



Wasserwirtschaft

Informationspaket zur Hochwasservorsorge

Handbuch



LUWG-Bericht 6/2007



Informationspaket zur Hochwasservorsorge

für Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Regionalplanung,
Kommunale Planung, Straßenbauverwaltung

Handbuch

Projektleitung:

Christoph Linnenweber, Bernd Schneider

Bearbeiter

Büro für Umweltbewertung, Gießen



Impressum

Herausgeber: Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG)
Kaiser-Friedrich-Straße 7
55116 Mainz

Projektleitung: Christoph Linnenweber, Bernd Schneider (LUWG)

Bearbeitung: Büro für Umweltbewertung; Karl-Brenner-Str. 10, 35396 Gießen

Titelbild:

Herstellung: LUWG

Auflage: 200 Exemplare

© März 2008

Nachdruck und Wiedergabe nur mit Genehmigung des Herausgebers

**„Weil der Fluss um so schneller wird
und den Damm und den Grund umso
mehr vernagt und zerstört, je gerader
er ist, deshalb ist es nötig, solche Flüsse
entweder stark zu verbreitern oder sie
durch viele Windungen zu schicken oder
sie in viele Zweige zu teilen“**

Leonardo da Vinci (1452 – 1519)

Vorwort

Seit Anfang der 90er Jahre verfolgt Rheinland- Pfalz ein integriertes Hochwasserschutzkonzept, das auf drei Säulen baut:

- technischer Hochwasserschutz,
- Förderung des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche,
- weitergehende Hochwassergefahrenvorsorge und Eigenvorsorge.

Das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ liefert Daten und Vorschläge für Maßnahmen zum natürlichen Hochwasserrückhalt. Es werden Maßnahmen in der Fläche sowie an den Gewässern dargestellt und beschrieben, die bei Planungen der Land- und Forstwirtschaft, der regionalen und kommunalen Planung sowie der Straßenbauplanung berücksichtigt werden sollten.

Förderung des natürlichen Wasserrückhalts in der Fläche bedeutet vor allem, den sogenannten „hausgemachten“ Anteil am Hochwasser möglichst rückgängig zu machen bzw. zu vermeiden. Dieser Anteil entsteht aus der menschlichen Nutzung der Landschaft, der Art der Land- und Forstbewirtschaftung, der Versiegelung und der Gewässergestaltung. Denn Hochwasser entsteht auf der Fläche, nicht erst im Gewässer. Dieser nutzungsbedingte Anteil ist im Gegensatz zu den Wetterereignissen beeinflussbar. Er verstärkt das natürliche Hochwasserereignis und kann ausschlaggebend für die Höhe der Spitzenabflüsse und die daraus entstehenden Schäden sein.

Aus den zur Verfügung stehenden Grundlagendaten, wurde ein Katalog entwickelt, der Maßnahmen aufzeigt für

- Hochwasser- und Stoffrückhalt auf Flächen,
- Hochwasserrückhalt entlang von Gewässern (Auen),
- Hochwasserrückhalt durch Gewässerentwicklung.

Die im „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ aufgeführten Maßnahmenvorschläge haben empfehlenden Charakter. Das breite Spektrum von Möglichkeiten und Maßnahmen zum vorbeugenden, nachhaltigen Hochwasserrückhalt lässt sich nicht überall gleichermaßen anwenden. Vielmehr muss die tatsächliche Umsetzbarkeit in Abwägung mit weiteren Randbedingungen örtlich überprüft werden.

Das Infopaket soll die Landeskulturverwaltung, die Forstverwaltung, die Kommunen, die Landwirtschaft, die Straßenbauverwaltung, die Regionalplanung und die Wasserwirtschaft bei allen Entscheidungen unterstützen, die in der Praxis für die Hochwasservorsorge bedeutsam sind. Auf diese Weise soll innerhalb von ein bis zwei Jahrzehnten – das entspricht etwa dem landesweiten Turnus der flächenbezogenen Planungen – die nachhaltige Hochwasservorsorge angemessen berücksichtigt und in die Entscheidungspraxis integriert werden.

Inhalt

1	Erläuterungstext	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Datengrundlage	2
1.3	Das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“	2
1.3.1	Komponenten des Informationspaketes zur Hochwasservorsorge	3
1.3.2	Berücksichtigte Prozesse	4
1.3.2.1	Abflussbildung	4
1.4	Interpretation der Karten	8
1.4.1	Hochwasserrückhalt auf der Fläche	8
1.4.2	Abfluss und Stoffrückhalt	10
1.4.3	Hochwasserrückhalt in Auen	11
1.4.4	Gewässerentwicklung	12
1.5	Maßnahmen und Nutzung der Daten	14
1.5.1	Maßnahmen für Bodenordnung und Landwirtschaft	14
1.5.2	Maßnahmen für die Forstwirtschaft	15
1.5.3	Maßnahmen für die Regional- und Flächennutzungsplanung	15
1.5.4	Maßnahmen für die Straßenbauverwaltung	15
1.6	Nutzung der Daten in der Praxis	17
2	Maßnahmenbeschreibung	18
2.1	Landwirtschaft	18
2.1.1	Zusammenfassung der Maßnahmen	18
2.1.2	Beschreibung der Maßnahmen	22
2.2	Forstwirtschaft	44
2.2.1	Zusammenfassung der Maßnahmen	44
2.2.2	Beschreibung der Maßnahmen	46
2.3	Kommunal- und Regionalplanung	52
2.3.1	Zusammenfassung der Maßnahmen	52
2.3.2	Beschreibung der Maßnahmen	55
2.4	Straßenbauverwaltung	62
2.4.1	Zusammenfassung der Maßnahmen	62
2.4.2	Beschreibung der Maßnahmen	65
3	Datengrundlage	73
3.1.	Einführung	73
3.2.	IRMA- Projekte	73
3.3.	Digitale Geomorphografische Karte	76
3.4.	Gewässerstrukturkartierung	76
3.5.	Das Naheprogramm	77
	Verwendete Unterlagen	78
	Bildnachweise	78

1 Erläuterungstext

1.1 Einleitung

Seit den letzten großen Hochwassern ist das Bewusstsein für Hochwassergefahren und Hochwasserursachen wieder geschärft. Nicht nur an den großen Flüssen sind spektakuläre Hochwasserereignisse jüngst häufiger aufgetreten. Auch durch lokale Starkniederschläge verursachte Hochwasser kleinerer Gewässer haben wiederholt schwere Schäden angerichtet. Nach einer relativ trockenen Periode in den 1970er bis 1990er Jahren sind seit dem wieder häufiger stärkere Niederschlagsereignisse zu verzeichnen. Solche meteorologischen Schwankungen sind nicht ungewöhnlich und historisch durch vergleichbare Ereignisse belegt. Seit Anfang der 1990er Jahre werden deshalb verstärkt Strategien verfolgt, die neben dem Hochwasserschutz auch eine nachhaltige Hochwasservorsorge zum Ziel haben.

