



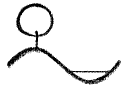
Initiative  boden:ständig

Leitlinien zur Planungsmethodik

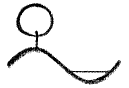
Stand: November 2017

Verfasser:

Ingenieurbüro Lenz
Lusenstr. 6, 94160 Ringelai
Tel. 08555/1667 - Fax 4201 - www.ingbuero-lenz.de

**INHALTSVERZEICHNIS**Seite:

A	Theoretische Grundlagen	4
A1	Problemstellung	4
A2	Vorgehensweise	6
A3	Prozesse/ingenieurökologische Grundlagen für die Maßnahmenplanung	8
A3.1	Wasserspeicherung mit gedrosselter Ableitung	10
A3.2	Versickerung	10
A3.3	Auskämmen und Filtern	11
A3.4	Sedimentation	11
A3.5	Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen (Biofilm)	12
A3.6	Nitrifikation	14
A3.7	Denitrifikation	14
B	Bestandsaufnahme und Bewertung	17
B1	Grundsätze	17
B2	Vorgehensweise	17
C	Maßnahmen	19
C1	Verhinderung von flächigen und punktuellen Stoffausträgen am Entstehungsort	20
C1.1	Produktionstechnische Maßnahmen und Anlage von Strukturen zum Erosionsschutz auf den Wirtschaftsflächen (einschl. begrünter Abflussmulden)	20
C1.2	Einzelbetriebliche Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Einträgen aus Hofflächen	22
C1.3	Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Einträgen aus Siedlungsbereichen	22
C2	Erhaltung und Förderung des natürlichen Potentials von Gewässern und Feuchtflächen zur Wasserspeicherung und zum Stoffrückhalt	23
C2.1	Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung (Gewässerrenaturierung)	23
C2.2	Offenlegung von verrohrten Fließgewässern	24
C2.3	Verbreiterung von Fließgewässereinmündungen (in Form von Bachdeltas)	25
C2.4	Aufweitung mit Verkräutung von Gräben und Quellbächen	26
C2.5	Wiederherstellung von ehemaligen Auen und sonstigen Feuchtflächen	27
C3	Beeinflussung von Menge und Richtung des Wasserabflusses durch strukturelle Maßnahmen im Rahmen der Bodenordnung	28
C3.1	Besondere Berücksichtigung von Erosionsschutz und Abflussdämpfung bei der Flureinteilung	28
C3.2	Abflussregulierende Maßnahmen im Rahmen des ländlichen Wegebaus	28
C4	Anlage von Landschaftselementen als Puffersysteme zum Wasser- und Stoffrückhalt ...	31
C4.1	Erdbecken zur Schaffung von Rückhaltevolumen mit Nutzung als Wiese	31
C4.2	Pufferstreifen zur Verhinderung von Stoffeinträgen in Gewässer	33
C4.3	Erd- und Steinwälle zum Wasserrückhalt, zur Abflusslenkung und zur Versickerung	34
C4.4	Feuchtflächen zum Rückhalt von Erosionsmaterial	35



C4.5 Flächen mit Hangverrieselung zum Rückhalt von Erosionsmaterial	36
C4.6 Feuchtfächen zum Wasserrückhalt und zur Reinigung von Wasser aus Siedlungs- flächen.....	37
C4.7 Flächen mit Hangversickerung zur Festlegung von Phosphor aus Dränwasser	38
C4.8 Feuchtfächen zur Entfernung von Nitrat aus Dränwasser	39
C5 Spezielle Maßnahmen für Dränleitungen	40
C5.1 Einbau von speziellen Filtersubstraten in Dränsysteme	40
C5.2 Organische Dränfilter (Dränummantelung) mit kontrollierter Dränung.....	40
C6 Änderung des Entwässerungsregimes bei Niedermoorflächen	41
C6.1 Stauregulation bei Grünlandnutzung.....	41
C6.2 Grabenverkrautung bei Grünlandnutzung	41
C6.3 Kubaturen-Modell nach Koch.....	42
C6.4 Wiedervernässung mit Nutzungsänderung (nasse Landwirtschaft, nasse Forstwirtschaft, Flächen für Naturschutz).....	43
Literatur	44



A Theoretische Grundlagen

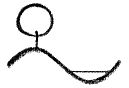
A1 Problemstellung

Beschleunigter Wasserabfluss mit Überflutungen und Wassermangel in Trockenzeiten, Bodenerosion, diffuse Phosphor- und Stickstoffbelastung von Gewässern sowie Stoff-Freisetzungen und Bodenschwund durch die Entwässerung von Moorböden sind als Probleme mit zunehmender Dringlichkeit erkannt. Für eine wirksame Analyse, Diagnose und die Erarbeitung von Lösungsansätzen stehen insbesondere die Art, Qualität und Intensität der Landnutzung sowie Art, Qualität und Richtung von Stoffströmen in der Landschaft (insbesondere des Wasserflusses) im Vordergrund. Dazu ist die Betrachtung eines gesamten Gewässereinzugsgebietes bzw. von funktional abgegrenzten Teileinzugsgebieten erforderlich, die für Probleme, die mit dem Wasserabfluss in der Landschaft direkt und indirekt in Zusammenhang stehen, einen wasser- und stoffhaushaltsbezogen sinnvollen Funktionsraum darstellen (in Anlehnung an das ETR-Modell von RIPL 1996 - ETR = Energie-Transport-Reaktion).

Ziel ist es, die Funktions- bzw. Nutzungsfähigkeit von Kulturlandschaften unterschiedlicher Ausprägungen auf Dauer zu sichern. Dazu müssen vordringlich ungebremste Stoffausträge durch Maßnahmen zum Rückhalt von Wasser und anderen Stoffen (von Bodenteilchen, von Nährstoffen - insbesondere von Phosphor und Stickstoff - sowie von sonstiger organischer Fracht) in entscheidendem Maße verringert werden (Verhinderung von Stoffausträgen möglichst am Entstehungsort). Ferner lässt sich das vorhandene Potential an naturnahen Gewässern und Feuchtflächen zum Stoffrückhalt nutzen und fördern. Feuchtgebiete wurden in der Vergangenheit als scheinbar ökonomisch wertlose Flächen in großem Umfang zerstört. Die Flächen wurden entwässert, verfüllt, landwirtschaftlich intensiviert oder überbaut und versiegelt. Feuchtflächen erfüllen aber wichtige Funktionen im Naturhaushalt: Sie filtern und speichern Wasser, verhindern dadurch Einträge von Dünge-, Pflanzenbehandlungsmitteln und Erdmaterial in die Fließgewässer und legen Nährstoffe fest. Sie dienen dem Hochwasser- und Gewässerschutz. Natürliche chemisch/biologische Prozesse in Wasser und Boden, die abflussbremsende Wirkung von Vegetations- und Landschaftsstrukturen sowie natürliche Retentionsräume dienen dem Wasser- und Stoffrückhalt. Deshalb ist es - nicht nur aus naturschutzfachlichen Gründen - sinnvoll, vorhandene Feuchtgebiete zu schützen bzw. - wo nötig und möglich - zu renaturieren sowie an geeigneten Stellen neue Feuchtflächen anzulegen.









Die Umsetzung von praxisnahen Lösungen für Probleme, die den Wasser- und Stoffhaushalt der Landschaft betreffen, ist eine wichtige Aufgabenstellung für die Bayerische Verwaltung für Ländliche Entwicklung, um die europäischen Strategien zum Erhalt der natürlichen Ressourcen (Wasserrahmenrichtlinie, Erhalt der Bodenfruchtbarkeit) konkret vor Ort - zusammen mit Landnutzern, Grundeigentümern und Gemeinden - realisieren zu können. Die Ingenieurökologie und eine darauf aufbauende, funktional ausgerichtete Landschaftsplanung bieten hierfür die geeigneten Grundlagen. Dazu wurde die Initiative „boden:ständig“ von der Verwaltung für Ländliche Entwicklung in Bayern initiiert. Ihr Ziel ist es, Maßnahmen zum Bodenschutz auf landwirtschaftlichen Nutzflächen mit Maßnahmen zum Gewässerschutz und zum Wasser-/Stoffrückhalt zu kombinieren auf der Basis der Analyse der Landschaftsstruktur eines kompletten Teil-/Einzugsgebietes. Konkret bedeutet das:

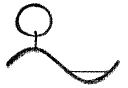
- für den Bereich der landwirtschaftlichen Nutzflächen: Bodenerosion zu minimieren und Wasserrückhalt zu maximieren,
- für den Bereich der Landschaftsstruktur: Puffersysteme bzw. Landschaftselemente zu schaffen zur Verringerung der Einträge in Gewässer sowie zur Dämpfung der Abflussmengen bei größeren Niederschlagsereignissen,
- für den Bereich der Gewässer: den Wasserabfluss zu vergleichmäßigen, die Grundwasserbildung zu fördern sowie die Selbstreinigungskräfte zu verbessern,



- für den Bereich Natur- und Landschaftsschutz: das natürliche Potential zu erhalten, zu fördern, zu renaturieren sowie durch die Anlage neuer Landschaftselemente zu ergänzen (Lebensraumfunktion von neu geschaffenen Feuchtflächen und anderen Landschaftselementen).

Übersicht: Probleme und Zielsetzung

Probleme	Ziele	
Wassermangel in Trockenzeiten und Überschwemmungen bei Starkregen und Tauwetter	Wasserrückhalt	
Verlust von fruchtbarem Boden durch Erosion, Einträge von Bodenmaterial einschließlich der mitgeführten Nähr- und Schadstoffe in Gewässer	Bodentrückhalt (einschließlich Festlegung/Abbau von partikulärem Phosphor, von organischem Stickstoff sowie von Schadstoffen aus Pflanzenbehandlungsmitteln, die an die abgeschwemmten Bodenteilchen gebunden sind)	
Belastung von Grund- und Oberflächenwasser durch Abschwemmung/Auswaschung von Stickstoff und Phosphor aus Düngemitteln (diffuse Einträge)	Rückhalt von Phosphor: - in gelöster Form (P_{gel}) enthalten vor allem in Dränwasser - als partikulärer Phosphor (P_{part}) gebunden an organische Düngemittel Abbau von Stickstoffbelastungen: - von Ammonium-Stickstoff - von Nitrat-Stickstoff - von organischem Stickstoff	   
Punktuelle Einträge von organischer Schmutzfracht aus besiedelten Bereichen in Gewässer	Verhinderung von Einträgen organischer Schmutzstoffe, die Stickstoff und Phosphor enthalten, in Gewässer	
Sackung von Niedermoorflächen infolge der Entwässerung verbunden mit Stoff-Freisetzungen	Wiederherstellung/Erhaltung von Niedermoorflächen als Stoffsenken und zur Retention	
Belastung von Grund- und Oberflächenwasser durch Abschwemmung/Auswaschung von chemischen Pflanzenbehandlungsmitteln	Verhinderung von Schadstoffeinträgen aus chemischen Pflanzenbehandlungsmitteln in Oberflächen- und Grundwasser	

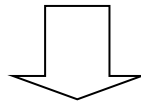


A2 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise ist problem- und umsetzungsorientiert.

Übersicht: Vorgehensweise

**Prüfen der Eignung zur Einleitung eines bodenständig-Projektes
mit Abgrenzung des Projektgebietes**

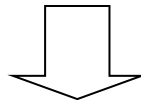


Rahmenkonzept

Bestandsaufnahme und Bewertung ► Plan „Bestand und Bewertung“

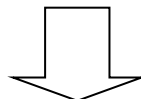
Problembezogene Analyse von Naturausstattung, Nutzungen, Stoffströmen und Prozessen im (Teil-)Einzugsgebiet zur Ermittlung des **Handlungsbedarfs** und als Grundlage für das Maßnahmenkonzept und die Maßnahmenrealisierung

Umsetzung von Initialmaßnahmen zur Verbesserung der Akzeptanz



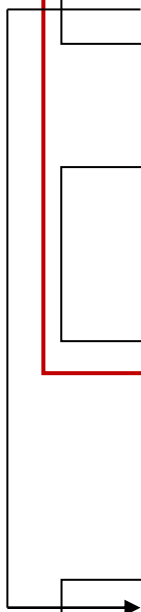
Maßnahmenkonzept ► Plan „Maßnahmen“

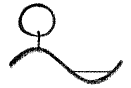
Darstellung der potentiellen Standorte für Maßnahmen zur Problemlösung, Konzeption und Auswahl von geeigneten Maßnahmentypen



Maßnahmenumsetzung ► Entwurfs- und Ausführungspläne

Umsetzung von einzelnen Maßnahmen oder Maßnahmenpaketen schrittweise, je nach Verfügbarkeit von Flächen und Finanzmitteln





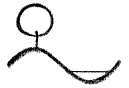
Die Ergebnisse von Bestandsaufnahme und -bewertung im (Teil-)Einzugsgebiet veranschaulichen Stoffströme, Prozesse und Probleme im Einzugsgebiet (vgl. Ausführungen unter Punkt B). Die Bewertung zeigt den konkreten Handlungsbedarf und Möglichkeiten zur Problemlösung auf. Der Plan „Bestand und Bewertung“ mit textlichen Erläuterungen - erstellt auf der Basis von Luftbild oder topographischer Karte - enthält die Grundsätze und Leitlinien für die weitere Vorgehensweise. Das daraus entwickelte Maßnahmenkonzept - dargestellt im Plan „Maßnahmen“ mit Erläuterungen - enthält potentiell geeignete Standorte zur Realisierung von speziellen Maßnahmentypen, die auf die jeweiligen Problemlagen abgestimmt und dazu geeignet sind, den Wasser- und Stoffrückhalt im untersuchten Einzugsgebiet zu verbessern. Er gibt Rahmen und Zielrichtung für die Maßnahmenumsetzung vor. Wo genau dann die einzelnen Maßnahmen realisiert werden, hängt von der Flächenverfügbarkeit, der Bereitschaft von Grundstückseigentümern/Landbewirtschaftern sowie der Bereitstellung von Finanzmitteln ab.

Es ist sinnvoll, Initialmaßnahmen schon in der Anfangsphase - parallel zu Bestandsaufnahme und Bewertung - zu realisieren, um die Vorgehensweise an konkreten Maßnahmenbeispielen zu veranschaulichen und dadurch die Akzeptanz für das boden:ständig-Projekt zu erhöhen.

Die Umsetzung der Maßnahmenplanung erfolgt Schritt für Schritt, z. B. in Form von jährlichen Bauprogrammen in Verbindung mit Verfahren zur Bodenordnung. Dies geschieht in engem Kontakt mit den Landnutzern bzw. Grundstückseigentümern. Dabei kann - je nach Problemschwerpunkten, Zielen und Struktur des Landschaftsraums - auf ein Instrumentation von bereits entwickelten problemspezifischen Maßnahmentypen zurückgegriffen werden (vgl. Teil C), die an die jeweiligen örtlichen Bedingungen (Topografie, Boden, Vegetationsstrukturen u. a.) anzupassen sind. Auch die Kombination von Maßnahmentypen ist - je nach Erfordernis - möglich. Das Maßnahmenkonzept ist flexibel und wird auf der Basis der zugrunde liegenden Bestandsaufnahme bzw. Bewertung im Laufe des Realisierungsprozesses weiterentwickelt.

