp.

Collins, A.L., Newell Price, J.P., Zhang, Y., Godday, R., Naden, P.S. and Skirvin, D. (2018) Assessing the potential impacts of a revised set of on-farm nutrient and sediment 'basic' control measures for reducing agricultural diffuse pollution across England. The Science of the Total Environment, 621, 1499-1511.

Creed, I.F. and Noordvijk, M.v. (eds.) (2018) Forest and Water on a Changing Planet: Vulnerability, Adaptation and Governance Opportunities. A Global Assessment Report. IUFRO World Series Volume 38. Vienna. 192 p.

DBEIS (2019): Valuation of energy use and greenhouse gas. Supplementary guidance to the HM Treasury Green Book on Appraisal and Evaluation in Central Government. Department of Business, Energy and Industrial Strategy, London.https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/794737/valuation-of-energy-use-and-greenhouse-gas-emissions-for-appraisal-2018.pdf

Forestry Commission (2019) Managing forest operations to protect the water environment. Forestry Commission Practice Guide, Forestry Commission, Edinburgh, 48pp.

Gatto, P., Pettenella, D. and Secco, L. (2009) Payments for forest environmental services: organisational models and related experiences in Italy. iForest-Biogeosciences and Forestry, 2 (4), 133-139.

Grizzetti, B., Pistocchi, A., Liquere, C., Udias, A., Bouraoui, F., van de Bund, W (2017) Human pressures and ecological status of European rivers. Scientific Reports

Haines-Young, R. and Potschin, M.B. (2017) Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and guidance on the Application of the Revised Structure: www.cices.eu

Kareiva P, Tallis H, Ricketts TH, Daily GC, Polasky S. (2011) Natural capital: theory and practice of mapping ecosystem services. Oxford: Oxford University Press.Nisbet, T., Evans (2014)

Mockler, A.E.M. and Bruen, M. (2018) Support tools for characterisation and evaluation of Programmes of Measures. Report No. 249. Environment Protection Agency, Dublin, Ireland.

Morison, J., Matthews, R., Miller, G., Perks, M., Randle, T., Vanguelova, E., White, M. and Yamulki, S. (2012) Understanding the carbon and greenhouse gas balance of forests in Great Britain. Forestry Commission Research Report. Forestry Commission, Edinburgh. 149 pp.

Nisbet T.R. (2005) Water use by trees. *Forestry Commission Information Note 65*, Forestry Commission Edinburgh, UK.

Nisbet, T., Silgram, M, Morrow, K,m Broadmeadow, S. (2011) Woodland for water: Woodland measures for meeting water framework directive objectives. Forest Research Monograph 4, Forest Research Surrey 156 pp.

Nisbet, T.R. and Evans, C.D. (2014) Forestry and surface water acidification. Forestry Commission Research Note 16. Forestry Commission, Edinburgh.

Perez-Silos, I. (2017) Assessing the effectiveness of woodland creation for reducing agricultural diffuse pollution – developing value ranges to create look-up tables. STSM Scientific Report. COST Action 15206. Forest Research, Surrey. 11pp.

Roberts, J. and Rosier, P. (2005). The impact of broadleaved woodland on water resources in lowland UK: III. The results from Black Wood and Bridgets Farm compared with those from other woodland and grassland sites. *Hydrology and Earth System Sciences*, **9**: 614-620.

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Schueler, G., Pfister, L., Vohland, M., Seeling, S. and Hill, J. (2011) Large scale approaches to forest and water interactions. In: Bredemeier, M., Cohen, S., Godbold, D., Lode, E., Pichler, V. and Schleppi, P. (eds) Forest Management and the Water Cycle: An Ecosyste-Based Approach. Ecological Studies Vol. 212. Springer, New York, pp. 435-452.
Stutter, M.I., Chardon, W.J., Kronvang, B (2012) Riparian buffers as a multifunctional management tool in agricultural landscapes: introduction. Journal of Environmental Quality, 41:297-303.
Stutter, M., Wilkinson, M. and Nisbet, T.R. (2020) Improving the benefits from watercourse field margins using 3-D buffers. Environment Agency Report, Environment Agency, Bristol.
Ucar, T. and Hall, F.R. (2001) Windbreaks as a pesticide drift mitigation strategy: a review. *Pest Management Science,* **57**: 663–75.
UNECE (2018) Forests and Water – Valuation and Payments for Forest Ecosystem Services. UNECE, Geneva.108 pp.