Hochwasservorsorge heißt vor allem, die Gefahren- und Schadenspotentiale in den überschwemmungsgefährdeten Bereichen gering zu halten. Darüber hinaus gilt es, den sogenannten „hausgemachten“ Anteil am Hochwasser möglichst zu verringern. Dieser Anteil, der bis zu 20% des Gebietsabflusses betragen kann, entsteht aus der menschlichen Nutzung der Landschaft, der Versiegelung, der Art der Landbewirtschaftung und der Gewässergestaltung. Denn Hochwasser entsteht auf der Fläche, nicht erst im Fluss. Dieser **nutzungsbedingte Anteil** ist im Gegensatz zu den Wetterereignissen beeinflussbar. Er verstärkt das natürliche Hochwasserereignis und kann ausschlaggebend für die Höhe der Spitzenabflüsse und die daraus entstehenden Schäden sein. Dieser durch den Menschen verursachte Anteil kann vor allem bei regionalen Starkregenereignissen entscheidend für Schnelligkeit und Höhe Abflusses kleinerer Gewässer sein.

Die zusätzliche, nutzungsbedingte Verschärfung der Hochwassersituation resultiert aus nachteiligen Veränderungen der **natürlichen Speichereigenschaften der Landschaft**. Das sind vor allem die Speichereigenschaften von Vegetation, Boden, Relief und Gewässernetz. Wesentliche Veränderungen sind die Versiegelung und Verdichtung des Bodens durch Siedlung und Verkehr, die Veränderung von Bewuchs und Boden durch Land- und Forstwirtschaft. Es kommt zur Abflussbeschleunigung und Erhöhung von Oberflächenabfluss durch Versiegelung, Straßen, Wege, Gräben, Gewässerbegradigung und Gewässerausbau. Die zum Hochwasser beitragende Wirkung dieser Veränderungen kann in vielen Fällen vermieden oder deutlich verringert werden.

Der nutzungsbedingte Anteil am Hochwasser sollte deshalb zukünftig so weit wie möglich durch die Flächennutzer verringert werden. Dazu sind Land, Kommunen, Landwirtschaft, Forstwirtschaft und Wasserwirtschaft gleichermaßen aufgerufen. Dabei geht es nicht um Schuldzuweisungen. Es geht vielmehr darum, die vielen Möglichkeiten zu nutzen, die sich oft allein aus einer anderen, eben **Hochwasser bewussten Vorgehensweise bei Planungen und Entscheidungen** ergeben, oder die im Rahmen der guten Praxis bei der Flächenbewirtschaftung ohne Mehraufwand realisierbar sind. Es geht um die Ausschöpfung der Möglichkeiten, die im Rahmen von Bodenordnungsverfahren, Flächennutzungsplanung, Forsteinrichtung, Landschaftsplanung oder Straßenplanung genutzt werden können, oder die zum Beispiel im Rahmen von PAULA und AKTION BLAU förderfähig sind.

1.2 Datengrundlage

Durch gezielte Berücksichtigung von Maßnahmen und Umsetzungsstrategien in der Land- und Forstwirtschaft, der Orts-, Stadt- und Regionalplanung, der Straßenplanung sowie im Naturschutz kann der Hochwasserrückhalt und die Gewässerentwicklung zielgerichtet vorangebracht werden. Die Wasserwirtschaft kann diese Planungs- und Entwicklungsprozesse unterstützen. In den letzten Jahren sind dazu bedeutende und aussagekräftige Grundlagen geschaffen worden. Zu nennen sind:

1. die Gewässerstrukturkartierung, die landesweit alle Gewässer hinsichtlich ihrer Struktur bewertet hat.;
2. EU- Projekte, die die schonende Bewirtschaftung von Landflächen im Hinblick auf den Hochwasserschutz zum Ziel haben;
3. die digitale geomorphographische Karte, die landesweit genaue Lageparameter, wie z.B. Neigung, Exposition oder Talflächen enthält.
4. das Naheprogramm mit vielen Beispielprojekten.

Die Genauigkeit der Daten bzw. die Maßstabebene, für die die Daten Gültigkeit besitzen, variiert zwischen Flächen- und Gewässerdaten. Während die Gewässerstrukturdaten im Maßstab 1:25.000 noch gut interpretiert werden können, sind die Flächendaten eher für den Maßstab 1:50.000 geeignet. Der Grund ist, dass die Flächendaten maßgeblich von den Bodendaten abhängig sind, die bisher nicht detaillierter vorliegen. Die zu nutzenden Flächendaten lassen somit keine Parzellen genauen Aussagen zu, sind aber als übersichtliche Planungsdaten verwendbar.

Die Datengrundlagen sind im Teil 3 genauer beschrieben.

1.3 Das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“

Begleitend zum Naheprogramm wurden von der Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland-Pfalz vorrangig für das Nahegebiet und zwischenzeitlich landesweit flächendeckend Datengrundlagen und Bewertungsverfahren für den vorsorgenden Hochwasserrückhalt erarbeitet. Dieses „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ soll die Nutzung gegebener Möglichkeiten sowie die Auswahl und die Platzierung von Maßnahmen wesentlich erleichtern.

Das Informationspaket kann nun landesweit in die Praxis integriert werden. Es soll die Landeskulturverwaltung, die Forstverwaltung, die Kommunen, die Landwirtschaft, die PAULA-Beratung, die Straßenbauverwaltung, die Regionalplanung und die Wasserwirtschaft bei allen Entscheidungen unterstützen, die in der Praxis für die Hochwasservorsorge bedeutsam sind. Auf diese Weise soll innerhalb von ein bis zwei Jahrzehnten, das entspricht etwa dem landesweiten Turnus der flächenbezogenen Planungen, die nachhaltige Hochwasservorsorge angemessen berücksichtigt und in die Entscheidungspraxis integriert werden.

Die Dienstleistungszentren ländlicher Raum spielen dabei eine bedeutende Rolle, denn sowohl in den „Integrierten ländlichen Entwicklungskonzepten ILEK“ als auch konkret in den Bodenordnungsverfahren und den Wege- und Gewässerplänen werden viele Entscheidungen und Maßnahmen getroffen, die den Hochwasserrückhalt in der Fläche in jeglicher Hinsicht beeinflussen können.

Nur die **Summe aller Aktivitäten in der Fläche und am Gewässer** ergeben die gewünschten Wirkungen für einen am Standort angepassten vorsorgenden Hochwasserschutz. Für den Wasserrückhalt in der Fläche ist neben den Landwirten und Kommunen mit ihren Planungen auch die Forstwirtschaft aufgerufen, ihren Beitrag zu leisten. Die Maßnahmenvorschläge zur Erreichung wasserwirtschaftlicher Ziele in der Forstwirtschaft beruhen im Wesentlichen auf Untersuchungen und Ergebnissen, die im IRMA- Projekt erarbeitet worden sind.