Die Umsetzung der Maßnahmen kann wie folgt finanziert werden:

- durch die Landwirte selbst: die Anlage von Landschaftselementen und Maßnahmen zum Erosionsschutz auf landwirtschaftlichen Nutzflächen durch das Kultur-Landschafts-Programm (KULAP) bzw. unter besonderer Berücksichtigung von naturschutzfachlichen Zielen durch das Vertragsnaturschutzprogramm (VNP)
- im Rahmen von Verfahren der Ländlichen Entwicklung,
- als Maßnahmen von Kommunen (gefördert durch Mittel der Wasserwirtschaft) auf der Basis von Gewässerentwicklungskonzepten, bei Erfüllung von öffentlichen Aufgaben im Rahmen des Hochwasserschutzes sowie der Behandlung von Niederschlagswasser oder Abwasser,
- im Rahmen des kommunalen Ökokontos bzw. durch Geldzahlungen aufgrund der Bayerischen Kompensationsverordnung.

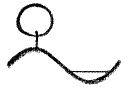


A3 Prozesse/ingenieurökologische Grundlagen für die Maßnahmenplanung









Die Umsetzung der Maßnahmen(-typen) ermöglicht bzw. fördert spezielle physikalische sowie natürliche chemisch/biologische Prozesse, die zur Erreichung der Ziele genutzt werden können.

Es handelt sich dabei im Wesentlichen um:

- Wasserspeicherung mit gedrosselter Ableitung
- Versickerung
- Auskämmen und Filtern
- Sedimentation
- Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen (Biofilm)
- Nitrifikation (Umbau von Ammonium-Stickstoff zu Nitrat unter sauerstoffreichen Bedingungen)
- Denitrifikation (Abbau von Nitrat-Stickstoff zu gasförmigem Stickstoff unter sauerstoffarmen Bedingungen)
- Einbau von N, P und C in Biomasse
- Phytoremediation (aerobe und anaerobe Abbauprozesse in Feuchtfächen mithilfe von Pflanzen und Mikroorganismen)
- Verdunstung (Boden- und Wasseroberfläche, Pflanzen)
- Regulation des Grundwasserstandes (unter besonderer Berücksichtigung des kapillaren Aufstiegs)



Übersicht: Ziele und physikalische, chemisch/biologische Prozesse zur Zielerreichung

Ziele		Prozesse
Wasserrückhalt		<ul style="list-style-type: none"> - Wasserspeicherung mit gedrosselter Ableitung - Versickerung - Verdunstung - Regulation des Grundwasserstandes
Bodenrückhalt (einschließlich Festlegung/Abbau von partikulärem Phosphor, von organischem Stickstoff sowie von Schadstoffen aus Pflanzenbehandlungsmitteln, die an die abgeschwemmten Bodenteilchen gebunden sind)		<ul style="list-style-type: none"> - Auskämmen und Filtern - Sedimentation - Phytoremediation
Rückhalt von Phosphor: - in gelöster Form (P_{gel}) enthalten vor allem in Dränwasser) - als partikulärer Phosphor (P_{part}) gebunden an organische Düngemittel	 	<ul style="list-style-type: none"> - Versickerung - Einbau in Biomasse - Auskämmen und Filtern - Sedimentation
Abbau von Stickstoffbelastungen: - von Ammonium-Stickstoff - von Nitrat-Stickstoff - von organischem Stickstoff	 	<ul style="list-style-type: none"> - Nitrifikation - Denitrifikation - Einbau in Biomasse - Abbau von organ. Substanz durch Mikroorganismen (Biofilm)
Verhinderung von Einträgen organischer Schmutzstoffe in Gewässer		- Abbau von organ. Substanz durch Mikroorganismen (Biofilm)
Wiederherstellung/Erhaltung von Niedermoorflächen als Stoffsenken und zur Retention		<ul style="list-style-type: none"> - Einbau von N, P und C in Biomasse - kontrollierte Beeinflussung des Grundwasserstandes
Verhinderung von Schadstoffeinträgen in Oberflächen- und Grundwasser aus chemischen Pflanzenbehandlungsmitteln		- Phytoremediation

Zum besseren Verständnis von Konzeption und Wirkungsweise der Maßnahmentypen werden im Folgenden die wesentlichen Prozesse genauer erläutert, die bei der Auswahl der Maßnahmentypen je nach Priorität der Ziele eine wichtige Rolle spielen.



A3.1 Wasserspeicherung mit gedrosselter Ableitung

Problemstellung/Zielsetzung

Durch Verrohrung, Begradigung bzw. Vertiefung von Fließgewässern, Dränage von Feuchtflächen, Versiegelung von sickerfähigen Flächen u. a. wird der Wasserabfluss in der Landschaft beschleunigt sowie das Wasserrückhaltevolumen verringert. Dies führt zu Problemen mit häufigeren Überschwemmungen, erhöhten Hochwasserspitzen und zu geringem Niedrigwasserabfluss. Bei Trockenzeiten kann es zu Wassermangelsituationen kommen. Die Tiefenerosion von Bächen und Gräben wird gefördert.

Die Verlangsamung des Wasserabflusses in der Landschaft ist ein wesentlicher Schritt in Richtung „Sanierung des landschaftlichen Stoffhaushaltes“ (Wasser ist Kühl-, Transport- und Lösungsmittel in der Landschaft!).

Wirkungsweise

Das Rückhaltepotential der Landschaft lässt sich verbessern durch die Renaturierung/Wiedervernässung ehemaliger Feuchtgebiete, die Schaffung neuer Rückhalteräume, die Neuanlage von Feuchtflächen („constructed wetlands“) und von Erdbecken zur Wasserspeicherung bei gedrosselter Ableitung. Während natürliche Systeme längerfristig auf den Wasserhaushalt ausgleichend wirken (durch Wasserspeicherung, Versickerung und Verdunstung), sind künstliche Rückhaltebecken ausschließlich auf die Aufnahme von Wasser bei größeren Niederschlagsereignissen ausgelegt. Durch die gezielte Schaffung von Becken mit gedrosselter Ableitung an strategisch günstigen Stellen (je nach Landschaftsstruktur und Wasserabflussverhalten) lassen sich Abflusswellen dämpfen.

Auch durch die Erhöhung der Rauigkeit auf landwirtschaftlich genutzten Flächen bzw. die Anlage von Pufferstreifen (bremsende Wirkung von rauen Boden- und Vegetationsstrukturen) kann der Abfluss verlangsamt und der Wasserrückhalt erhöht werden. Diesem Zweck dient auch die Förderung von Verkrautung und eigendynamischer Entwicklung bei Fließgewässern.

Technische Hinweise

Beim Bau von Rückhaltebecken sollten - falls möglich - vorhandene Geländemulden genutzt werden, um die Erdmassenbewegungen zu minimieren und das Landschaftsbild nicht zu beeinträchtigen. Auch die Schonung von naturschutzfachlich wertvollen Flächen bzw. Strukturen ist bei der Standortwahl zu beachten. Um den Unterhaltsaufwand so gering wie möglich zu halten, ist bei der Realisierung von Rückhaltebecken auf eine möglichst einfache und robuste Bauweise zu achten. Dämme müssen standsicher mit flachen Böschungen und ausreichend breiter Dammkrone ausgebildet werden. Bei größeren Becken sind die technischen Anforderungen gemäß DWA - M 522 zu beachten. Die Anlage von Dämmen kann auch im Rahmen des ländlichen Wegebbaus erfolgen (vgl. C 3.2). In Siedlungsbereichen ist die Unfallgefahr für spielende Kleinkinder zu prüfen (bei Bedarf Einzäunung).

A3.2 Versickerung

Problemstellung/Zielsetzung

Bei der Versickerung wird Wasser im Boden gespeichert (Dauer und Festigkeit der Bindung abhängig von der Bodenzusammensetzung) und verzögert an Pflanzen sowie an Grundwasser und Oberflächengewässer abgegeben. Die Grundwasseranreicherung stellt besonders in Wassermangelgebieten einen wichtigen Nebeneffekt neben der Dämpfung von Abflussspitzen dar. Außerdem wird beim Prozess der Versickerung Phosphor im Boden festgelegt. Gewässerein-



träge von Phosphor, der vorrangig bei Stillgewässern zu Eutrophierungsproblemen führt, lassen sich so reduzieren.

Wirkungsweise/Technische Hinweise

Voraussetzung für die Wirksamkeit der Versickerung ist ein ausreichend durchlässiger Boden (k_f -Wert zwischen 10^{-4} und 10^{-6} m/s). Soll auch eine Phosphor-Festlegung erreicht werden, sind die Phosphorbindungskapazität des Bodens sowie eine ausreichend lange Sickerstrecke entscheidend. Für größere Bauvorhaben ist eine Bodenuntersuchung empfehlenswert. Insbesondere Gley- und Pseudogley-Böden können bereits soweit mit Phosphor gesättigt sein, dass keine weitere Aufnahme von gelöstem P möglich ist. Eine Versickerung ist aber bei diesen grundwassernahen Böden sowieso nicht zielführend.

Voraussetzung für diesen Prozess ist die Anlage von Mulden bzw. Becken mit ausreichend großer Sickerkulisse, über die die oberirdisch gesammelte Wassermenge allmählich in Richtung Grund- oder Oberflächenwasser versickert.

A3.3 Auskämmen und Filtern

Problemstellung/Zielsetzung

Es soll verhindert werden, dass breitflächig abfließendes, erodiertes Bodenmaterial in Bäche oder Gräben eingeschwemmt wird.

Wirkungsweise

Durch die raue Oberfläche von - mit Grünland, Altgras und/oder Gehölzen bewachsenen - Pufferstreifen wird die Abflussgeschwindigkeit der bodennah abfließenden, dünnen Wasserschicht erheblich vermindert. Ein Teil des Wassers versickert in den Streifen. Dabei werden die Bodenkolloide an der Oberfläche ausgekämmt bzw. ausfiltriert und so zurückgehalten.

Technische Hinweise

Zur Optimierung der Wirkung ist auf einen möglichst breitflächigen Durchfluss zu achten, um Kurzschlussströmungen zu vermeiden. Bei Gehölzstreifen, vor allem bei baumbestandenen Strukturen, ist dies besonders wichtig. Die Streifen sollen deshalb eine Breite von mindestens 5 m aufweisen. Eine Ausbildung als flache Mulde erhöht die Wirksamkeit.

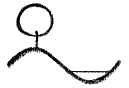
A3.4 Sedimentation

Problemstellung/Zielsetzung

Bei größeren Niederschlagsereignissen kommt es auf Ackerflächen häufig zu mehr oder weniger umfangreichen Abschwemmungen von Bodenteilchen. Es bilden sich Erosionsrinnen bzw. das Erosionsmaterial fließt über vorhandene Geländemulden ab. Deshalb ist es effektiv, im Anschluss an diese Abflussrinnen Absetzbereiche anzulegen, wo sich der Boden wieder ablagert, bevor er in Gewässer gelangen kann.

Wirkungsweise

Durch einen Einstau des mit Erosionsmaterial belasteten, abfließenden Wassers in Erdbecken werden die absetzbaren Stoffe (im Wesentlichen Bodenkolloide) gebremst und zum Absinken gebracht. Dies geschieht in Abhängigkeit von der Größe der Wasseroberfläche und der Fließ-



geschwindigkeit. Röhrichtpflanzen bzw. sonstiger Aufwuchs verbessern die Oberflächenrauigkeit, vermindern die Fließgeschwindigkeit des Wassers und erhöhen so die Sedimentationswirkung des Beckens. Die Durchwurzelung des sich absetzenden Schlammes verhindert einen erneuten Austrag des Bodenmaterials. Dabei sind überstaute Feuchtflächen (mit Hochstauden- und Röhrichtbewuchs) bzw. mit emersen Pflanzen bewachsene Teiche effektiver als Erdbecken ohne Aufwuchs.

Technische Hinweise

Der Standort für eine Sedimentationsanlage soll möglichst nahe am Ausgangspunkt der Bodenabschwemmungen gewählt werden, da hier die Bodenkolloide durch den Wassertransport noch nicht zerschlagen bzw. relativ groß sind und sich deshalb besser absetzen.

Das effektive Verhältnis von Rückhalte- zu Einzugsgebietsfläche liegt bei einem Flächenanteil von 2 % (ab dann ist mit einer Abnahme des „Wirkungsgrades“ der Anlagen zu rechnen). Die beste Absetzwirkung weisen naturnah gestaltete Feuchtflächen („constructed wetlands“) mit langgestreckten Beckenformen auf, bestehend aus einem Absetzbereich und mindestens einer überstaute Feuchtfläche. Für die Sedimentationsfunktion wichtig ist insbesondere die Größe der Wasseroberfläche, die Wassertiefe spielt eine nur geringe Rolle (Stokesches Gesetz). Bei einem Wasserstand von weniger als 50 cm weisen diese Feuchtflächen Wasserstandsschwankungen auf bzw. führen z. T. nur temporär Wasser. Sie sollten allerdings nicht über längere Zeit trocken fallen (Gefahr der Rücklösung von Phosphor). Wichtig für das Auskämmen bzw. Filtern von Erosionsmaterial ist eine dichte oberirdische Vegetation mit großer und rauer Oberfläche (vorwiegend Röhricht). Mit Zunahme des Deckungsgrades der Vegetation steigt der Wirkungsgrad (Verhinderung von Kurzschluss-Strömungen, Unterbinden der Rücklösung von abgelagertem Erosionsmaterial). Eine Mahd ist nicht notwendig.

Zur Optimierung des Absetzvorgangs in der Fläche ist es sinnvoll, die Geschwindigkeit des Wassers bereits am Einlauf so stark wie möglich zu drosseln. Zur Vermeidung von Kurzschlussströmungen, die zu einer verminderten Aufenthaltszeit bzw. höherer Fließgeschwindigkeit führen, empfiehlt es sich, lang gestreckte Sedimentationsbecken durch flache, überströmbare, bewachsene Querwälle zu teilen. Um in geneigtem Gelände Höhenunterschiede zwischen Absetzbereich und überstaute Feuchtfläche zu überbrücken, können dazwischen grasbewachsene Flächen angelegt werden, die breitflächig überströmt werden. Diese Grasfilter erhöhen die Sedimentationswirkung.

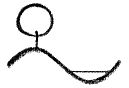
A3.5 Abbau von organischer Substanz durch Mikroorganismen (Biofilm)

Problemstellung/Zielsetzung

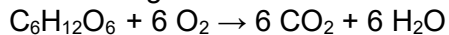
Permanent Wasser führende Gewässer (z. B. Oberläufe von Fließgewässern unterhalb von verrohrten Quellbereichen) sind häufig mit organischen Stoffen und Ammonium (NH_4^+) belastet, die u. a. aus Einleitungen von Wasser aus Siedlungen stammen. Diese Schadstoffe führen im Gewässer zur Sauerstoffzehrung.

Wirkungsweise

Bei weitgehend oxidierenden (d. h. sauerstoffgesättigten) Bedingungen - bedingt durch einen permanenten Wasserfluss - wird die darin enthaltene organische Fracht ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ als Summenformel) durch den Biofilm abgebaut. Dabei handelt es sich um eine wässrige Schleimschicht aus Lebensgemeinschaften von Algen, Bakterien, Pilzen und Protozoen, die als sessile Gesellschaften auf feste Aufwuchsflächen (hier: lebende und tote Pflanzenteile, Sohlsubstrat) angewiesen sind.