13. Glossar

Benchmark Kosten-Nutzen Verhältnis	Ein Prozess zur Messung, Analyse und zum Vergleich der Kosteneffizienz bestimmter Aktionen oder Maßnahmen unter Berücksichtigung des Zeitpunkts, zu dem die Effekte/Verbesserungen erwartet werden, mit den Werten, die durch andere relevante PES-Programme oder -Märkte generiert werden.
Nutznießer und Käufer im PES-Programm	Dies sind Akteure (z. B. Wasserverbraucher und -versorger), die von einem Problem (z. B. verschmutztes Wasser) betroffen sind und von Aktionen oder Maßnahmen zu dessen Behebung oder Reduzierung profitieren würden, u. a. durch Bezahlung oder Kauf einer Gegenmaßnahme
Kosten-Nutzen-analyse (CEA)	Die Kosten-Nutzen-Analyse ist eine ökonomische Methode zum Vergleich der relativen Kosten und Auswirkungen verschiedener Aktionen oder Maßnahmen, z. B. die Kosten für die Anpflanzung von Wäldern mit denen alternativer Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität. Sie kann auch verwendet werden, um die Kosten und Auswirkungen eines PES-Programms zu bewerten.
Kosten-Nutzen-Verhältnis (RCE)	Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist der Quotient aus den Nettokosten einer Aktion oder Maßnahme und ihrem relativen Effekt oder Ergebnis. Zum Beispiel die Kosten einer Waldbepflanzung geteilt durch die Verbesserung/Gewinn der Wasserqualität, ausgedrückt in Einheiten wie €/mg/l oder €/kg/ha eines bestimmten Schadstoffs.
Diffuse Verschmutzung	Verschmutzung durch weit gestreute Prozesse ohne eine einzige diskrete/punktuelle Quelle, wie z. B. Nährstoffabflüsse aus der Ausbringung von Düngemitteln auf den Boden.
Abzinsungssatz	Die Rendite oder der Zins, der zur Berechnung des Barwerts eines Geldbetrags oder einer Investition verwendet wird, die Sie in der Zukunft erhalten oder bezahlen werden.
Diskontierungskosten	Dieser Prozess berücksichtigt, dass aktuelle Kosten und Nutzen mehr wert sind als solche, die in der Zukunft anfallen, weil es Opportunitätskosten gibt, jetzt Geld auszugeben, und der Wunsch besteht, die Vorteile jetzt und nicht erst in der Zukunft zu genießen.
Ökosystemdienstleistungen	Die Leistungen von Ökosystemen, die dazu beitragen, menschliches Leben möglich und lebenswert zu machen, wie z. B. sauberes Wasser.
Umweltnutzen-Index	Ein Index, der verwendet wird, um Aktionen oder Maßnahmen im Hinblick auf den Grad des Umweltnutzens zu bewerten und zu vergleichen (z. B. durch Punktevergabe).
Umwelt-Qualitätsstandard	Ein administrativer oder gesetzlicher Richtwert, der die Konzentration oder das Niveau einer Substanz in der Umwelt (z. B. im Wasser) festlegt, die nicht überschritten werden sollte, da eine Überschreitung des Richtwerts zu Schäden führen könnte.
Wald	ein mit Bäumen bewachsener Landschaftsteil
Bewaldete Versickerungsfläche (FIA)	Ein ausgewiesenes Waldgebiet, das zur Aufnahme von Oberflächenwasser genutzt wird, das in Zeiten höheren Durchflusses aus Flusskanälen abgeleitet wird, um Grundwasserleiter aufzufüllen und die Wasserversorgung in sommerlichen Trockenperioden zu verbessern.
Geographisches Information System (GIS)	Ein rechnergestütztes System und Rahmenwerk zum Sammeln, Verwalten, Analysieren und Darstellen von räumlich/geographisch referenzierten Daten.