Durch die Steuerung von Flureinteilung und Flächennutzung, die Möglichkeiten des Flächentausches sowie die Gestaltungsmöglichkeiten der Wege- und Gewässerpläne kann, unter Beachtung der verfügbaren Daten, im Zuge der verschiedenen Planungen nachhaltige Hochwasservorsorge realisiert werden. Die Schaffung von angemessen breitem Raum für die Gewässer (Gewässerentwicklungstreifen) ist wegen des mehrfachen Nutzens bei Hochwasserrückhalt, Stoffrückhalt und Gewässerentwicklung, aber auch in Hinblick auf Anforderungen der EU-Wasserrahmenrichtlinie besonders vordringlich. Solche Maßnahmen können auch aus Mitteln der Wasserwirtschaft gefördert werden. Jedes Planungsverfahren sollte standardmäßig den erforderlichen **Raum für die Gewässer und den Hochwasserrückhalt schaffen**.

Im „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ wurden deshalb in Zusammenarbeit mit der Landeskulturverwaltung, Forstverwaltung und Straßenbauverwaltung sowie unter Begleitung des Gemeinde- und Städtebundes **Maßnahmenkataloge** entwickelt und das Gesamtpaket in realen Planungsverfahren (Bodenordnung, Forsteinrichtung, Landschaftsplan, Straßenplanung) getestet.

Die aufgeführten Maßnahmen können aber nicht an jedem Standort undifferenziert angewendet werden. Die hier dargestellten Maßnahmen sind Vorschläge, die vor Ort überprüft werden müssen.

1.3.1 Komponenten des Informationspaketes zur Hochwasservorsorge

Das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ besteht aus vier Komponenten, die sich jeweils auf Flächen und Gewässer beziehen:

1. Beschreibende Daten, wie beispielsweise Bodenart, Hangneigung, Talgefälle, Flächennutzung und Gewässerstruktur;
2. Bewertungen, wie beispielsweise Erosionsgefährdung, Abflussverhältnisse, Rückhaltevermögen;
3. Maßnahmenbezogene Vorschläge, wie beispielsweise Standorte für Ausgleichsflächen, Hochwasserrückhalteflächen und Bodenschutzmaßnahmen;
4. Maßnahmenkataloge für verschiedene Nutzungen mit Maßnahmenvorschlägen und Maßnahmenbeschreibungen für typische Fälle und Standorte, in einem Handbuch zusammengefasst.

Alle Komponenten sind landesweit flächendeckend verfügbar. Für jedes Planungsverfahren können also Bewertungen und Maßnahmen für den Hochwasserrückhalt abgeleitet werden. Dabei sollen folgende Ziele verfolgt werden:

- Wasser- und Stoffrückhalt in der Fläche,
- Wasserrückhalt in den Gewässerauen,
- Wasserrückhalt im Gewässernetz.

1.3.2 Berücksichtigte Prozesse

Im Informationspaket zur Hochwasservorsorge werden vorbeugende, nachhaltige Maßnahmen vorgestellt, die auf die Prozesse Abflussbildung, Abflusskonzentration und Erosion wirken.

1.3.2.1 Abflussbildung

Das Informationspaket bietet eine Unterscheidung der Flächen nach ihrer vorwiegenden Neigung zu einem bestimmten **Abflusstyp**. Dabei werden Sättigungsflächenabfluss, Oberflächenabfluss, Zwischenabfluss und Tiefensickerung unterschieden. Oberflächenabfluss und Zwischenabfluss in oberen Bodenschichten (Interflow) leiten den Niederschlag schnell weiter. So können Gebiete aufgezeigt werden, die bei Hochwasser vergleichsweise schnelle Abflüsse liefern. Insbesondere versiegelte Flächen sind davon betroffen. Hier kann durch Nutzungs- und Bewirtschaftungsanpassungen ein abflussverzögernder Effekt erzielt werden. Dabei ist vor allem die Verzögerung des Abflusses und das Wasserspeichervermögen des Bodens von Bedeutung. Die Bodeneigenschaften können nur in Einzelfällen oder nur in geringem Maß verändert werden, jedoch kann durch die Art der Bewirtschaftung der Abfluss sehr gut verzögert werden. Eine insgesamt hohe Oberflächenrauigkeit wirkt abflussmindernd, ebenso wie Randstreifen oder Gehölze.



Diese Komponenten sind besonders dann bedeutsam, wenn der Bodenspeicher weitgehend gesättigt ist oder die Infiltrationskapazität überschritten wird. Sie können Bodenmaterial und Stoffe zurückhalten, insbesondere wenn sie Höhenlinien parallel angeordnet sind.

Sättigungsflächenabfluss als weitere schnelle Abflusskomponente tritt auf vernässten Standorten auf. Stark von Grundwasser geprägte Flächen oder quellige Bereiche können bei Niederschlag nur wenig zusätzliches Wasser speichern und reagieren mit Abfluss.

Flächen, die zu einer schnellen Tiefensickerung neigen (speicherschwache Standorte), können das Niederschlagswasser nur kurzzeitig speichern und geben es schnell an die unterliegenden Schichten weiter.

Bild 1: Verschlämmter Oberboden führt zu Oberflächenabfluss



Bild 2: Randstreifen mit Rückhaltefunktion

1.3.2.2 Abflusskonzentration



Flächenabfluss konzentriert sich meist **entlang linearer Strukturen** wie Straßen, Wegen, Gräben, Furchen oder Geländemulden. Die Anordnung und die Gestaltung dieser Elemente sollte deshalb immer auch unter dem Aspekt des Hochwasserrückhaltes erfolgen.

Digital verfügbare Informationen über lineare Strukturen sind derzeit nur bedingt vorhanden.

Bild 3: Weg als lineare Struktur und Leitbahn für Wasser

EROSION

Auch eine Einstufung der Erosions- und Abschwemmungsgefahr nach der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) ist für alle Flächen verfügbar. Standortliche Gegebenheiten und die Art der Bewirtschaftung bestimmen die Höhe des Bodenabtrages und auch den Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer. Je höher die standörtliche Erosionsgefahr ist, umso stärker sollte die Bewirtschaftung danach ausgerichtet werden. Aufgrund der Mittelgebirgslage von Rheinland-Pfalz sind rund **60 % der ackerbaulich genutzten Flächen anfällig für Erosion**. Dieser Anteil kann ohne Nutzungsaufgabe durch bodenschonende Bewirtschaftung auf bis zu 10 % reduziert werden.



Bild 4: Abflussbildung und Erosion können durch bodenschonende Bewirtschaftung verringert werden



Bild 5: Oberflächenabfluss und Erosion auf Waldweg

Auch im Wald sind Oberflächenabfluss und Bodenabtrag kleinflächig möglich. Beide Prozesse sind jedoch in der Regel auf Wege oder Rückegassen beschränkt.