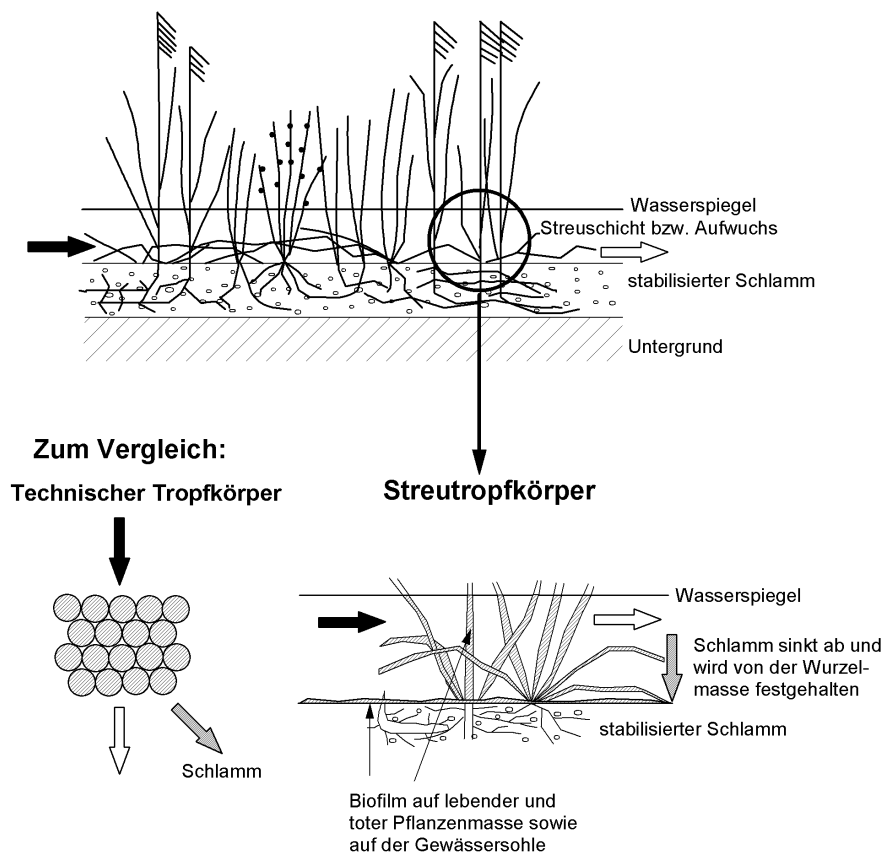
Es läuft folgender chemischer Prozess ab:



Neben dem Abbau der organischen Fracht kommt es auch zu einem Umbau von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrat (NO_3^-) (Nitrifikation, Beschreibung unter A3.6).

Im Gegensatz zu technischen Tropfkörpern, die diese Prozesse - bei hohem technischen Aufwand - zur Abwasserreinigung nutzen, handelt es sich bei der Krautschicht im Gewässer um einen sich ständig selbst erneuernden Tropfkörper mit einer sehr großen inneren Oberfläche.

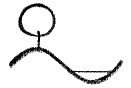
Prinzipskizze zur Wirkungsweise eines Streutropfkörpers



Technische Hinweise

Durch die Einbringung der Vegetation ist eine allmähliche Auflandung des Gewässers (Anhebung der Gewässersohle) zu erwarten. Dies ist bei der Einmündung vorhandener Leitungen und Zuläufe einzukalkulieren. Ferner ist darauf zu achten, dass es durch den etwas erhöhten Wasserstand bei Niedrig- und Mittelwasser nicht zu Konflikten mit den Anliegern kommt. Bei einem ausreichend groß dimensionierten Bachbett kann auf die Räumung der Biomasse weitgehend verzichtet werden. Dabei soll der Abfluss möglichst langsam und breitflächig erfolgen. Kurzschlüsse sind zu vermeiden.

Eine flächige Pflanzung ist nicht erforderlich. Zur Förderung der Verkrautung und zur Vermeidung von Rinnenbildung ist das Einbringen von Grassoden quer zur Fließrichtung in größeren Abständen sinnvoll, insbesondere bei größerem Gefälle der Bach-/Grabensohle. Dafür kann Pflanzenmaterial aus vorhandenen Gräben oder Böschungen verwendet werden. Die Artenzusammensetzung ist dabei sekundär.



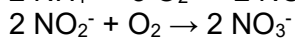
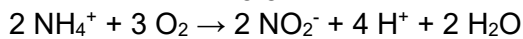
A3.6 Nitrifikation

Problemstellung/Zielsetzung

Wässer aus Siedlungsbereichen sind oft mit organischen Schutzstoffen belastet, die Stickstoff in organischen Verbindungen enthalten, die im feuchten Milieu zu Ammonium (NH_4^+) umgebaut werden. Ähnliches gilt für Gülleeinträge in Gewässer. Ammonium schädigt insbesondere die Fischfauna.

Wirkungsweise

Nitrifizierende Bakterien in feuchten und nassen Bereichen (mit aktivem Biofilm) bewirken unter sauerstoffreichen Bedingungen einen Umbau von Ammonium (NH_4^+) zu Nitrit (NO_2^-) und weiter zu Nitrat (NO_3^-). Dieser erfolgt in Zusammenhang mit dem Abbau von organischer Substanz, wie unter Punkt A3.5 beschrieben:



Technische Hinweise

Für die ausreichende Sauerstoffversorgung der Mikroorganismen ist eine große Kontaktzone zwischen Wasser und Luft notwendig. Die sessilen Nitrifikanten benötigen eine möglichst große Aufwuchsfläche (struktur- und vegetationsreiche Gewässer) bei ausreichender Wasserbewegung.

A3.7 Denitrifikation

Problemstellung/Zielsetzung

Oberflächen-, Grundwasser und Zwischenabfluss sind häufig mit hohen Mengen von Nitrat (NO_3^-) belastet, das vornehmlich aus Düngemitteln stammt. Durch Denitrifikation lässt sich die Nitratmenge reduzieren.

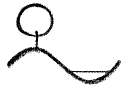
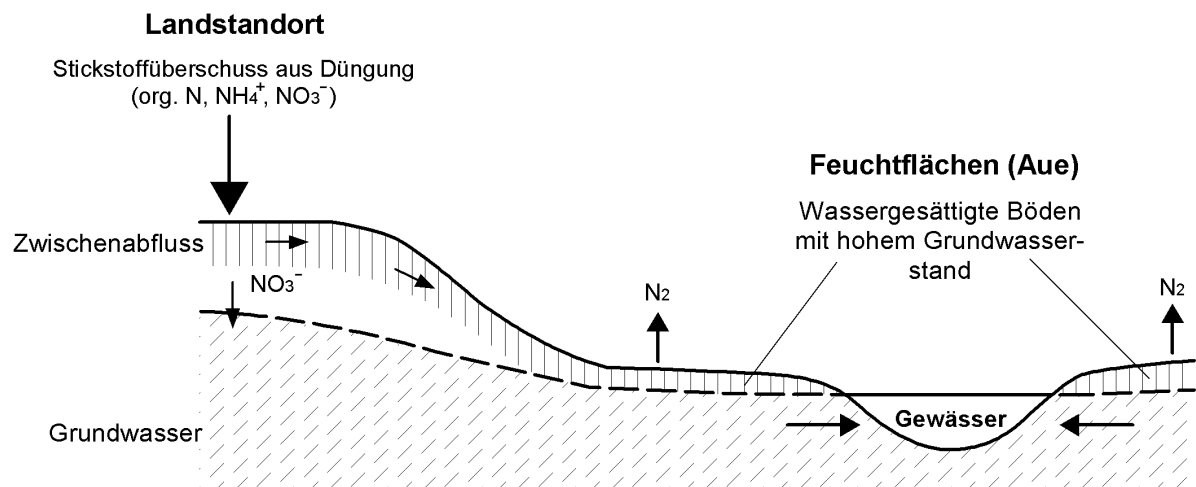
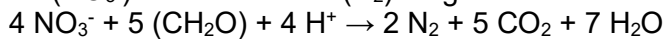


Abbildung: Stickstoffverlagerungen in der Landschaft



Wirkungsweise

Bei weitgehend reduzierenden (d. h. sauerstoffarmen) Bedingungen und dem Vorhandensein von leicht abbaubaren Kohlenstoffverbindungen (Summenformel CH₂O) wird von Bakterien Nitrat (NO₃⁻) in Luftstickstoff (N₂) umgewandelt:



Die denitrifizierenden Bakterien können sowohl im Boden unter weitgehend wassergesättigten Bedingungen (Feuchtböden) als auch an der Gewässersohle in schwach durchströmten Bereichen des Bachbettes bzw. in flach überstauten Feuchtflächen vorkommen. Die für den chemischen Prozess der Denitrifikation notwendigen organischen Kohlenstoffverbindungen stammen vorwiegend aus abgestorbener organischer Biomasse (ober- und unterirdisch) sowie aus Wurzelauausscheidungen.

Hauptsächlich finden die Denitrifikationsprozesse in der Landschaft in den Feuchtflächen statt und zwar sowohl in Bereichen mit mineralischen als auch mit organischen Böden (hier vor allem in den grundwasserabhängigen Feuchtgebieten).

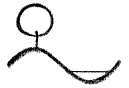
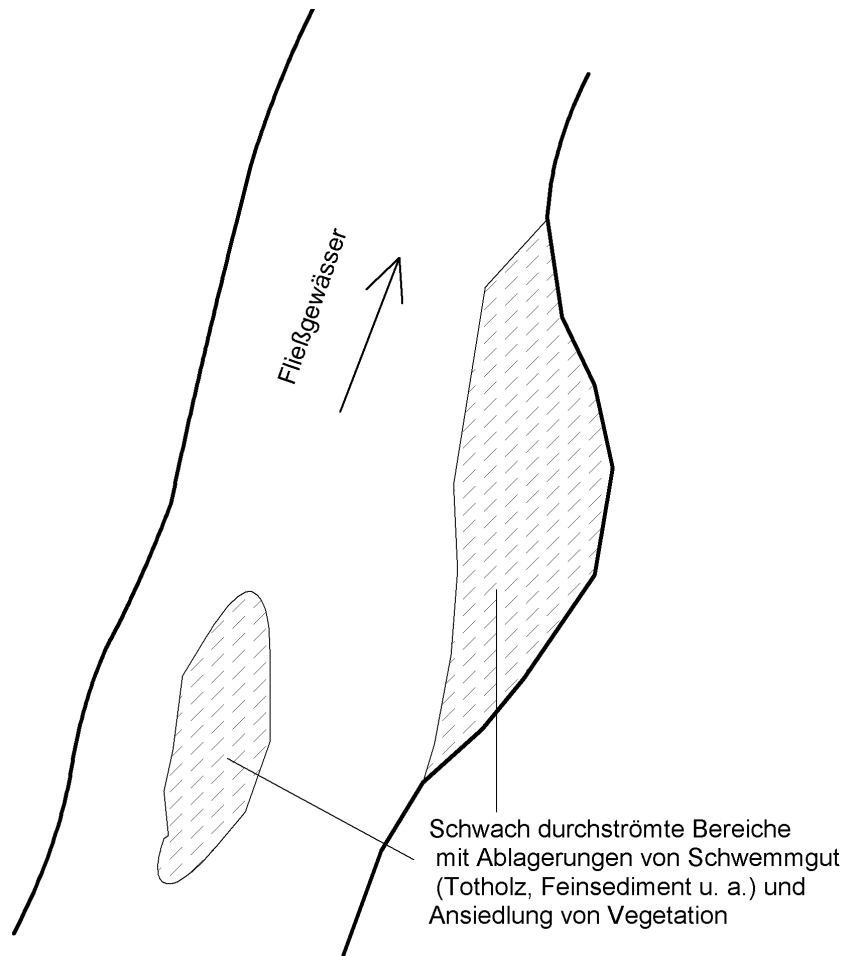


Abbildung: Orte der Denitrifikation im Gewässer



Technische Hinweise

Bei überstauten Feuchtflächen ist auf eine möglichst lange Aufenthaltszeit zu achten, um die Denitrifikation in ausreichendem Umfang im Bereich der Sohle zu gewährleisten. Da die chemischen Prozesse hier vor allem in der Kontaktzone Wasser - Boden ablaufen, ist auf einen möglichst breitflächigen Wasserfluss zu achten. Die Einstauhöhe spielt hier kaum eine Rolle. Bei Gewässern kann die Denitrifikation durch eine starke Strukturierung sowohl im Ufer- als auch im Sohlbereich sowie durch die Schaffung von schwach durchströmten Bereichen gefördert werden.



B Bestandsaufnahme und Bewertung

B1 Grundsätze

Als Planungsgebiet ist ein funktional abgegrenztes (Teil-)Einzugsgebiet festzulegen. Als Basis der Bestandsaufnahme wird das vorhandene Gewässersystem erfasst und beurteilt einschließlich der vorhandenen Feuchtflecken und grundwassernahen Böden. Auch die Information über vorhandene Probleme durch mangelnden Wasser-/Stoffrückhalt vor Ort durch Gespräche mit Betroffenen, Gemeindevertretern und Fachstellen gibt wesentliche Hinweise für die weitere Vorgehensweise.

Zur Beurteilung der Stoff-Flüsse in der Landschaft konzentriert sich die Bestandsaufnahme auf die Erfassung der Aus- bzw. Eintragspfade von Bodenmaterial, Nährstoffen aus Düngemitteln (Phosphor und Stickstoff) sowie organischen Stoffen in Gewässer.

Erfasst werden „Quellen“:

- Oberflächenwasserabfluss aus Siedlungen (Einleitungen von Wasser aus Regenwasserkanälen bzw. der Straßenentwässerung)
- flächige Ab- bzw. Einschwemmungen von Erosionsmaterial aus Ackerflächen sowie von Gülle aus Intensivgrünland
- Dränabfluss in entwässerten intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen
- entwässerte Niedermoorflächen

sowie Transportwege:

- Geländemulden im Grünland bzw. Erosionsrinnen in Ackerflächen
- Graben- und Bachsysteme einschließlich der Wegseitengräben
- Leitungsnetze für Straßen- und Oberflächenwasser bzw. Regenwasserkanälen
- Dränleitungen bzw. Dränsammler.