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Guter chemischer Zustand	Oberflächengewässer, in denen die Konzentrationen der prioritären Stoffe die relevanten Umweltqualitätsnormen (UQN), die durch die UQN-Richtlinie 2008/105/EG (in ihrer geänderten Fassung) festgelegt wurden, nicht überschreiten.
Guter ökologischer Zustand	Eine von fünf Klassen des ökologischen Zustands nach der Wasserrahmenrichtlinie, die anderen sind hoch, mäßig, schlecht und schlecht.
Integrierte Bewertung von Ökosystemleistungen und Tradeoffs (InVEST)	Eine Reihe von Modellen zur Abbildung und Bewertung von Gütern und Dienstleistungen aus der Natur, die das menschliche Leben erhalten und erfüllen.
Mediatoren und Planer im PES-Programm	Vermittler sind Akteure wie gemeinnützige Einrichtungen oder Umweltorganisationen, die ein PES-System verwalten, indem sie Mechanismen zur Beschaffung von Geldern bei den Begünstigten, zur Aushandlung von Zahlungen und zur Weiterverteilung an die Anbieter implementieren. Planer sind Akteure wie Beratungsunternehmen und Forschungseinrichtungen, die das technische und wissenschaftliche Know-how für die Gestaltung von PES-Programmen und geeignete Überwachungsaktivitäten bereitstellen.
Kurven der Grenzvermeidungskosten	Ein Werkzeug zur Darstellung verschiedener Optionen zur Reduzierung eines Schadstoffs im Vergleich zu einer Baseline, typischerweise dem Business-as-usual-Pfad.
Regelungen für Zahlungen für Ökosystemleistungen (PES)	Regelungen, die Zahlungen an Lieferanten von Umweltleistungen beinhalten, z. B. an Landwirte, die ihr Land in einer bestimmten Weise bewirtschaften, um eine bestimmte ökologische Leistung zu erbringen.
Aufsichtsbehörden	Eine von der Regierung ernannte Behörde, die eine Regulierungsfunktion ausübt, z. B. die Verhinderung von Wasserverschmutzung durch die Einhaltung von Umweltqualitätsstandards.
Entgangene Einnahmen	Die Differenz zwischen den tatsächlich erzielten Erträgen und den Erträgen, die durch eine alternative Maßnahme hätten erzielt werden können, z. B. entgangene landwirtschaftliche Erträge infolge der Anpflanzung von Wäldern auf Ackerland.
Uferbereich	Gebiet, das an ein Gewässer angrenzt und von diesem beeinflusst wird, welches das Flussufer, nicht aber die breitere Aue umfasst.
Risikobewertung	Ein systematischer Prozess zur Bewertung der potenziellen Risiken, die mit einer geplanten Tätigkeit oder einem Vorhaben verbunden sein können.
Zulieferer und Verkäufer im PES-Programm	Akteure, die eine Ökosystemleistung anbieten oder verkaufen können, wie z. B. Landbesitzer und Manager, die anbieten, eine bestimmte Praxis zu übernehmen oder die Landnutzung zu ändern.
Nachhaltige Waldwirtschaft	Die Bewirtschaftung und Nutzung von Wäldern und Waldflächen auf eine Art und Weise und in einem Ausmaß, die ihre biologische Vielfalt, Produktivität, Regenerationsfähigkeit und Vitalität sowie ihr Potenzial, jetzt und in Zukunft relevante ökologische, ökonomische und soziale Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene zu erfüllen, erhält und keine Schäden an anderen Ökosystemen verursacht.
Nachhaltige Wasserwirtschaft	Management der Wasserumwelt, um den Wasserbedarf der Gegenwart zu decken, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, dasselbe zu tun.
SWAT Model	Ein Modell auf Flusseinzugsgebietsebene, das entwickelt wurde, um die Auswirkungen von Landnutzung und Management in großen, komplexen Wassereinzugsgebieten zu quantifizieren.
Technische Beschreibung für Baumpflanzungen	Eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen, die in einem Pflanzplan erfüllt werden müssen, um eine erfolgreiche Etablierung und die Erreichung der Ziele zu gewährleisten, z. B. in Bezug auf Baumabstände, Pflanzmischung und Bodenvorbereitung.
Technische Beschreibung für Maßnahmen zur Erhaltung/Verbesserung der Wasserqualität	Eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen, die bei der Planung einer Maßnahme zum Schutz oder zur Verbesserung der Wasserqualität erfüllt werden müssen, wie z. B. Baumpflanzungen.
Transaktionskosten	Die Kosten, die mit der Organisation und Durchführung eines wirtschaftlichen Handels verbunden sind, z. B. Zahlungen zwischen Lieferanten und Nutznießern für eine Ökosystemleistung.
Wasserqualität	Ein Maß für die Eignung von Wasser für eine bestimmte Nutzung, wie z. B. Trinken oder Baden, basierend auf ausgewählten physikalischen, chemischen und biologischen Parametern.