HOCHWASSERRÜCKHALT IN DEN AUEN

Auenbereiche, die natürlicherweise Hochwasser zurückhalten können, zeichnen sich durch ein flaches Gewässerbett, eine natürliche Uferstruktur und eine breite, anschließende Auenfläche aus. Auenflächen können hinsichtlich ihrer potentiellen Rückhaltekapazität sowie ihrer aktuellen Funktionsfähigkeit bewertet werden.

Nur etwa **5 %** der Landesfläche von Rheinland-Pfalz **sind Auen** und für den Hochwasserrückhalt geeignet. Davon sind nur 30 % als Hochwasserspeicher funktionstüchtig. Verstärkter Hochwasserrückhalt auf solchen Flächen erfolgt dann, wenn das Gewässerbett nicht zu tief eingeschnitten ist und eine zeitweise Ausuferung über das eigentliche Gewässerbett hinaus möglich ist.

Hohe Fließgeschwindigkeiten durch Laufbegradigung verringern die Retentionsleistung, während eine natürliche Lauflänge und eine hohe Rauigkeit der Vegetation auf den überflutbaren Flächen eine hochwasserbremsende Wirkung haben.

Das weit verzweigte Netz der kleinen und mittelgroßen Gewässer führt den Abfluss zu den Flüssen und Strömen. Die Laufentwicklung, die Profileintiefung und die Strukturausstattung des Gewässernetzes beeinflusst die Geschwindigkeit von Abfluss und Hochwasserbildung. Die Daten der landesweiten Gewässerstrukturkartierung wurden bezüglich dieser Aspekte ausgewertet. Tief eingeschnittene und begradigte Gewässer mit Uferverbau oder fehlendem Gewässerrandstreifen sind für die Hochwasserrückhaltung ineffizient. Durch Gewässerentwicklung lassen sich wesentlich günstigere Strukturen schaffen, die gleichzeitig auch viele ökologische Funktionen verbessern.

Rund 70 % der Gewässer in Rheinland-Pfalz können in dieser Hinsicht noch deutlich verbessert werden.

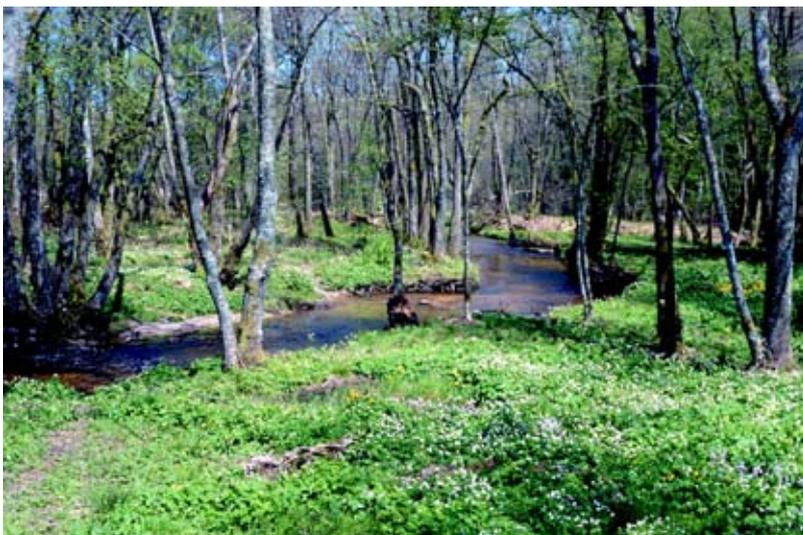


Bild 6: Intakte Aue mit flachem Gewässer und hoher Retentionsleistung durch Auwald

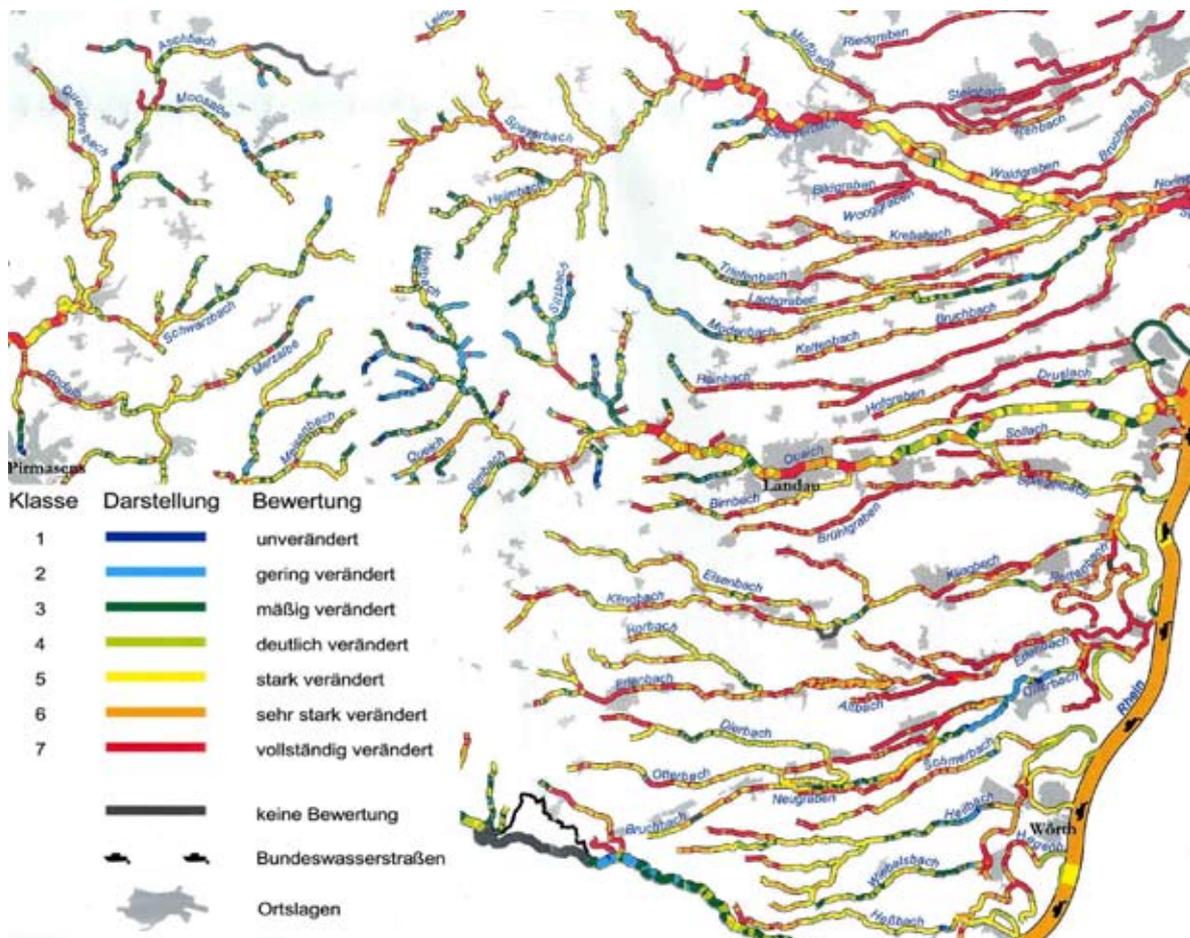


Bild 7: Beispiel aus der Gewässerstrukturkarte mit vielen vollständig veränderten Gewässerstrecken (rot)