B2 Vorgehensweise

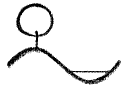
Einbeziehung vorhandener Planungsgrundlagen:

- Wasserwirtschaftliche Daten:
Gewässernetz, Lage von Hochwasserschutz- bzw. Überschwemmungsgebieten, Gewässerbeurteilungen gemäß Wasserrahmenrichtlinie (Kartendienst Gewässerbewirtschaftung des Bayerischen Landesamtes für Umwelt - www.bis.bayern.de), Aussagen des Gewässerentwicklungskonzeptes
- Naturschutzfachliche und -rechtliche Rahmenbedingungen:
Auswertung des Fachinformationssystems Naturschutz (FIS-Natur) des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (www.fisnat.bayern.de/finweb/) bezüglich der Lage von Schutzgebieten, Biotopen u. a.
- Daten zur landwirtschaftlichen Nutzung:
Karten zur Erosionsgefährdung der landwirtschaftlich genutzten Böden von der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL Agrarökologie) in Freising (Berechnung der Erosionsgefährdung mithilfe der ABAG - der allgemeinen Bodenabtragungsgleichung) sowie Karten mit der Lage von Drängebieten (Verlauf von Dränsaugern und -sammlern) und entwässerten Niedermoorflächen

Nutzung von Wissen und Erfahrungen der Bewohner vor Ort

Erhebungen im Gelände mit Bewertung von Strukturen, Prozessen und Problemen:

- Bestand an Gewässern und Feuchtflecken einschließlich vorhandener Verrohrungen: Erfassung von Lage, Qualität und Wirksamkeit hinsichtlich des Wasser-/Stoffrückhalts



- Netz aus Straßen- und Wegseitengräben, das eine wesentliche Rolle beim Stofftransport spielt: Analyse bezüglich der Wirkungen auf den Wasserabfluss in der Landschaft bzw. auf den Abtransport von Erosionsmaterial einschließlich der mitgeführten Nähr- und Schmutzstoffe bis zum nächsten Fließgewässer
- Flächen ohne Austragsrisiko (Gehölzstrukturen, Wald, extensiv genutzte Grünlandflächen)
- natürliche Puffersysteme mit abflussbremsender Wirkung (lineare und flächige Geländestructuren, naturnahe Gewässer und funktionsfähige Auen)
- abflussbeschleunigende Faktoren bzw. „Kurzschlüsse“ in der Landschaft (Geländesenken und Abflussmulden, begradigte und eingetieftete Gewässerabschnitte, entwässerte nicht mehr funktionsfähige Aueflächen, Verrohrungen u. ä.)
- Wegeflächen, die als Abflussrinnen für Niederschlagswasser dienen
- Probleme durch die Art und Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung: flächiger Bodenabtrag, flächige Einschwemmungen von Düngemitteln und Erosionsmaterial in das Netz aus Wegseiten- bzw. Straßengräben und Gewässern (diffuse Einträge), bewirtschaftungsbedingte Abfluss- bzw. Erosionsrinnen, Ableitung von belastetem Dränwasser über Drän-sammler
- Probleme mit dem Abfluss von belastetem Wasser aus Siedlungen: Einleitungen von unzureichend geklärtem Abwasser, von Wasser aus Regenentlastungen von Kläranlagen, von Wasser aus Regenwasserkanälen (bei Trennkanalisation) sowie von mit Schmutzstoffen belastetem Straßenwasser, Abfluss von Gülle oder Silosickersaft aus landwirtschaftlichen Betriebsflächen, Einschwemmungen insbesondere von Gülle in die Regenwasserkanalisation über Öffnungen in Kanaldeckeln (punktueller Einleitungen)
- Identifikation von Flächen, die als Standorte für Maßnahmen zur Problemlösung dienen können (unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher und -rechtlicher Belange sowie des vorhandenen Potentials an abflussableitenden, -bremsenden bzw. -speichernden Landschaftsstrukturen, Gewässern und Feuchtflächen mit Rückhaltefunktionen).



C Maßnahmen

Zielerreichung durch	Maßnahmentypen
1 Verhinderung von flächigen und punktuellen Stoffausträgen am Entstehungsort	1.1 Produktionstechnische Maßnahmen und Anlage von Strukturen zum Erosionsschutz auf den Wirtschaftsflächen (einschl. begrünter Abflussmulden)
	1.2 Einzelbetriebliche Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Gewässereinträgen aus Hofflächen
	1.3 Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Gewässereinträgen aus Siedlungsbereichen
2 Erhaltung und Förderung des natürlichen Potentials von Gewässern und Feuchtflächen zur Wasserspeicherung und zum Stoffrückhalt	2.1 Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung (Gewässerrenaturierung)
	2.2 Offenlegung von verrohrten Fließgewässern
	2.3 Verbreiterung von Fließgewässereinträgen (in Form von Bachdeltas)
	2.4 Aufweitung mit Verkrautung von Gräben und Quellbächen
	2.5 Wiederherstellung von ehemaligen Auen und sonstigen Feuchtflächen
3 Beeinflussung von Menge und Richtung des Wasserabflusses durch strukturelle Maßnahmen im Rahmen der Bodenordnung	3.1 Besondere Berücksichtigung von Erosionsschutz und Abflussdämpfung bei der Flureinteilung
	3.2 Abflussregulierende Maßnahmen im Rahmen des ländlichen Wegebbaus
4 Anlage von Landschaftselementen als Puffersysteme	4.1 Erdbecken zur Schaffung von Rückhaltevolumen mit Nutzung als Wiese
	4.2 Pufferstreifen zur Verhinderung von Stoffeinträgen in Gewässer
	4.3 Erd- und Steinwälle zum Wasserrückhalt, zur Abflusslenkung und zur Versickerung
	4.4 Feuchtflächen zum Rückhalt von Erosionsmaterial
	4.5 Flächen mit Hangverrieselung zum Rückhalt von Erosionsmaterial
	4.6 Feuchtflächen zum Wasserrückhalt und zur Reinigung von Wasser aus Siedlungsflächen
	4.7 Flächen mit Hangversickerung zur Festlegung von Phosphor aus Dränwasser
	4.8 Feuchtflächen zur Entfernung von Nitrat aus Dränwasser
5 Spezielle Maßnahmen für Dränleitungen	5.1 Einbau von speziellen Filtersubstraten in Dränsysteme
	5.2 Organische Dränfilter (Dränummantelung) mit kontrollierter Dränung
6 Änderung des Entwässerungsregimes bei Niedermoorflächen	6.1 Stauregulation bei Grünlandnutzung
	6.2 Grabenverkrautung bei Grünlandnutzung
	6.3 Kubaturen-Modell nach Koch
	6.4 Wiedervernässung mit Nutzungsänderung (nasse Landwirtschaft, nasse Forstwirtschaft, Flächen für Naturschutz)

Bauliche Anlagen der Wasserwirtschaft zum Wasserrückhalt bzw. zum Hochwasserschutz (z. B. befestigte Rückhaltebecken oder Flutpolder) sowie Rückhaltebecken zur Aufnahme von Niederschlagswasser aus befestigten Flächen ergänzen das obige Maßnahmenspektrum, werden an dieser Stelle aber nicht weiter vertieft.

Die Beschreibungen zu den einzelnen Maßnahmentypen im Folgenden enthalten die wesentlichen Grundsätze für die Konzeption (Prinzipskizzen). Die Entwurfsplanung muss sich an den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten und spezifischen Problemstellungen orientieren. Es sind - je nach Zielsetzung - auch Kombinationen von Maßnahmentypen möglich. Darüber hinaus ist die Förderfähigkeit der Maßnahmen zu berücksichtigen.

Aufgrund der unter Punkt B beschriebenen Aus- bzw. Eintragspfade ist die Durchführung von Maßnahmen am wirksamsten:



- in den Auslaufbereichen von Leitungen (Dränagen und Regenwasserkanälen)
- in Sammelbereichen von abfließendem Oberflächenwasser (z. B. Geländesenken)
- zwischen landwirtschaftlichen Flächen und Transportpfaden (z. B. Wegseitengräben)
- möglichst nahe an der Quelle des Austrags.

C1 Verhinderung von flächigen und punktuellen Stoffausträgen am Entstehungsort

C1.1 Produktionstechnische Maßnahmen und Anlage von Strukturen zum Erosionsschutz auf den Wirtschaftsflächen (einschl. begrünter Abflussmulden)

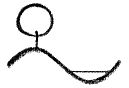
Auf Acker- und Sonderkulturflächen mit zeitweise offener Bodenoberfläche sind - je nach Hangneigung, Bodenbeschaffenheit, Flächenzuschnitt, Wirtschaftsweise und Wachstumsphase (Grad der Bodenbedeckung) - Maßnahmen gegen den Austrag von Bodenmaterial erforderlich. Es handelt sich im Wesentlichen um Änderungen der Art der Flächennutzung/-bewirtschaftung sowie um die Realisierung von flächigen und linearen Erosionsschutzmaßnahmen.

Bei Grünlandflächen steht die Gülleproblematik im Vordergrund. Zur Verminderung der Stoffverluste (durch Verfrachtungen über die Luft, oberflächige Abschwemmungen und Abtransport über Dränagen) bei der Gülleausbringung auf Wiesenflächen ist - anstatt der üblichen Verteilung über einen Prallteller - die direkte Einbringung in die Grasnarbe über Schleppschuh, -schlauch oder andere Techniken notwendig. Zum Schutz vor direkten Einträgen im Rahmen der Gülleausbringung sollte auf die Düngung der Uferstreifen beiderseits von Gräben und Bächen im Sinne einer guten fachlichen Praxis ganz verzichtet werden. Dies gilt auch für die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln.

Die Maßnahmen werden in Bayern als Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) über das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP - Ziele: Klimaschutz, Boden- und Wasserschutz, Artenvielfalt und Erhaltung der Kulturlandschaft) sowie das Vertragsnaturschutzprogramm (VNP - Ziel: Erhaltung, Entwicklung oder Verbesserung von naturschutzfachlich bedeutsamen Lebensräumen auf Acker-, Wiesen- und Weidenstandorten) gefördert (Bayer. Staatsmin. für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie Bayer. Staatsmin. für Umwelt und Verbraucherschutz: Merkblatt Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) 2015 bis 2019 - www.stmelf.bayern.de/Foerderungswegweiser). Auch im Rahmen des „Greenings“ bei der Förderung von Agrarbetrieben mit mehr als 15 ha Ackerfläche ist ein Anteil von mindestens 5 % als im Umweltinteresse genutzte Fläche (ökologische Vorrangfläche - öVF) auszuweisen (als Ackerbrache, als CC-Landschaftselement, Pufferstreifen, Agroforstfläche u. a.).

Die Art der Maßnahme ist einzelfallbezogen entsprechend der jeweiligen Standort- und Bewirtschaftungssituation zu wählen (je nach Lage, Größe, Bewirtschaftung, Topografie der Flächen):

- Änderung der Fruchtfolge/Zwischenfruchtanbau mit Winterbegrünung, Mulchsaat
- Lockerungsmaßnahmen bei infiltrationshemmenden Bodenverdichtungen
- Konservierende Bodenbearbeitung und Direktsaat bei Reihenkulturen
- Änderung der Bewirtschaftungsrichtung (höhenlinienparallele Bewirtschaftung)
- Verkürzung der Hanglängen durch die Änderung des Grundstückszuschnittes mit Anlage von Rand- und Saumstrukturen quer zum Hang (einjährige oder mehrjährige/dauerhafte Steifen)
- Änderung der Wirtschaftsweise: nachhaltige Humuswirtschaft, pfluglose Bewirtschaftung, Umsteigen auf eine Bewirtschaftung nach den Regeln des ökologischen Landbaus im Gesamtbetrieb
- Neuanlage von erosionsmindernden linearen und flächigen Gelände- bzw. Vegetationsstrukturen wie Hecken, Feldgehölzen, Feuchtgebüschchen, Feuchtgebieten, Baumreihen, Feldrai-



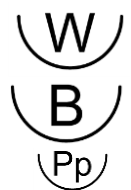
nen, Wiesenstreifen etc. auf landwirtschaftlichen Nutzflächen (als einzelflächenbezogene Pufferstreifen)

- Flächenstilllegung oder Umwandlung von Acker in Dauergrünland bzw. Aufforstung oder Anlage von Kurzumtriebsplantagen (KUP) in Risikobereichen, z. B. Anlage von begrünten Abflussmulden zur Dauerbegrünung von Hangmulden bzw. Geländerrinnen.

Anlage von begrünten Abflussmulden in natürlichen Geländesenken durch Nutzungsänderung

Wirkungsweise/Prozesse

- Abflussverzögerung durch erhöhte Rauigkeit und breitflächigen Abfluss
- Verhinderung der Bildung von Abflussrinnen bzw. von Rinnenerosion
- Sedimentation von Erosionsmaterial durch Auskämmen von Bodenpartikeln durch die Oberfläche der Vegetation einschließlich Festlegung des abgelagerten Bodens durch Pflanzenwurzeln
- Erhöhung der Versickerungsrate und damit verbesserte Grundwasseranreicherung



Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

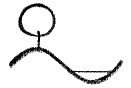
- Geländebedingte Erosionsrinnen, über die Bodenmaterial aus intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen in ein Gewässer eingetragen wird

Ausführung

- Ansaat eines Wiesenstreifens oder Anpflanzung einer KUP (Kurzumtriebsplantage) in einer Geländemulde
- Breite je nach Größe des Einzugsgebiets bzw. der bekannten Abflussmengen
- Sicherstellung eines möglichst breitflächigen Abflusses

Prinzipskizze





C1.2 Einzelbetriebliche Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Einträgen aus Hofflächen

Mist- bzw. Silosickersäfte gelangen bei unzureichender Absicherung von Lagerflächen in Gewässer. Dies muss durch entsprechende Auffangvorrichtungen verhindert werden.

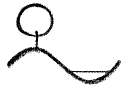
Über Schächte mit Lüftungsöffnungen gelangt - insbesondere bei breitflächiger Düngerausbringung - stark verschmutztes Wasser in die Kanalisation und damit in den Vorfluter. Eine Abdeckung ohne Öffnungen kann dies verhindern.

C1.3 Maßnahmen zur Verhinderung von punktuellen Einträgen aus Siedlungsbe-reichen

Belastete Abflüsse aus Streusiedlungen, Kläranlagenabläufe (bei unzureichender Reinigungsleistung), über Regenentlastungen abgeleitetes Schmutzwasser aus Kläranlagen sowie Wasser aus der Regenwasserkanalisation führen eine mehr oder weniger große Schmutzfracht mit. Neben der Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Einträge von Phosphor, Stickstoff und organischen Stoffen kommt es durch die stoßweise Einleitung von größeren Wassermengen (bei Starkregen und Tauwetter) auch zu einer hydraulischen Gewässerbelastung.

Geeignete Maßnahmen dagegen sind:

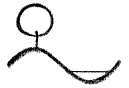
- Trennung von Regenwasser- und Schmutzwasserableitung, soweit irgendwie möglich
- Verbesserung der Reinigungsleistung von Kläranlagen, Verhinderung des häufigen Anspringens der Regenentlastungen durch Überprüfung der Einleitungen in die Kanalisation (u. a. Beseitigung von Fehlan schlüssen von Quelfassungen, Dränagen)
- Schaffung von Rückhaltevolumen mit Absetzwirkung
- Anlage von Feuchtf lächen („constructed wetlands“) zum Wasserrückhalt und zur Wasserreinigung (vgl. C 4.6)
- Aufweitung und Verkräutung von Gräben und Quellbächen zur Verbesserung der Selbstreinigungskraft dieser kleinen Fließgewässer, über die die Schmutzstoffe weitertransportiert werden (vgl. C 2.4).