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Wasserqualitätsstandards	Normen, die den gewünschten Zustand des Wassers in Bezug auf physikalische, chemische und biologische Eigenschaften beschreiben, die zur Unterstützung einer bestimmten Nutzung oder zum Schutz der Gewässerökologie erforderlich sind.
Wald	ein kleineres mit Bäumen bestocktes Gebiet.

14. Abkürzungen

CEA	Kosten-Nutzen-Analyse
CICES	Common International Classification of Ecosystem Services
DBEIS	Department of Business, Energy and Industrial Strategy
EEA	Europäische Umweltagentur
FIA	Bewaldetes Versicherungsgebiet
FIO	Faekal Indikator Organismen
GES	Guter ökologischer Zustand
GHG	Treibhausgase
GIS	Geographisches Informations System
Hydro-JULES	Hydrologische 3D Version des Gemeinsamen Umweltsimulators für das UK
InVEST	Integrierte Bewertung von Ökosystemdienstleistungen und Tradeoffs
LIFE+	L' Instrument Financier pour l'Environnement (Vierte Phase des EU LIFE Programms)
NGO	Nicht-Regierungsorganisation
PES	Zahlungen für Ökosystemdienstleistungen
PESFOR-W	Zahlungen für Ökosystemdienstleistungen: Wald für Wasser
RCE	Kosten-Nutzen-Verhältnis
RDP	Ländliches / Regionales Entwicklungsprogramm
SWAT	Soil & Water Assessment Tool – Boden- und Wasserbewertungssystem
WaSSI-C	Wasserversorgungsstress-Index-Kohlenstoff-Ökosystemdienstleistungsmodell
WFD	Wasserrahmenrichtlinie

COST is supported by the EU Framework Programme Horizon 2020

COST Association
Avenue Louise 149 I 1050 Brussels, Belgium
t: +32 (0)2 533 3800 I f: +32 (0)2 533 3890
office@cost.eu I www.cost.eu

Cost Association
Avenue Louise 149
1050 Brussels, Belgium
T +32 (0)2 533 3800
F +32 (0)2 533 3800
office@cost.eu
www.cost.eu

Payments for Ecosystem Services (Forest for water)
Forest Research - Alice Holt Lodge,
Farnham, Surrey GU10 4LH
T 0300 067 5600
F 01420 23653
xxx@xxxx.eu
www.forestresearch.gov.uk/research/pesforw

Funded by the Horizon 2020 Framework Programme
of the European Union