1.4 Interpretation der Karten

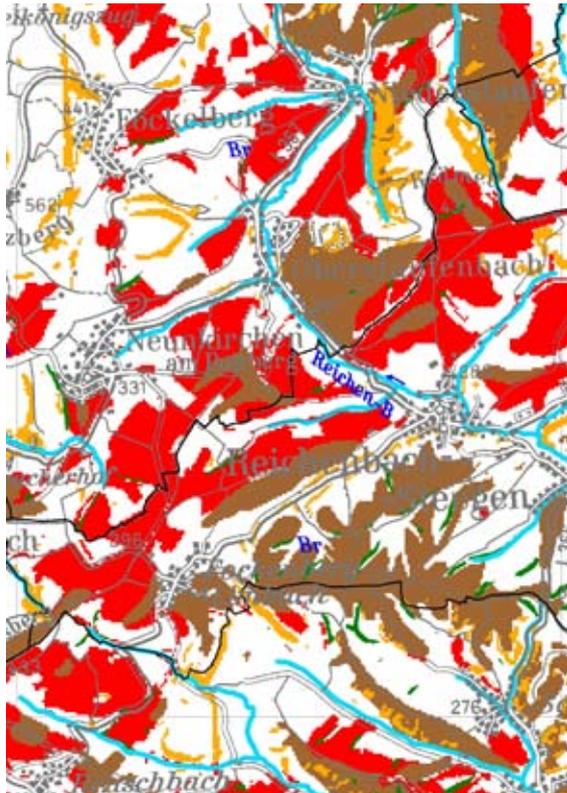
Das Informationspaket zur Hochwasservorsorge beinhaltet neben textlichen Erläuterungen insbesondere Karten, die für die einzelnen Komponenten zur Hochwasservorsorge auch flächenbezogene Darstellungen enthalten. Es werden 5 Karten im Informationspaket bereitgestellt.

- Hochwasserrückhalt auf der Fläche
- Abfluss und Stoffrückhalt
- Hochwasserrückhalt in Auen
- Gewässerentwicklung (1. Karte: Uferverbau und Gewässerrandstreifen, 2. Karte: Gewässereintiefung und Krümmungserosion)

1.4.1 Hochwasserrückhalt auf der Fläche

In der Karte Hochwasserrückhalt auf der Fläche werden dargestellt:

- Flächen mit stark erhöhtem Oberflächenabfluss,
- hohem Zwischenabfluss,
- Flächen mit hoher Tiefsickerung,
- Muldenbereiche,
- Waldflächen mit einer Neigung >18% .



Der **Oberflächenabfluss** ist der Teil des Niederschlags, der den Gewässern oberirdisch zufließt, ohne dass das Wasser in den Speichern von Bewuchs, Boden und Gelände zurückgehalten wird. Er sammelt sich erst in Rinnsalen und gelangt in kurzer Zeit in Bäche und Flüsse. Für die Entstehung von Oberflächenabfluss sind Aggregatstabilität des Oberbodens, Bodenfeuchte und Infiltrationskapazität des Oberbodens, aber auch Stärke, Häufigkeit und Dauer des Niederschlags sowie die Hangneigung von Bedeutung. Der Oberflächenabfluss sorgt für das schnelle Ansteigen von Hochwasserwellen. Deshalb sollte die Entstehung von Oberflächenabfluss nach Möglichkeit vermieden oder zumindest stark reduziert werden.

Bild 8: Kartenausschnitt Hochwasserrückhalt auf der Fläche

Während der **Oberflächenabfluss** in bewaldeten Gebieten sehr gering ist, kann er auf unbedeckten Ackerböden sehr groß werden. Deshalb sollten Flächen, die zu einem erhöhtem Oberflächenabfluss neigen bodenschonend bearbeitet werden und vor allem in den Wintermonaten, wenn die Hochwassergefahr am höchsten ist, mit Vegetation bedeckt sein.

Zwischenabfluss (Interflow) tritt dort auf, wo das in den Boden eingedrungene Niederschlagswasser an der weiteren Absickerung in tiefere Bodenschichten gehindert wird. Dichte, ton- und/ oder steinreiche Schichten sind dafür verantwortlich. Solche staunassen Flächen werden auch oft durch Dränagen schnell entwässert. Im Hochwassergeschehen spielt der Zwischenabfluss eine nicht zu unterschätzende Rolle. Er trägt – je nach Gebietseigenschaft – erheblich zum Abflussvolumen bei.

Unter hoher **Tiefsickerung** versteht man die schnelle Bewegung von Wasser aus der Bodenzone in die darunter liegende undurchwurzelte Schicht. Dabei wirkt der Boden nur als kurzzeitiger Zwi-

schenspeicher. Er gibt das Wasser schnell nach unten weiter. Geringmächtige Böden oder Böden mit einem geringen Porenvolumen (Sandböden) können nur wenig Wasser speichern. Diese Flächen sind damit hochwasserwirksam. Sie sind im Hochwassergeschehen jedoch weniger kritisch zu sehen (im Vergleich zu Flächen mit Oberflächen- oder Zwischenabfluss), da zumindest eine kurzzeitige Zwischenspeicherung stattfindet.

Die Böden mit geringer Speicherfähigkeit sind auch beim Stoffhaushalt schlecht zu bewerten (siehe nächste Karte).

Mulden sind flache Hohlformen, in denen sich häufig kein Gewässer befindet. Trotzdem wirken sie als Wassersammler und sorgen für einen raschen Abfluss von Oberflächenwasser. Gleichzeitig sind diese Bereiche Auflandungsflächen für humoses Oberbodenmaterial, das von den Hängen in die Mulden abgetragen wird. Mulden sind deshalb hochproduktive Standorte, die oft intensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

In Muldenbereichen gilt es, die Weiterleitung und Entstehung von Abfluss zu unterbinden und das Wasseraufnahmevermögen des Oberbodens zu erhöhen. Außerdem soll die Abflusskonzentration in schmalen Abflussrinnen in den Mulden verhindert werden. Die Maßnahmen zielen auf eine ganzjährige Bodenbedeckung und bodenschonende Bewirtschaftung ab. Damit wird die Infiltration von Oberflächenwasser gefördert.

Obwohl es auf naturnahen Waldflächen in der Regel weder zur Bildung von Oberflächenabfluss noch zur Bodenerosion kommt, können auch Waldgebiete bei unsachgemäßer Nutzung mit einer erhöhten Erosionsgefährdung ausgewiesen werden. Dabei handelt es sich um **Steillagen im Wald** mit einer Neigung über 18% (stark geneigt). Standorte mit einer hohen Reliefenergie müssen auch im Wald bodenschonend bewirtschaftet werden. Deshalb sollte dort Bodenschutzwald ausgewiesen werden, um die vollständige Rückhaltung des gesamten Niederschlags zu gewährleisten und Oberflächenabfluss zu vermeiden.