C2 Erhaltung und Förderung des natürlichen Potentials von Gewässern und Feuchtflächen zur Wasserspeicherung und zum Stoffrückhalt

C2.1 Maßnahmen zur Förderung der eigendynamischen Gewässerentwicklung (Gewässerrenaturierung)

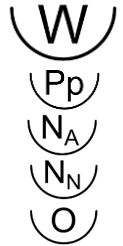
Wirkungsweise/Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> • Abflussverzögerung durch Laufverlängerung und erhöhte Rauigkeit • Erhöhung der Niedrigwasserführung durch Vergleichmäßigung des Wasserabflusses • Erhöhung der Selbstreinigungskraft des Gewässers (u. a. verbesserte Denitrifikation) durch die Abflussverzögerung, die Vergrößerung der Aufwuchsfläche für Bakterien (Tropfkörpereffekt) sowie die Vergrößerung der Wasser-Luft-Kontaktzone 	
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • Begradigte Graben-/Bachabschnitte • Vorhandensein von ausreichend breiten Gewässerrandstreifen, die Initialmaßnahmen für eine eigendynamische Gewässerentwicklung ermöglichen 	
Ausführung	<ul style="list-style-type: none"> • Sohlanhebung und -verbreiterung bei Tiefenerosion • Verlängerung der Fließlänge • Schaffung eines strukturreichen Betts mit differenzierten Böschungsneigungen • Zulassen von Seitenerosion, Verkrautung und Gehölzsukzession • Anbindung bzw. Schaffung einer Aue als Überflutungsraum • Rückverlegung von Gewässerabschnitten in die Talsohle 	



C2.2 Offenlegung von verrohrten Fließgewässern

Wirkungsweise/Prozesse

- Abflussverzögerung durch Laufverlängerung und erhöhte Rauigkeit
- Erhöhung der Niedrigwasserführung durch Vergleichmäßigung des Wasserabflusses
- Erhöhung der Selbstreinigungskraft des Gewässers (u. a. verbesserte Denitrifikation) bedingt durch die Abflussverzögerung, die Vergrößerung der Aufwuchsfläche für Bakterien (Tropfkörperereffekt) sowie die Vergrößerung der Wasser-Luft-Kontaktzone



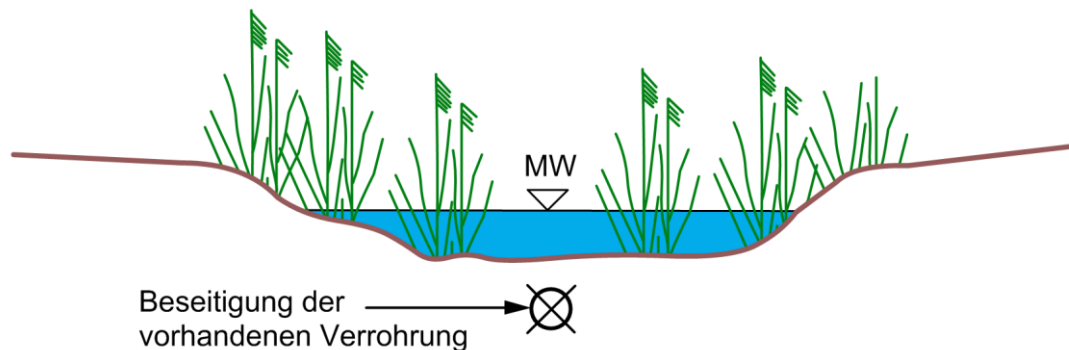
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

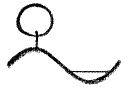
- Verrohrte Quellbachabschnitte
- Ausreichend breite Grundstücksstreifen

Ausführung

- Abtrag des Bodens über der vorhandenen Rohrleitung
- Herstellung eines naturnahen, strukturreichen Betts mit differenzierten Böschungsneigungen
- Zulassen einer eigendynamischen Entwicklung mit Verkrautung
- Anbindung bzw. Schaffung einer Aue als Überflutungsraum

Prinzipiskizze

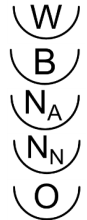




C2.3 Verbreiterung von Fließgewässereinmündungen (in Form von Bachdeltas)

Wirkungsweise/Prozesse

- Sedimentation des mitgeführten Erosionsmaterials infolge verringerter Fließgeschwindigkeit und erhöhter Rauigkeit (Ausbildung eines „Schwemmkegels“)
- Erhöhung der Selbstreinigungskraft des Gewässers (u. a. verbesserte Denitrifikation) bedingt durch die Abflussverzögerung, die Vergrößerung der Aufwuchsfläche für Bakterien (Tropfkörperereffekt) sowie die Vergrößerung der Wasser-Luft-Kontaktzone



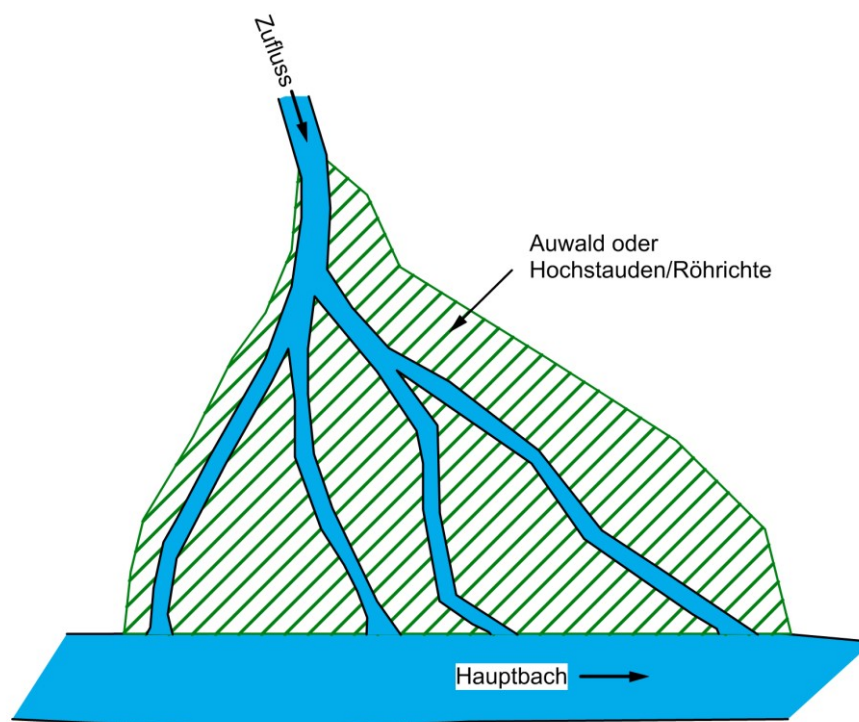
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

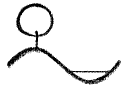
- Mündungsgebiete von Bächen mit geringem Gefälle, so dass ein Rückstau vom Hauptbach zum einmündenden Nebenbach bei Hochwasser möglich ist
- Ausreichend große zusammenhängende Flächen (keine Beeinträchtigung von bewirtschafteten Nachbargrundstücken durch Vernässung)

Ausführung

- Aufhöhung der Bachsohle im Einmündungsbereich mit Hilfe von ingenieurbioologischen Verfahren (z. B. Einbau von Sohlgurten)
- Aufweitung des Bachprofils
- Zulassen der Eigendynamik zur Förderung des Aufspaltens des einmündenden Baches in mehrere Arme
- Zulassen der Gewässerverkrautung sowie der Entwicklung von Röhricht-/Hochstaudenbeständen und eines Auwaldes

Prinzipiskizze

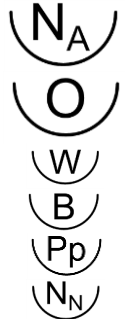




C2.4 Aufweitung mit Verkrautung von Gräben und Quellbächen

Wirkungsweise/Prozesse

- Abflussverzögerung durch erhöhte Rauigkeit und breitflächigen Abfluss
- Verbesserung der Wasserrückhaltung (Dämpfung der Abflussspitzen, Stabilisierung des Niedrigwasserabflusses)
- Verbesserung der Sedimentation von Erosionsmaterial (Auskämmen von Feinmaterial durch die Verkrautung bei verzögertem Abfluss, Verhinderung des Weitertransports durch die Durchwurzelung)
- Erhöhung der Selbstreinigungskraft des Gewässers (u. a. verbesserte Denitrifikation) durch die Abflussverzögerung und die Vergrößerung der Aufwuchsfläche für die Bakterien des Biofilms sowie der Wasser-Luft-Kontaktzone (Tropfkörperereffekt)
- Rückhalt von insbesondere partikulärem Phosphor
- Möglichkeit der Behandlung von Grabenwasser, das durch die Einleitung von Dränwasser, das Eisen und löslichen Phosphor enthält, belastet ist (Bildung von Eisenkomplexen durch Oxidation, in die auch Phosphorverbindungen eingebunden werden)



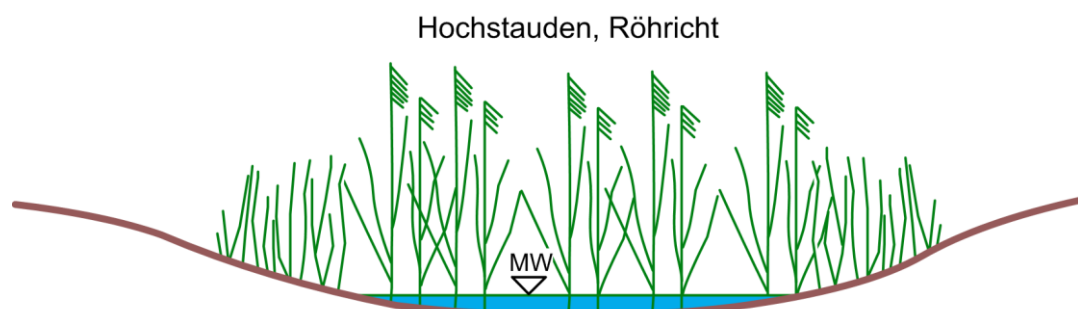
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

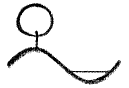
- Begradigte Quellbäche und Gräben mit Einträgen von Erosionsmaterial innerhalb intensiv landwirtschaftlich genutzter Gebiete
- Gräben, in die verschmutztes Oberflächenwasser aus Siedlungsbereichen eingeleitet wird

Ausführung

- Verbreiterung des Bach- bzw. Grabenprofils (möglichst geringe Wassertiefe, möglichst gleichmäßiger verlangsamer Abfluss, Vermeidung von Kurzschluss-Strömungen)
- Förderung der Vollverkrautung der Sohle
- Keine Mahd, Gehölzsukzession teilweise möglich

Prinzipiskizze

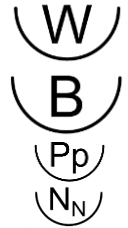




C2.5 Wiederherstellung von ehemaligen Auen und sonstigen Feuchtfleichen

Wirkungsweise/Prozesse

- Verbesserung der Wasserspeicherung, Förderung der Versickerung
- Abflussdämpfung auch bei kleinen Hochwässern durch frühe Ausuferung
- Sedimentation von Erosionsmaterial einschließlich des mitgeführten partikulären Phosphors (Auskämmen von Feinmaterial durch die Verkrautung bei verzögertem Abfluss)
- Abbau von Stickstoffbelastungen durch Denitrifikation
- Stärkung der Selbstreinigungskraft des Gewässers



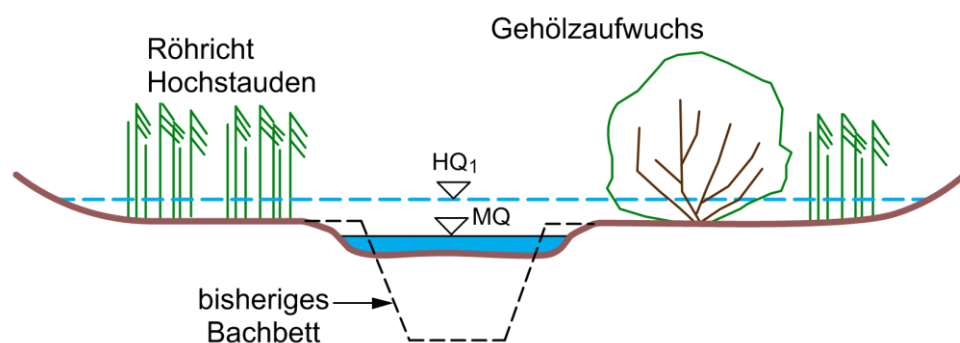
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

- Ehemalige bzw. entwässerte Auen- und sonstige Feuchtgebiete
- Ausreichend große zusammenhängende Flächen (keine Beeinträchtigung von bewirtschafteten Nachbargrundstücken durch Vernässung)

Ausführung

- Ausweisung von Überflutungsräumen mit extensiver Nutzung
- Sicherung ausreichend großer Entwicklungsflächen für Vegetationsstrukturen mit relativ großer Oberflächenrauigkeit (Wald/Gehölz, Röhricht/Hochstauden, Wiese, Brache)
- Anhebung des Grundwasserstandes zur Wiedervernässung (Verfüllung von Entwässerungsgräben, Zurücksetzen bzw. Abbau von Dränagen)
- Aufhöhung der Sohle vorhandener Fließgewässer mit Hilfe von ingenieurbio-logischen Verfahren (z. B. durch den Einbau von Sohlgurten) so weit, dass die angrenzende Aue pro Jahr mehrmals überflutet wird und eine breite Feuchtzone entsteht (Zulassen einer eigendynamischen Entwicklung von Gewässer und angrenzender Aue)
- Initialbepflanzung/-ansaat mit anschließender Sukzession

Prinzipskizze





C3 Beeinflussung von Menge und Richtung des Wasserabflusses durch strukturelle Maßnahmen im Rahmen der Bodenordnung

C3.1 Besondere Berücksichtigung von Erosionsschutz und Abflusssdämpfung bei der Flureinteilung

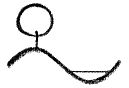
Im Rahmen der Bodenordnung kann der Wasser-/Stoffrückhalt in der Landschaft durch folgende Maßnahmen gefördert werden:

- Schaffung von geeigneten Rahmenbedingungen für die Durchführung von linearen und flächigen Erosionsschutzmaßnahmen auf den Wirtschaftsflächen in Kombination mit produktionstechnischen Maßnahmen (vgl. Punkt C1.1)
- besondere Berücksichtigung des Abflussgeschehens bzw. der Topografie bei der Flureinteilung
- gezielte Bereitstellung von Flächen für Landschaftselemente, die als Pufferstrukturen dienen sowie abflusssbremsende, wasserspeichernde und -reinigende Wirkung haben
- Sicherung und Stabilisierung vorhandener naturnaher Gewässer und Feuchtgebiete
- Ausweisung von ausreichend breiten Gewässerrandstreifen, um genügend Raum für eine eigendynamische Gewässerentwicklung zu schaffen und Einträge zu verhindern/vermindern
- Entwicklung neuer bzw. Reaktivierung vorhandener Feuchtflächen durch eine Zusammenlegung von Flächen bis zu einer ausreichenden Größe, die die Durchführung von Maßnahmen ermöglicht, ohne angrenzende Landnutzer zu beeinträchtigen
- Konzeption eines entsprechenden ländlichen Wegenetzes (vgl. C3.2)

C3.2 Abflussregulierende Maßnahmen im Rahmen des ländlichen Wegebaus

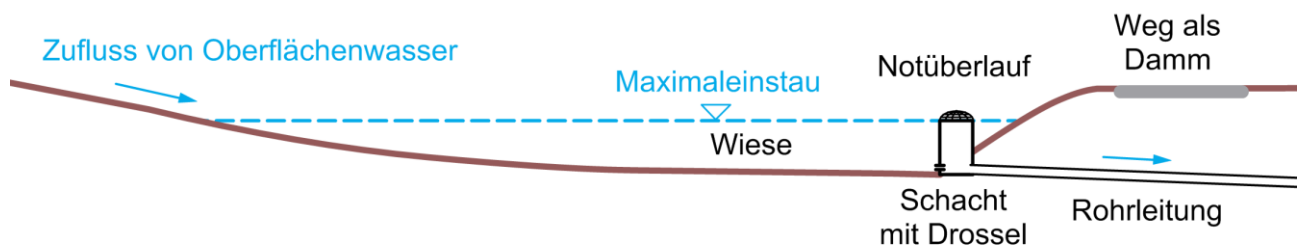
Zusammenstellung der wichtigsten Kriterien für die Anlage neuer Wege unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf das Abflussgeschehen:

- Straßen- bzw. Wegseitengräben spielen eine wichtige Rolle bei der Ableitung von Niederschlagswasser (Transport von Erosionsmaterial einschließlich mitgeführter Nähr- und Schmutzstoffe). Grundsätzlich gilt, dass nur so wenige Wegseitengräben wie unbedingt nötig entstehen sollten. Ist ein Graben erforderlich, so sollte bereits bei der Trassierung darauf geachtet werden, dass der Weg möglichst nicht an der tiefsten Stelle im Tal verläuft, da in diesem Fall keine Rückhaltung des Niederschlagswassers und somit des abgeschwemmten Erdmaterials vor Ort erfolgen kann.
- Eine Beschleunigung des Wasserabflusses bzw. die Ansammlung von größeren Wassermengen mit hohen Abflussgeschwindigkeiten können vermieden werden durch die Ableitung des abfließenden Grabenwassers in ausreichenden Abständen - gegebenenfalls über Rohrleitungen unter dem Weg hindurch - in Sicker- bzw. Rückhaltegräben oder verkrautete Abflussmulden bis zum nächsten Fließgewässer.
- Bei Wegen, die in Quellbäche entwässern, ist auf eine ausreichende Pufferung von Stoßbelastungen und Bodeneinschwemmungen zu achten (z. B. durch die Anlage von Sickermulden), vor allem wegen der besonderen ökologischen Empfindlichkeit dieser kleinen Fließgewässer.
- Grabenentwässerungen dürfen nicht an die Mischentwässerungskanalisation angeschlossen werden.
- Bei vorhandenen Wegen, die bei Niederschlagsereignissen als Abflussrinnen dienen, ist es sinnvoll - bei geeignetem Gelände - die Wegetrassen so aufzufüllen, dass ein Dachprofil mit

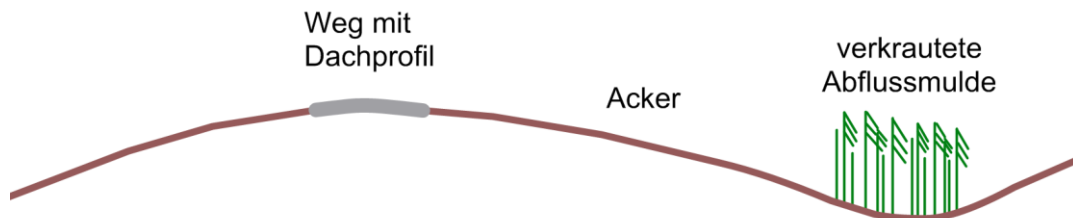


Entwässerung nach beiden Seiten entsteht. Dies darf aber nicht zu einer seitlichen Rinnenerosion führen. Alternativ lässt sich die - als Rinne dienende - Trasse gezielt auf Teilstrecken zur Wasserableitung nutzen, um Rinnenerosion auf den angrenzenden Ackerflächen zu vermeiden, und zwar so weit, bis das abfließende Wasser in geeignete Abflussmulden Richtung Fließgewässer umgeleitet werden kann.

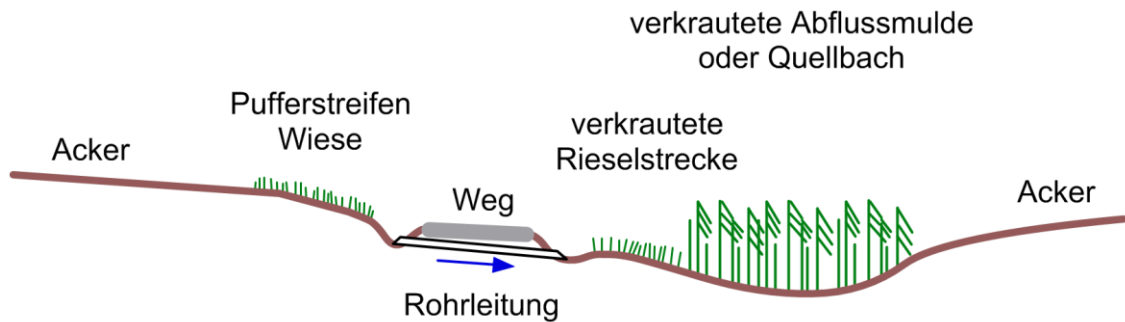
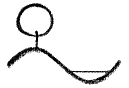
- Zur gedrosselten Ableitung von Niederschlagswasser können Rückhaltemulden durch die Anlage von Wegedämmen hergestellt werden (auch durch nachträgliche Aufhöhung vorhandener Wegetrassen). Der Einstau geschieht nur bei Starkregen während eines relativ kurzen Zeitraums. Der Rückhalteraum kann als Wiese genutzt werden. Über einen Schacht mit Drosselöffnung fließt das Wasser allmählich ab. Dieser Schacht dient auch als Notüberlauf und wird mit einem Einlaufkorb abgedeckt.



- Bei **flach geneigtem** Gelände kann der **Weg oben an der Geländekuppe** verlaufen. Dies erübrigt die Anlage von Seitengräben. In der Talsenke ist die Anlage einer verkrauteten Abflussmulde möglich.



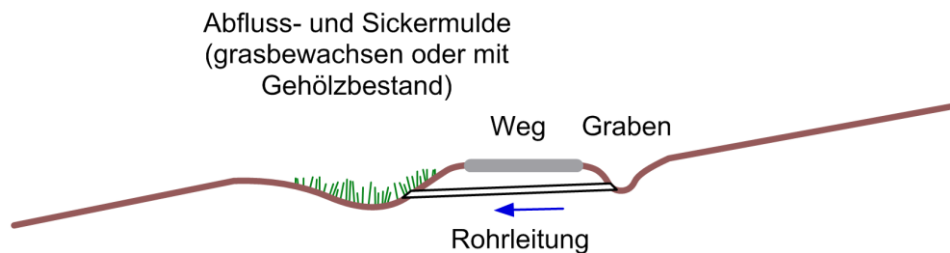
- Falls die **Wegetrasse talnah** verlaufen muss, empfiehlt es sich, neben dem hangseitig notwendigen Graben auf der Talseite einen weiteren Graben anzulegen. In ausreichenden Abständen wird das Wasser über Rohrleitungen vom hangseitigen Graben unter der Wegefläche hindurch zum talseitigen Graben abgeleitet. Von diesem aus wird das Wasser über eine Rieselstrecke verteilt und fließt weiter in Richtung einer verkrauteten Abflussmulde oder eines vorhandenen Quellbachs. Zum Erhalt der Funktionsfähigkeit des hangseitigen Grabens ist die Anlage eines grabenparallelen Pufferstreifens sinnvoll. Dies erleichtert auch den Unterhalt des Straßengrabens.



- Bei **Wegetrassen in Hanglagen** sind folgende Varianten möglich:

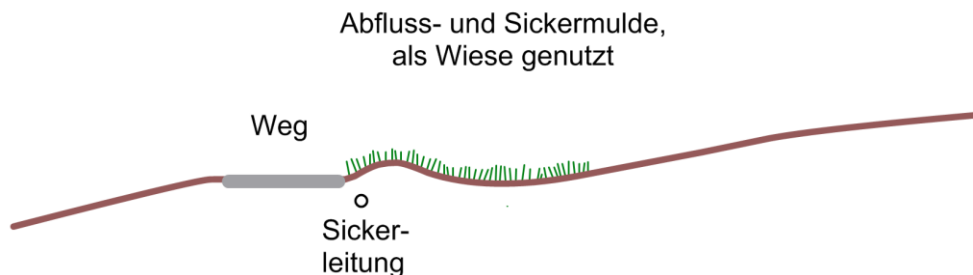
Variante A:

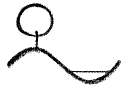
Das Wasser aus dem hangseitigen Entwässerungsgraben wird über eine Rohrleitung unter dem Weg hindurch in eine Sickermulde (ohne landwirtschaftliche Nutzung) eingeleitet.



Variante B:

Diese Variante ist weniger flächenintensiv, setzt aber sickerfähigen Boden voraus. Anstelle des Grabens wird eine Sickerleitung verlegt, die der Entwässerung der oberhalb liegenden Sickermulde dient, zur Vermeidung der Vernässung des Wegunterbaus. In Wassermangelgebieten hat diese Lösung den Vorteil, dass in der Mulde insbesondere die Frühjahrsfeuchte im Boden gespeichert wird. Sie kann landwirtschaftlich als Wiese genutzt werden.





C4 Anlage von Landschaftselementen als Puffersysteme zum Wasser- und Stoffrückhalt

C4.1 Erdbecken zur Schaffung von Rückhaltevolumen mit Nutzung als Wiese

Wirkungsweise/Prozesse

- Abflussverzögerung durch die Schaffung von Rückhaltevolumen und Sickerfläche
- Verhinderung von Tiefenerosion bei Fließgewässern durch die Pufferung des Wasserabflusses
- Bei der Variante mit Sickerleitung: Rückhalt von Phosphor; Flächenfilter an der Bodenoberfläche (Rückhalt von partikulärem P aus belastetem Oberflächenwasser) und Raumfilter zwischen Flächenfilter und Sickerleitung (chemische Bindung im Boden von gelöstem P bei vertikaler Bodenfiltration)



Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

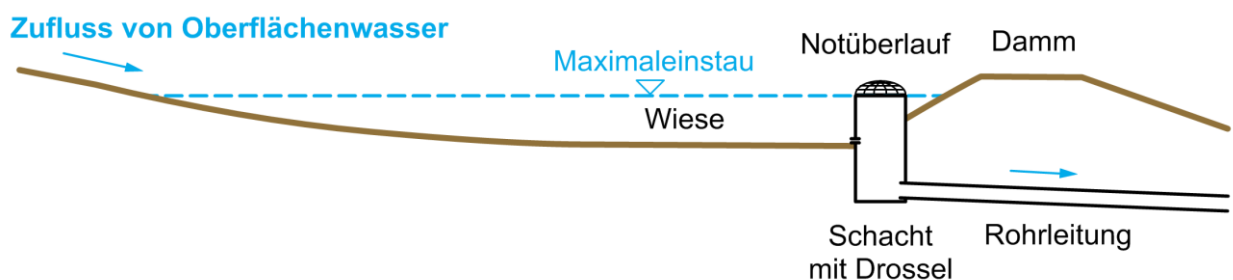
- Geeignete topografische und geologische Verhältnisse zur Anlage von Becken
- Boden mit ausreichender Sickerfähigkeit

Ausführung: Varianten mit und ohne Sickerleitung

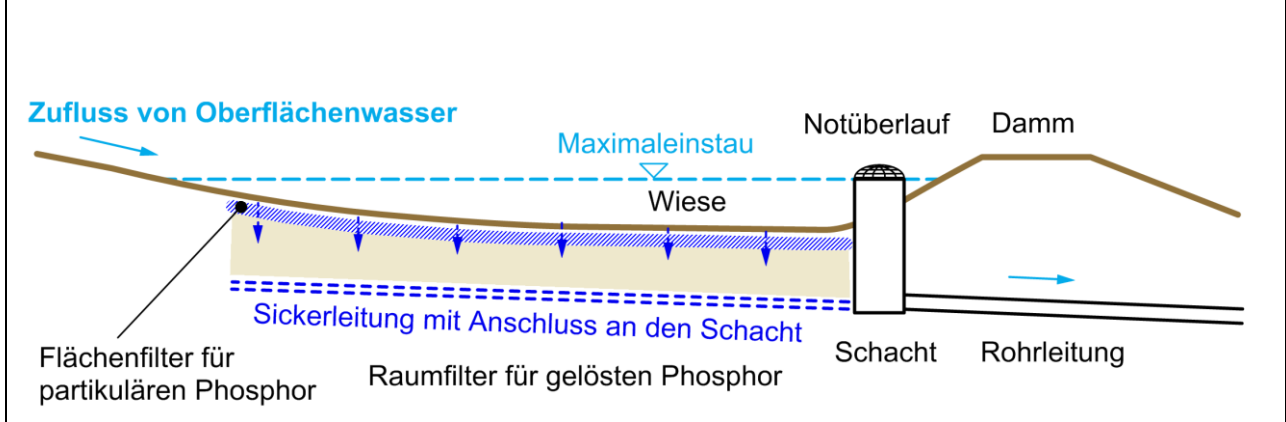
- Nutzung einer vorhandenen Geländemulde als Rückhalteraum (Anstau durch einen niedrigen Erddamm, Becken mit flachen Böschungen).
- Zufluss von Oberflächenwasser flächig, über Geländemulden, offene Gräben oder Rohrleitungen
- Keine Bodenverdichtung durch Baumaschinen, um die Sickerfähigkeit des Bodens nicht zu beeinträchtigen
- Unterirdische Ableitung über eine Sickerleitung, falls die Festlegung von gelöstem Phosphor im Boden erreicht werden soll
- Gedrosselter Ablauf über einen Schacht sowie Versickerung zur Beckenentleerung (periodischer Einstau)
- Schachtabdeckung mit Einlaufkorb als Notüberlauf
- Ansaat mit Grasmischung, Nutzung des leeren Beckens als Wiese

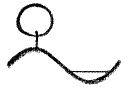
Prinzipiskizze

Variante ohne Sickerleitung (Wasserrückhalt)



Variante mit Sickerleitung (zusätzlich: Entfernung von Phosphor aus dem Zufluss)

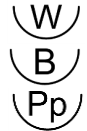




C4.2 Pufferstreifen zur Verhinderung von Stoffeinträgen in Gewässer

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

- Fließgewässer (Gräben und Bäche), in die Bodenmaterial einschließlich der mitgeführten Nährstoffe (N, partikulärer Phosphor u. a.) flächig eingetragen wird
- Wegseitengräben mit flächigen Einträgen, in denen eingeschwemmtes Bodenmaterial bis zum nächsten Fließgewässer weitertransportiert wird



Wirkungsweise/Prozesse

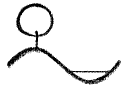
- Abflussverzögerung und Erhöhung der Versickerungsrate, damit Verbesserung der Grundwasseranreicherung
- Verhinderung von Einträgen in Gewässer durch die Sedimentation von Erosionsmaterial
- Schaffung eines Streifens, von dem keine Stoffausträge ausgehen
- Verringerung des Erosionsrisikos bei Hochwasser durch eine geschlossene Vegetationsdecke

Ausführung

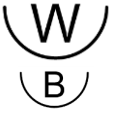
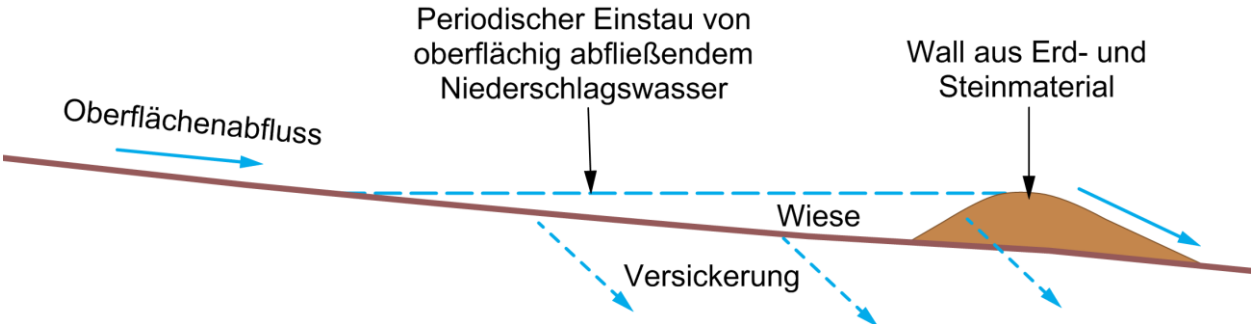
- Mindestbreite von 5 m mit permanenter Vegetationsdecke, ohne Düngung (am wirksamsten sind nicht genutzte Hochstaudenfluren/Röhrichtbestände mit oder ohne Gehölzsukzession)
- Je rauer die Oberfläche des Pufferstreifens, umso größer seine Wirksamkeit
- Ausbildung als flache Mulde, um die Wirksamkeit zu erhöhen
- Verhinderung der Bildung von Abflussrinnen

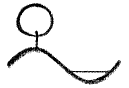
Prinzipskizze





C4.3 Erd- und Steinwälle zum Wasserrückhalt, zur Abflusslenkung und zur Versickerung

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen	
<ul style="list-style-type: none">• Natürliche Geländemulden bzw. Schluchten mit sickerfähigem Untergrund• Insbesondere zum Schutz von Dolinen vor Einträgen	
Wirkungsweise/Prozesse	
<ul style="list-style-type: none">• Abbremsung des Oberflächenabflusses• Wasserrückhaltung mit Versickerung• Sedimentation von mitgeführten Stoffen	
Ausführung	
<ul style="list-style-type: none">• Aufschüttung von Erd- und Steinmaterial• Nutzung der Fläche als Wiese	
Prinzipiskizze	
	



C4.4 Feuchflächen zum Rückhalt von Erosionsmaterial

Wirkungsweise/Prozesse

- Sedimentation von Erosionsmaterial durch Abflussbremsung
- Dezentraler Wasserrückhalt: verzögerter Wasserabfluss bei Starkregen, Vergleichmäßigung des Wasserabflusses
- Auskämmen/Filtrieren von Bodenpartikeln einschließlich der mitgeführten Nährstoffe (N, partikulärer Phosphor u. a.)
- Das Röhricht dient dazu, das abgelagerte Material durch die Wurzeln und die Streu zu fixieren bzw. einen Wiederaustrag zu vermeiden.