1.4.2 Abfluss und Stoffrückhalt

In der Karte Abfluss und Stoffrückhalt werden dargestellt:

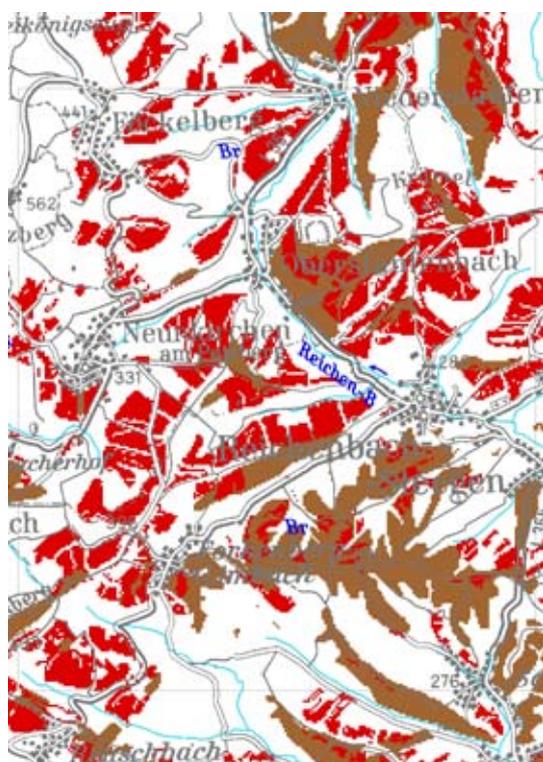
- Flächen mit hoher Erosionsgefährdung,
- Flächen mit hoher Tiefensickerung.

Flächen mit Bodenerosion sind dadurch gekennzeichnet, dass sie auch von Oberflächenabfluss (als Transportmedium) geprägt sind. Sie spielen vor allem für den partikelgebundenen Stoffaustag (z.B. Phosphor) eine Rolle. Auf speicherschwachen Böden mit hoher Tiefensickerung finden vor allem wassergebundene Stoffverlagerungen (z.B. Nitrat) statt.

Aus der Berechnung zum Bodenabtrag mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) werden die Flächen dargestellt, die einen hohen Bodenabtrag ($> 10 \text{ t/ha} \times a$) aufweisen.

Dabei werden Flächennutzung, Niederschlag und Hangneigung sowie bodenspezifische Parameter berücksichtigt. In wie weit der Bodenabtrag auch tatsächlich stattfindet, hängt von der aktuellen Bewirtschaftung (bodenschonende, hang-parallele Bewirtschaftung, Mulchsaat, etc.) der Fläche ab. Bodenabtragswerte über 10 t/ha/a kommen nur auf stark geneigten Ackerflächen und Flächen mit Sonderkulturen in Hanglagen vor. Von diesen Flächen wird Boden abgetragen und gelangt

möglicherweise in die Gewässer. Flächen ohne Vegetation (z.B. unbestellte Ackerflächen) sind bereits bei geringer Hangneigung besonders anfällig für Bodenabtrag.



Mit einer bodenschonender Bewirtschaftung kann der Bodenabtrag durch die dann bessere Bodenstruktur und den höheren Humusgehalt beträchtlich reduziert werden. Da mit einer bodenschonenden Bewirtschaftung auch der Oberflächenabfluss reduziert wird, dient dies auch dem Hochwasserrückhalt. Neben der Verlagerung von Bodenmaterial ist der Bodenabtrag auch hinsichtlich des Eintrags von Phosphor und anderen Nährstoffen in die Gewässer relevant, da diese häufig in einer an Boden und Humuspartikel gebundenen Form transportiert werden.



Bild 9: Kartenausschnitt Abfluss und Stoffrückhalt

Die Flächen, die einer schnellen, hohen **Tiefensickerung** unterliegen, sind im Hochwassergeschehen weniger kritisch zu sehen. Die Böden mit geringer Speicherkapazität und hoher Tiefensickerung sind jedoch beim Stoffhaushalt ungünstig zu bewerten. Wasserlösliche Stoffe (z.B. Nitrat) werden mit dem Sickerwasser schnell nach unten verlagert, so dass die Nährstoffe kaum von den Pflanzen genutzt werden können. Für die Verlagerung von wasserlöslichen Stoffen sind Wälder ebenfalls günstiger zu beurteilen als landwirtschaftlich genutzte Flächen. Der Wasserhaushalt unter Wald und damit auch der Stoffhaushalt ist durch die vielschichtige Vegetationsdecke vergleichmäßigt, so dass Niederschläge und wasserlösliche Stoffe erst verzögert oder gar nicht zur Versickerung kommen.

1.4.3 Hochwasserrückhalt in Auen

In der Karte Hochwasserrückhalt in Auen sind dargestellt:

- Verbreitung der Auenflächen,
- Flächen mit Sättigungsflächenabfluss.

Intakte **Auen** sind Talniederungen, die für eine großflächige Zwischenspeicherung von Hochwasser hervorragend geeignet sind. Flächen entlang von Fließgewässern, die einer natürlichen Auendynamik unterliegen, sorgen sowohl für eine oberirdische (Überflutung) als auch für eine unterirdische Hochwasserrückhaltung (Grundwasseraufhöhung) und verzögern den Hochwasserabfluss.

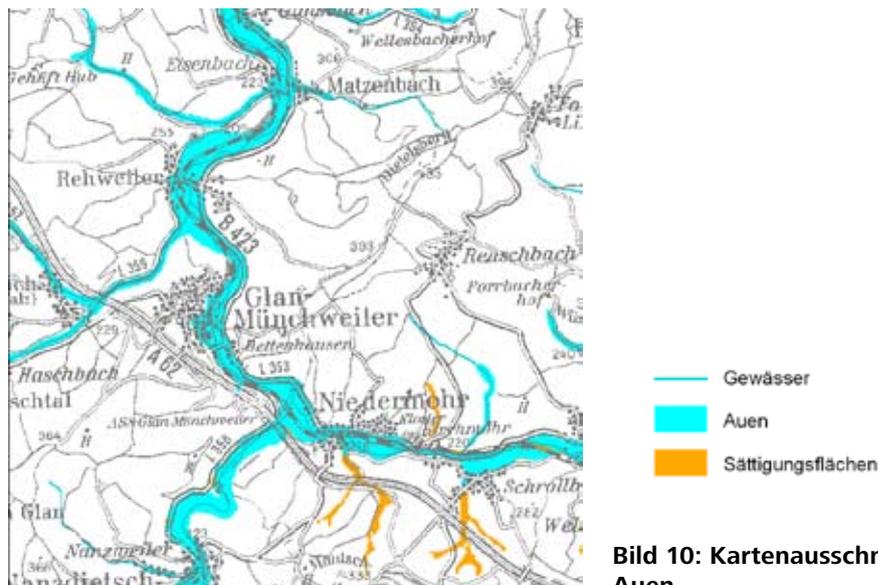


Bild 10: Kartenausschnitt Hochwasserrückhalt in Auen

Dabei hängt das Hochwasserrückhaltepotential von der Größe und der Überstauungshöhe der überflutbaren Flächen ab, aber auch von der Rauigkeit der Bodenoberfläche und des Bewuchses. Durch die Reduzierung der Abflussgeschwindigkeit wird eine Reduzierung der Hochwasserspitze im Unterlauf erreicht. Heute ist der größte Teil der Auenflächen nicht mehr in der Lage, Hochwasser zu speichern. Tief eingeschnittene, verbaute und begradigte Fluss- und Bachläufe können nur noch bei extremen Hochwässern über die Ufer treten und ihre Auen überfluten. Bereichsweise sind Auen auch ganz ausgediebt (Altaue), so dass sie keine Rolle im Hochwasserschutz spielen.

Neben der Offenhaltung der Auenflächen von Bebauung und einer dem Standort angepassten Nutzung durch Grünland oder naturnahen Auwald gilt es, die Wasserläufe so zu entwickeln, dass sie wieder frühzeitig über die Ufer treten und ihre Auen überschwemmen können. In der Regel lässt sich dies durch Sohlhebung und naturnahe Ufergestaltung dort erreichen, wo benachbarte Nutzungen nicht beeinträchtigt werden. Flächen mit hohem **Sättigungsflächenabfluss** sind durch ständig hohe Grundwasserstände gekennzeichnet. Sie liegen in der Regel in den Auen oder in Quellbereichen. Sie sind bei hohen Niederschlägen schnell abflussbereit, da keine Speicherung stattfinden kann, weil der Boden bereits Wasser gesättigt ist. Idealerweise nimmt man solche Flächen aus der Nutzung und überlässt sie der Sukzession bzw. pflanzt Auwald an. Damit erhöht man zumindest den Wasserrückhalt im Vegetationsspeicher.

1.4.4 Gewässerentwicklung

Die relevanten Daten zur Gewässerentwicklung stammen aus der landesweit verfügbaren Gewässerstrukturkartierung und werden in zwei Karten dargestellt:

- 1. Karte: Uferverbau und Gewässerrandstreifen
- 2. Karte: Gewässereintiefung und Krümmungserosion.

Unter **Uferverbau** versteht man technische Uferbauwerke, die der Sicherung des Ufers vor Seitenerosion dienen. Bei der Auswertung wurde der harte Verbau aus Beton, Mauer, Pflaster, Steinsatz und Steinschüttungen berücksichtigt. Generell ist Uferverbau gleichmäßig gestaltet und verkürzt die

Uferlinie. Er begrenzt das Gewässer auch bei Hochwasser auf eine schmale Rinne und sorgt so für einen schnellen Abfluss. Oft werden die Flüsse und Bäche durch den Uferverbau von ihren natürlichen Auen abgeschnitten, so dass diese kein Hochwasser aufnehmen und zurückhalten können.

Gewässerrandstreifen sind naturbelassene Geländestreifen entlang des Gewässers, die diesem uneingeschränkt für die Entwicklung zur Verfügung stehen.

Diese Geländestreifen schließen unmittelbar an die Uferböschungen an. Sie tragen naturnahen Auwald oder Sukzessionsfluren und werden nicht oder nur extensiv genutzt. Im Gewässerrandstreifen kann sich das Gewässer naturgemäß entwickeln, weshalb auch von Gewässerentwicklungstreifen gesprochen wird. Diese Flächen sollen für Laufverlegungen und zur Bildung eines geschwungenen Verlaufs zur Verfügung stehen. Tritt ein Gewässer über die Ufer, wird zuerst der Gewässerrandstreifen überschwemmt und das Wasser wird dort gebremst und zurückgehalten. Ist der Randstreifen als Auwald ausgeprägt, ist die rückhaltende Wirkung aufgrund der höheren Rauigkeit größer als bei Wiesennutzung. Auch hinsichtlich des Stoffrückhaltes haben Gewässerrandstreifen eine Bedeutung, da Boden und Nährstoffe, die von angrenzenden Flächen abgetragen werden, im Gewässerrandstreifen zurückgehalten werden können.

In der Karte über Gewässerrandstreifen wurden nur die Gewässerabschnitte berücksichtigt, bei denen der Gewässerrandstreifen auf mehr als 50% der Gewässerslänge fehlt.

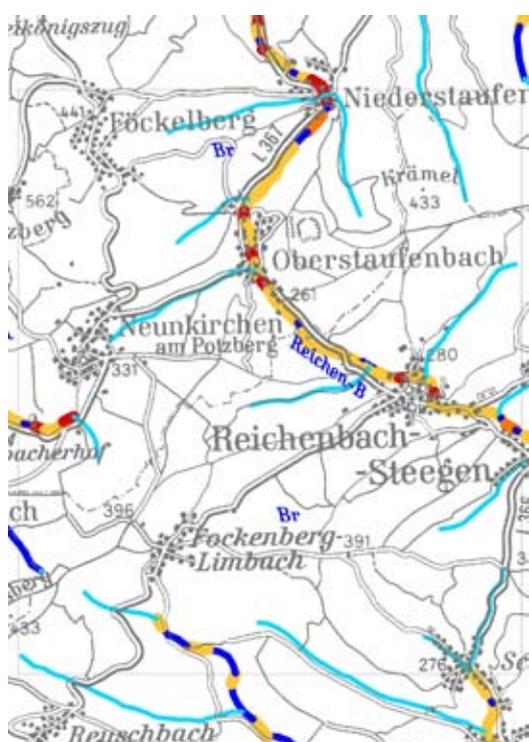


Abb. 11: Kartenausschnitt Uferverbau und Gewässerrandstreifen

Die 2. Karte zur Gewässerentwicklung zeigt die Gewässereintiefung und Krümmungserosion.

Eintiefung ist die Tieferlegung der Gewässersohle durch Tiefenerosion oder Ausbaumaßnahmen. Begradigungen und das durch die Laufverkürzung entstandene erhöhte Gefälle der Bäche steigern deren Schleppkraft und fördern so die Eintiefung.

Eingetieftete Gewässer führen das Wasser schnell ab. Sie haben keine Verbindung zu ihren Auen, so dass diese bei kleinerem Hochwasser nicht überschwemmt werden können. Dies führt zu einem schnellen Auflaufen des Hochwassers bei den Unterliegern.