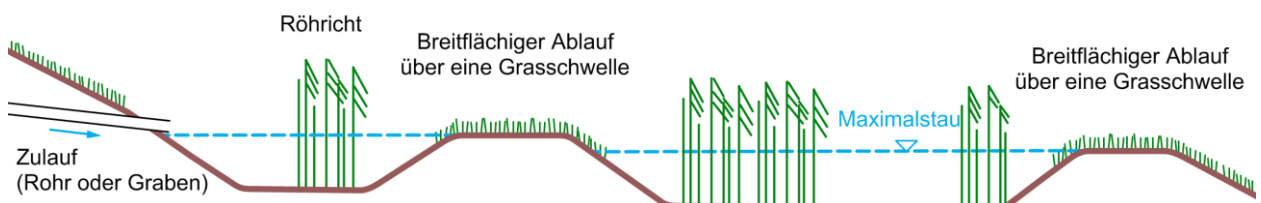
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

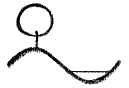
- Zur Behandlung von periodisch zufließendem Oberflächenwasser, das stark mit Erosionsmaterial aus Ackerflächen belastet ist (über Rohrleitungen, Geländemulden, Gräben u. a.)

Ausführung

- Gestaltung als Feuchfläche mit Röhricht und Hochstauden, die die Oberflächenrauigkeit erhöhen, die Sedimentation verbessern und das Sediment durchwurzeln
- Anlage von mindestens 2 hintereinander geschalteten Becken zur Bremsung und Vergleichmäßigung des Wasserabflusses (möglichst breitflächige Durchströmung, Vermeidung von Kurzschlüssen)
- Ausbildung von ebenen, breiten, grasbewachsenen Überlaufschwellen

Prinzipskizze





C4.5 Flächen mit Hangverrieselung zum Rückhalt von Erosionsmaterial

Wirkungsweise/Prozesse

- Absetzen und Auskämmen von Bodenteilchen einschließlich des partikulär gebundenen Phosphors und des organische gebundenen Stickstoffs als Hauptmechanismus
- Eine Versickerung spielt wegen des hohen Grundwasserstandes keine Rolle (kein Dauerstau auf der Verrieselungsfläche)



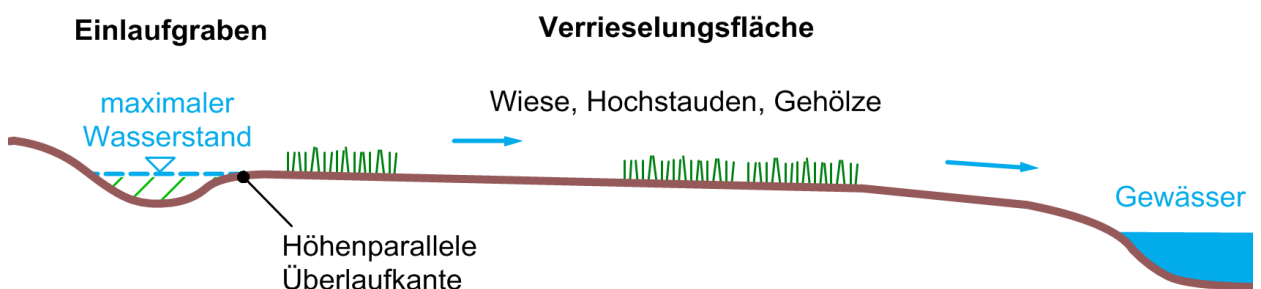
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

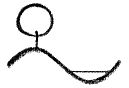
- Bevorzugt zur Behandlung von belastetem Oberflächen- bzw. Grabenwasser an einem sehr flach geneigten Hang zwischen Einlaufgraben und Gewässer bei hohem Grundwasserstand
- Gleichmäßig leicht geneigtes Gelände zwischen Einlaufgraben und tiefer liegendem Gewässer
- Ausreichende Fließlänge bis zum Gewässer

Ausführung

- Höhenlinienparallel wird ein breiter Einlaufgraben angelegt, in den bei größeren Niederschlagsereignissen Wasser eingeleitet und gleichmäßig über die Verrieselungsfläche verteilt wird
- Dieser Verteilergraben dient einerseits als Stauraum (Rückhaltemulde) bei größeren Niederschlagsereignissen, andererseits als Einlaufkulisserie für die Hangverrieselungsfläche, die als Wiese genutzt werden kann (auch Hochstauden- oder Gehölzaufwuchs möglich).

Prinzipskizze

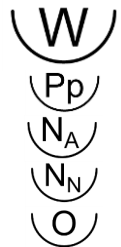




C4.6 Feuchtflächen zum Wasserrückhalt und zur Reinigung von Wasser aus Siedlungsflächen

Wirkungsweise/Prozesse

- Dezentraler Wasserrückhalt: verzögerter Wasserabfluss bei Starkregen, Vergleichmäßigung des Wasserabflusses
- Auskämmen/Filtrieren von Schwebstoffen einschließlich der mitgeführten Nährstoffe (N, partikulärer Phosphor u. a.)
- Reinigung des Wassers (u. a. verbesserte Denitrifikation) durch die Vergrößerung der Aufwuchsfläche für die Bakterien des Biofilms sowie der Wasser-Luft-Kontaktzone (Tropfkörpereffekt) bei Trockenwetterabfluss
- Das Röhricht dient dazu, das abgelagerte Material durch die Wurzeln und die Streu zu fixieren bzw. einen Wiederaustrag zu vermeiden.



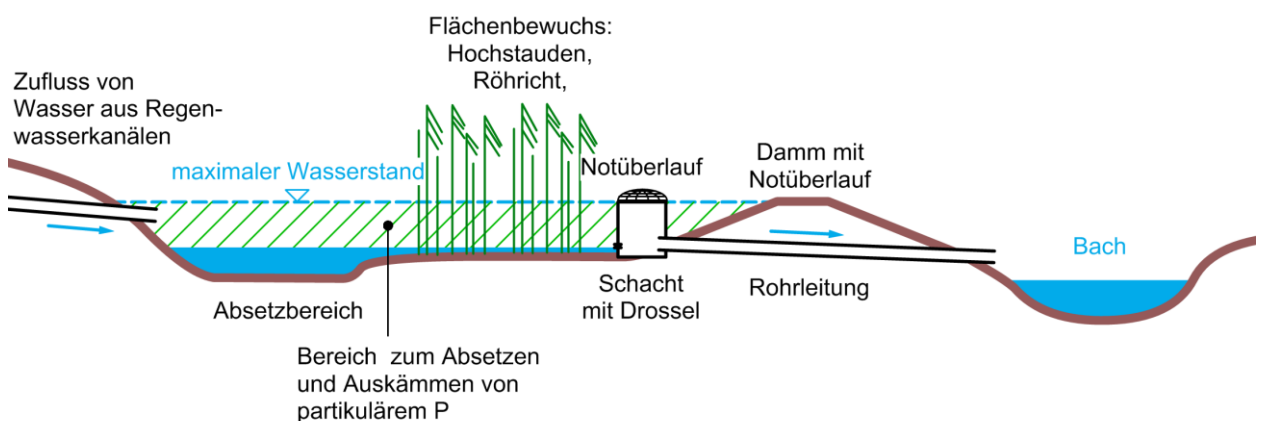
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

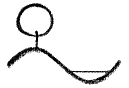
- Zur Behandlung von Oberflächenwasser aus Siedlungen bei nur geringem Gefälle und relativ hohem Grundwasserstand
- Ausreichende Flächengröße, damit sich die Fließgeschwindigkeit des Wassers soweit verringert, dass eine effektive Absetzwirkung gewährleistet ist

Ausführung

- Anlage eines Rückhaltebeckens mit Vertiefung (Absetzbereich) durch Erdaushub, Aufschüttung und Verdichtung eines Damms
- Bepflanzung des Beckenbodens mit Röhricht
- Nach Ende des Zuflusses von Niederschlagswasser Beckenentleerung über einen Schacht mit Rohrleitung gedrosselt bis auf eine Restwassermenge im Absetzbereich
- Schachtabdeckung mit Einlaufkorb als Notüberlauf

Prinzipskizze





C4.7 Flächen mit Hangversickerung zur Festlegung von Phosphor aus Dränwasser

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen

- Bevorzugt zur Behandlung von Dränwasser in Hanglagen bei ausreichender Höhendifferenz zwischen Einlaufgraben und tiefer liegendem Bach
- Ausreichende Durchlässigkeit des Bodens und ausreichend großer Abstand zum Grundwasser für die Versickerung
- Ausreichende Aufnahmefähigkeit des Bodens in der Sickerstrecke für gelösten Phosphor
- Ausreichende Länge der Sickerstrecke, um eine möglichst lange Aufenthaltszeit im Bodenfilter zu erreichen



Wirkungsweise/Prozesse

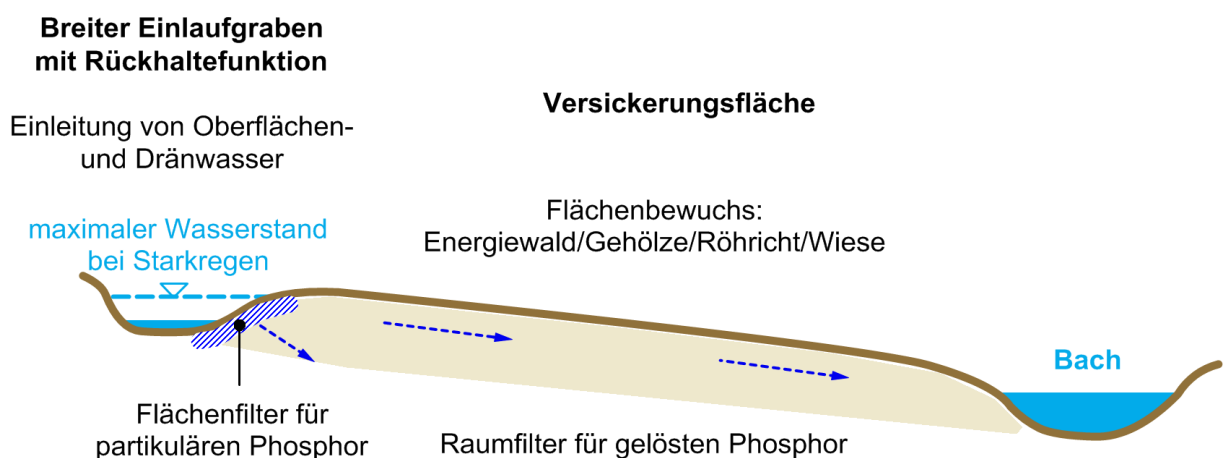
Die Hangversickerung besteht aus zwei Filterbereichen:

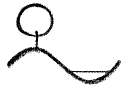
- Flächenfilter in der Zone zwischen Einlaufkulisse und Hangversickerung: Rückhalt von partikulärem P
- Raumfilter (Boden der Hangversickerung): Chemische Bindung von gelöstem P bei der horizontalen Bodenfiltration (entscheidender Prozess für die Behandlung von Dränwasser)

Ausführung

- Anlage eines breiten Einlaufgrabens bzw. von mit Gräben verbundenen Erdbecken, die als Stauraum bei größeren Niederschlagsereignissen sowie als Einlaufkulisse für die Hangversickerung dienen (Rückhaltmulde bzw. Einlaufgraben füllen sich nur temporär z. B. nach Starkregen, das Wasser fließt gepuffert über die Hangversickerung in den Bach ab.)
- Nutzung der Versickerungsfläche als Wiese oder Kurzumtriebsplantage möglich

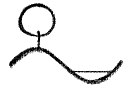
Prinzipskizze





C4.8 Feuchtfächen zur Entfernung von Nitrat aus Dränwasser

<p>Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Behandlung von nitratreichem Dränwasser • Weitgehend undurchlässiger Boden bzw. hoher Grundwasserstand 	
<p>Wirkungsweise/Prozesse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abbau von Nitrat-N durch Denitrifikation (am Beckenboden im sauerstoffarmen Milieu, Pflanzenstreu als Kohlenstoffquelle) • Festlegung von gelöstem P in relativ geringem Umfang 	
<p>Ausführung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flache Erdbecken mit weitgehend undurchlässiger Sohle • Sicherstellung einer möglichst gleichmäßigen Durchströmung der Fläche bei möglichst langen Aufenthaltszeiten • Regulation des Wasserstandes über ein Schachtbauwerk mit Drosseleinlauf oder eine Grasschwelle • Schachtabdeckung mit Einlaufkorb als Notüberlauf 	
<p>Prinzipskizze</p>	



C5 Spezielle Maßnahmen für Dränleitungen

C5.1 Einbau von speziellen Filtersubstraten in Dränsysteme

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Einbau von speziellen Filtersubstraten in ein Dränsystem zur Sorption von gelöstem P
- Insbesondere die P-Sorption an Eisenoxide benötigt stabile aerobe Bedingungen, es werden aber auch Substrate für den Bereich mit Luftabschluss entwickelt.
- Details dazu in: DWA-Themen T2/2012, S. 27 - 29.

Pg

Ausführung

Gemäß DWA-Themen gibt es mehrere Möglichkeiten, um P-sorbierende Materialien in ein Dränsystem einzubringen:

- Vermischung/Ummantelung des Dränfilters, der das Dränrohr umgibt, mit speziellen Materialien (z. B. Stahlwolle)
- P-sorbierendes Material wird beim Verlegen der Dränrohre in den Rohrgraben geschüttet oder direkt in einen offenen Drängaben oder die Vorflut eingebracht.
- Einbau des Filtermaterials in Schächte aus Beton oder Hartplastik, durch die das Dränwasser geleitet wird
- Anlage von reaktiven Wällen bzw. Barrieren entlang von Entwässerungsgräben (falls keine Rohrdränung vorliegt)

C5.2 Organische Dränfilter (Dränummantelung) mit kontrollierter Dränung

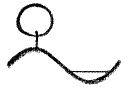
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Geeignet für Acker- oder Gemüseanbauflächen mit sehr geringem Gefälle und für Böden mit wenig organischer Substanz im Unterboden
- Voraussetzung ist eine kontrollierte Dränung (aktive Regulierung des Durchflusses/Wasserstands an Dränausläufen), da ein Überstau der Dränleitungen gewährleistet sein muss.
- Nitratabbau durch Denitrifikation bei sauerstoffarmen Bedingungen in den Bereichen um die Dränrohre sowie durch das Vorhandensein von organischer Substanz in der Rohrummantelung (Xylit- oder Kokosfilter)
- Details dazu in: DWA-Themen T2/2012, S. 22 - 27.

NN

Ausführung

Um vor allem im Winterhalbjahr hohe Nitrat-Austräge zu vermeiden, werden die Dränleitungen in dieser Zeit über ein Kontrollbauwerk eingestaut. Während der Vegetationszeit wird der Wasserstand dann wieder abgesenkt. Dazu müssen sämtliche Dränleitungen mit einem organischen Dränfilter ummantelt sein. Dies bedeutet, dass das Verfahren die Neuanlage des kompletten Dränsystems voraussetzt.



C6 Änderung des Entwässerungsregimes bei Niedermoorflächen

C6.1 Stauregulation bei Grünlandnutzung

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Geeignet für Grünlandflächen mit sehr geringem Gefälle
- Voraussetzung ist eine kontrollierbare Entwässerungseinrichtung
- Verlangsamung der Moorsackung und Reduzierung der Nährstoff-Freisetzung durch Sicherstellung eines hohen Grundwasserstandes im Winterhalbjahr (ohne Nutzung), Absenkung des Wasserstandes während der Vegetationszeit



Ausführung

Einstau der Flächen über Dränleitungen bzw. Gräben mithilfe von Kontrollbauwerken

C6.2 Grabenverkrautung bei Grünlandnutzung

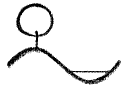
Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Geeignet für Grünlandflächen mit sehr geringem Gefälle
- Voraussetzung ist das Vorhandensein von offenen Gräben
- Verlangsamung der Moorsackung und Reduzierung der Nährstoff-Freisetzung durch Abflussverzögerung (Erhöhung des Fließwiderstandes durch die Pflanzen im Graben), dadurch Rückhaltung von Niederschlagswasser und Stabilisierung des Grundwasserstandes
- Grabentiefe bis 0,5 m



Ausführung

Verbreiterung von bestehenden Entwässerungsgräben und Zulassen bzw. Förderung der Verkrautung



C6.3 Kubaturen-Modell nach Koch

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Geeignet für Grünlandflächen mit sehr geringem Gefälle
- Voraussetzung ist das Vorhandensein eines offenen Grabensystems in nur mäßig entwässerten Moorflächen
- Verhinderung einer weiteren Moorsackung und Unterbinden der Nährstoff-Freisetzung durch Aufrechterhaltung des kapillaren Aufstiegs im Moorboden und Stabilisierung des Grundwasserspiegels, dadurch Verbesserung der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens im Hochwasserfall (Aufrechterhaltung der Benetzbarkeit von organischen Böden auch in Trockenzeiten)
- Schaffung eines Speichervolumens für größere Niederschlagsereignisse durch die Nutzung von Gräben und Geländevertiefungen als Speicher

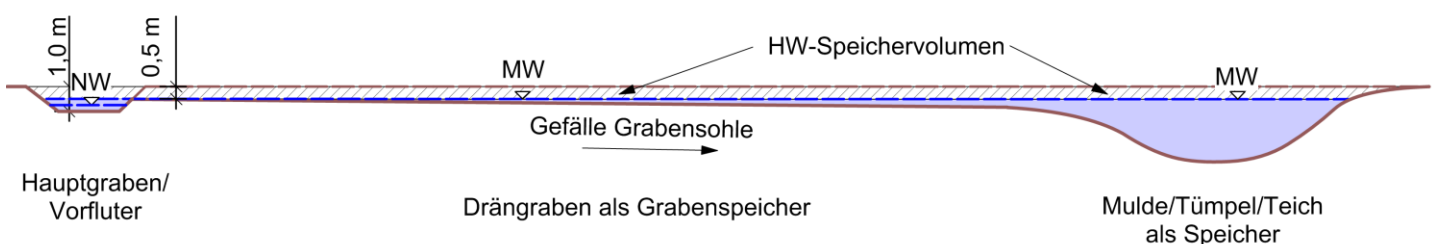


Ausführung

- Umkehrung des Gefälles vorhandener Entwässerungsgräben, so dass - gemäß dem physikalischen Gesetz der kommunizierenden Röhren - Wasser über der Mittelwasserhöhe aus dem Bereich des Sammelgrabens bzw. Vorfluters in Richtung der ursprünglich entwässerten Flächen abgeleitet wird und die Gräben als Grabenspeicher dienen. Diese werden mit vorhandenen Vertiefungen im Gelände bzw. künstlich geschaffene Mulden oder Teichen (Geländehohlformen = Kubaturen nach Koch) verbunden, so dass hier zusätzliches Aufnahmevermögen bei Hochwasser entsteht (hydrologische Vernetzung der Speicherräume).
- Für ein Funktionieren des Systems darf die Sohle der Gräben nicht zu tief liegen, so dass bei Mittelwasser der kapillare Aufstieg des Grundwassers von den Gräben aus in die Moorböden gewährleistet ist.
- Details dazu in: Koch 2014 und 2015 (vgl. Literatur)

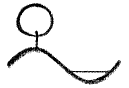
Prinzipskizze

Schnitt



Aufsicht (bei Mittelwasser)





C6.4 Wiedervernässung mit Nutzungsänderung (nasse Landwirtschaft, nasse Forstwirtschaft, Flächen für Naturschutz)

Anwendungsbereich/Standortvoraussetzungen/Wirkungen

- Geeignet für Flächen mit sehr geringem Gefälle
- Voraussetzung ist das Vorhandensein einer ausreichenden Wasser- und Nährstoffversorgung, wenn landwirtschaftliche Nutzung (Anbau von Röhrichtarten) oder forstwirtschaftliche Nutzung (Kurzumtriebsplantagen oder Kultur von Schwarzerlen) geplant ist.
- Durch die Wiedervernässung Stoppen von Moorsackung und Nährstoff-Freisetzung (Flächen werden zu Stoffsenken für Kohlenstoff, Stickstoff und Phosphor)



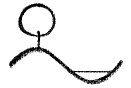
Ausführung

- Anlage von Einrichtungen zum Wassereinstau bzw. -überstau (z. B. Aufschüttung von Erdwällen, Einbau von Kontrolleinrichtungen zur Stauregulation) je nach geplanter Nutzung
- Pflanzung von Gehölzen (KUP, Kultur von Schwarzerlen), von Röhricht (Schilf, Rohrkolben) oder Entwicklung der Flächen entsprechend naturschutzfachlichen Zielen

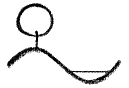


Literatur

- ArtWET (2010): Mitigation of agricultural nonpoint-source pesticide pollution and phytoremediation in artificial wetland ecosystems. LIFE ENVIRONMENT Projekt LIFE 06 ENV/F/000133, 2006 - 2010, www.artwet.fr
- Bach M., Fabis J., Frede H. G., Herzog I. (1994): Kartierung der potentiellen Filterfunktion von Uferstreifen - 1. Teil: Methodik der Kartierung. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 35, S. 148 - 154.
- Bach M., Fabis J., Frede H. G., Herzog I. (1994): Kartierung der potentiellen Filterfunktion von Uferstreifen - 2. Teil: Kartierung eines Flusseinzugsgebietes im Mittelgebirgsraum. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 35, S. 155 - 164.
- Bäumli N., Karlstetter M., Knogler F. & Lenz A. (2010): Mit Stoffen haushalten - eine Zukunftsaufgabe der Ländlichen Entwicklung! In: Mitteilungen des DVW-Bayern e. V., H. 4/2010, 477 - 488
- Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.) (2002): Fließgewässerlandschaften in Bayern. München.
- Bayer. Staatsmin. für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten sowie Bayer. Staatsmin. für Umwelt und Verbraucherschutz (2014): Merkblatt Agrarumwelt- und Klimamaßnahmen (AUM) 2015 bis 2019 - www.stmelf.bayern.de/Foerderwegweiser.
- Braskerud B. C. (2001): Sedimentation in Small Constructed Wetlands. Retention of Particles, Phosphorus and Nitrogen in Streams from Arable Watersheds. In: Doctor Scientiarum Theses 2001:10, Agricultural University of Norway, Ås.
- Braskerud B. C. (2001): The Influence of Vegetation on Sedimentation and Resuspension of Soil Particles in Small Constructed Wetlands. In: Journal of Environmental Quality 30 (4), 1447 - 1457.
- Braskerud B. C. (2002): Design Considerations for Increased Sedimentation in Small Wetlands Treating Agricultural Runoff. In: Water Science & Technology 45 (9), 77 - 85.
- Braskerud B. C. (2002): Factors Affecting Phosphorus Retention in Small Constructed Wetlands Treating Agricultural Non-Point Source Pollution. In: Ecological Engineering, 19 (1), 41 - 61.
- Braskerud B. C. (Hrsg.) (2005): Is Living Water Possible in Agricultural Areas? In: Jordforsk book no. 48/05, Ås.
- Busch K. F., Uhlmann D., Weise G. (Hrsg.) (1983): Ingenieurökologie. Jena.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2012): Reduktion der Stoffeinträge durch Maßnahmen im Drän- und Gewässersystem sowie durch Feuchtgebiete. DWA-Themen T2/2012.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2015): Merkblatt DWA-M 550. DWA-Regelwerk.
- Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA) (2015): Wasserrückhalt in der Fläche durch Maßnahmen in der Landwirtschaft - Bewertung und Folgerungen für die Praxis. DWA-Themen T5/2015.



- Fiener P., Auerswald K. (2003): Concept and Effects of a Multi-purpose Grassed Waterway. In: Soil Use and Management 19, S. 65 - 72.
- Fink D. F., Mitsch W. J. (2004): Seasonal and Storm Event Nutrient Removal by a Created Wetland in an Agricultural Watershed. In: Ecological Engineering 23, S. 313 - 325.
- Frede H. G., Fabis J., Bach M. (1994): Nährstoff- und Sedimentretention in Uferstreifen des Mittelgebirgsraumes. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung 35, S. 165 - 173.
- Gradl T. (1981): Voruntersuchung zur Anlage von Selbstreinigungsstrecken in kleinen Vorflutern. In: Korrespondenz Abwasser, H. 7, S. 498 - 499.
- Hefting M. M. et. al. (2005): The Role of Vegetation and Litter in the Nitrogen Dynamics of Riparian Buffer Zones in Europe. In: Ecological Engineering 24, S. 465-482.
- Higgins M. J., Rock C. A., Bouchard R., Wengrezynek B. (1993): Controlling Agricultural Runoff by Use of Constructed Wetlands. In: Moshiri G. A. (Hrsg.) (1993): Constructed Wetlands for Water Quality Improvement, S. 359 - 367. Boca Raton.
- Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart (Hrsg.) (2009): Abschlussbericht für das Verbundvorhaben: Entwicklung eines integrativen Bewirtschaftungskonzeptes für Trockenbecken und Polder zur Hochwasserrückhaltung, Teilprojekte „Flächendetaillierte Modellierung von Abfluss, Erosion und Stoffaustrag aus Einzugsgebieten“ und „Sedimentations- und Stoffdynamik in Retentionsräumen und Überschwemmungsgebieten“ (Bearbeiter: Wurms S. & Schönau S.), Stuttgart.
- IWA Specialist Group on Use of Macrophytes in Water Pollution Control (Hrsg.) (2000): Constructed Wetlands for Pollution Control. London.
- Kadlec R. H., Knight R. L. (1996): Treatment Wetlands. Boca Raton.
- Kern K. (1994): Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung - Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Berlin.
- Koch E. (2014a): Moorlandschaften und Feuchtgebiete aufwerten und neue Fischhabitatschaffen. In: AFZ-Fischwaid 03/2014.
- Koch E. (2014b): Moorlandschaften und Feuchtgebiete aufwerten und neue Fischhabitatschaffen. In: AFZ-Fischwaid 04/2014.
- Koch E. (2015): Kubaturen-Modell: Naturnaher Hochwasserschutz, Internet: www.integrating-fishing.de.
- Kratz R., Pfadenhauer, J. (Hrsg.) (2001): Ökosystemmanagement für Niedermoore. Stuttgart.
- Krauss H., Lenz A. (2016): Nährstoff- und Wassermanagement. In: ANLiegen Natur 38 (1), S. 70 - 77.
- Lange G., Lecher K. (1993): Gewässerregulierung, Gewässerpflege - Naturnaher Ausbau und Unterhalt von Fließgewässern. Hamburg.



Madsen B. L. (2002): Minimizing Erosion and Nutrient Emissions - New Management Trends in Danish Wetlands. In: NNA-Berichte 15. Jg., H. 1: Neue Wege im Boden- und Gewässerschutz, S. 109 - 113. Schneverdingen.

Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg (Hrsg.) (1992): Handbuch Wasserbau - Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern, Teil I Leitfaden, Teil II Dokumentation ausgeführter Projekte.

Mitsch W. J., Jørgensen S. E. (2004): Ecological Engineering and Ecosystem Restoration. Hoboken, New Jersey.

Olila O.G., Reddy K.R., Stites D.L. (1997): Influence of draining on soil phosphorus forms and distribution in a constructed wetland. In: Ecological Engineering 9, 157 - 169.

Osinski E., Meyer-Aurich A., Huber B., Rühling I., Gerl G., Schröder P. (Hrsg.) (2005): Landwirtschaft und Umwelt - ein Spannungsfeld Ergebnisse des Forschungsverbunds Agrarökosysteme München (FAM), Kapitel 2: Wasserflüsse und wassergetragene Stoffflüsse in Agrarökosystemen von Huber B., Winterhalter M., Mallén, Hartmann H. P., Gerl G., Auerswald K., Priesack E., Seiler K.-P., S. 57 - 98, München.

Parkyn S. et al. (2005): Prediction of Stream Nutrient and Sediment Yield Changes Following Restoration of Forested Riparian Buffers. In: Ecological Engineering 24, S. 551 - 558.

Pinay G. et al. (1994): The Role of Denitrification in Nitrogen Removal in River Corridors. In: Mitsch W. J. (1994): Global Wetlands: Old World and New, S. 107 - 116. Amsterdam.

Revsbech N. P., Jacobsen J. P., Nielsen L. P. (2005): Nitrogen Transformations in Macro-environments of River Beds and Riparian Zones. In: Ecological Engineering 24, S. 447 - 455.

Ripl W. et. al. (1996): Entwicklung eines Land-Gewässer Bewirtschaftungskonzeptes zur Senkung von Stoffverlusten an Gewässern (Stör-Projekt I und II). Endbericht, Techn. Universität Berlin.

Universität Greifswald (2016): Paludikultur. Internet: www.paludiculture.unigreifswald.de

Uusi-Kämppe J., Braskerud B. C., Jansson H., Syversen N. & Uusitalo R. (2000): Buffer Zones and Constructed Wetlands as Filters for Agricultural Phosphorus. In: Journal of Environmental Quality 29 (1), 151 - 158.