Eine Laufverlängerung in Form von Mäandern in Verbindung mit einer Anhebung der Gewässersohle sind mögliche Maßnahmen, vor allem wo Auenflächen für eine geschwungene Linienführung und

zur Hochwasserretention vorhanden sind. Oft reicht es aber auch, den Uferverbau zu beseitigen und die Seitenerosion durch Einbringen von Sturzbäumen oder Totholz zu fördern.

Die **Krümmungserosion** führt zur Bildung von Laufkrümmungen. Sie kann nur dort ansetzen, wo keine Uferbefestigung vorhanden ist. Sie führt zu Uferabtrag und Uferunterhöhung an den Prallhängen und sorgt für die Entstehung von Geschiebe und Laufkrümmung. Damit ist die Krümmungserosion ein wichtiger Bestandteil der Eigendynamik von Gewässern.

Gekrümmte Gewässer haben meist ein breites, flaches Bett, können ihre Auen überfluten und so Wasser zurückhalten. Außerdem haben gekrümmte Gewässer ein geringeres Gefälle als ungekrümmte und führen Hochwasser langsamer ab. Auch damit sorgen sie für einen Hochwasserrückhalt.



Bild 12: Kartenausschnitt Gewässereintiefung und Krümmungserosion

1.5 Maßnahmen und Nutzung der Daten

Aus den zur Verfügung stehenden Grundlagendaten, zusammengefasst im „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“, wurde in Abstimmung mit Arbeitskreisen aus den Dienstleistungszentren Ländlicher Raum, der Forstverwaltung und der Straßenbauverwaltung sowie unter Begleitung der kommunalen und regionalen Planung ein Katalog entwickelt, der Maßnahmen aufzeigt für

- Hochwasserrückhalt auf land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen sowie auf versiegelten und teilversiegelten Flächen
- Hochwasserrückhalt entlang von Gewässern (Auen),
- Hochwasserrückhalt durch Gewässerentwicklung und
- Stoffrückhalt auf landwirtschaftlich genutzten Flächen.

Die aufgeführten **Maßnahmenvorschläge haben empfehlenden Charakter**. Das breite Spektrum von Möglichkeiten und Maßnahmen zum vorbeugenden, nachhaltigen Hochwasserrückhalt lässt sich nicht überall gleichermaßen anwenden. Vielmehr muss die tatsächliche Umsetzbarkeit in Abwägung mit weiteren Randbedingungen örtlich und für jeden Einzelfall entschieden werden.

1.5.1 Maßnahmen für Bodenordnung und Landwirtschaft

Die Maßnahmen für Bodenordnung und Landwirtschaft sind im Teil 2.1 beschrieben. Sie sind unterteilt in Vorschläge für die Bodenordnung und für die Bewirtschaftung. Die Maßnahmen sollen im Rahmen der Integrierten ländlichen Entwicklungskonzepten ILEK oder anderen bodenordnerischen Verfahren berücksichtigt werden. Denn bei diesen Planungen kann man in erheblichem Umfang zur Realisierung der Maßnahmen beitragen. Insbesondere durch das Flächenmanagement sind Gewässerrandstreifen, Wege- und Gewässerplan und Gewässergestaltung nach Hochwasser rückhaltenden Gesichtspunkten möglich. Die Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Flächen können teilweise in den genannten Planungen durch die Schaffung von entsprechenden Rahmenbedingungen (z.B. Flureinteilung) gefördert werden.

Bezüglich der Bewirtschaftung sind vor allem die landwirtschaftlichen Beratungsstellen und die Landwirte selbst angesprochen, im Rahmen der guten landwirtschaftlichen Praxis die beschriebenen Maßnahmen zu berücksichtigen. Darüber hinaus gehende Maßnahmen lassen sich nur durch finanzielle Anreize oder Förderprogramme herbeiführen. Bestehende Programme, wie z.B. das **PAULA-Programm** (MUF 2006), berücksichtigen bereits in großem Umfang bodenschützende, abflussmindernde und gewässerverträgliche Aspekte bei der Förderung.

1.5.2 Maßnahmen für die Forstwirtschaft

Die Maßnahmen für die Forstwirtschaft sind im Teil 2.2 beschrieben. Aus den IRMA- Ergebnissen werden auch für Waldflächen Hochwasser dämpfende Maßnahmen abgeleitet. Sie sollen im Rahmen der forstlichen Standortplanung und Forsteinrichtung berücksichtigt werden. Neben den planenden Akteuren können Anregungen und Umsetzungsvorschläge auch von Waldbesitzern eingebracht werden. Dabei kommt den Kommunen als Waldbesitzer eine große Bedeutung zu. Diese können im Rahmen von Kompensationsplanungen den Wald noch stärker in ihre Überlegungen einbinden, zumal Förderungsmöglichkeiten vorliegen. Maßnahmenvorschläge, die einer stark ökonomisch ausgerichteten Forstwirtschaft Beschränkungen auferlegt und teilweise über die Regeln für eine ordnungsgemäße Forstwirtschaft hinausgehen, bedürfen der Einbindung der Waldbesitzer und teilweise des finanziellen Ausgleichs.

1.5.3 Maßnahmen für die Regional- und Flächennutzungsplanung

Die kommunale Planung und Regionalplanung haben durch die planerischen Vorgaben in den Regionalen Raumordnungsplänen sowie Flächennutzungs- und Landschaftsplänen die Möglichkeit, auf Ziele des Hochwasserschutzes sowie der Gewässer- und Auenentwicklung Einfluss zu nehmen. Die vorstellbaren Maßnahmen sind in Teil 2.3 zusammengestellt. Dabei sind vor allem Maßnahmen genannt, die sich für die Freiflächen anbieten. Im bebauten Bereich liegen bereits Maßnahmenvorschläge des LUWG vor (z.B. Leitfaden zur Niederschlagsversickerung).

1.5.4 Maßnahmen für die Straßenbauverwaltung

Um den Besonderheiten des Straßenbaus Rechnung zu tragen, wurde das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge Straßenbau“ in Zusammenarbeit mit dem Landesbetrieb für Mobilität des

Landes Rheinland-Pfalz (LBM RLP) für straßenbauliche Planungen, wie z.B. Neu- und Ausbaumaßnahmen, angepasst.

Der Landesbetrieb für Mobilität Rheinland-Pfalz kann die Daten des vorbeugenden, nachhaltigen Hochwasserschutzes bei Neubau- und Ausbaumaßnahmen in folgenden Bereichen nutzen:

- bei Umweltverträglichkeitsstudien im Rahmen der Linienfindung,
- bei Aufstellung der Entwurfsunterlagen,
- im Vorgriff zu Baumaßnahmen sowie
- bei der Festlegung von landespflegerischen Kompensationsmaßnahmen.

Eine Zusammenstellung von LUWG- Daten und Nutzbarkeit im Bereich des LBM gibt die folgende Tabelle:

LBM- Ziel	LUWG- Daten	LBM- Nutzen
Umweltverträglichkeit im Rahmen der Linienfindung:		
Raumempfindlichkeitsuntersuchung	Wasserschutzgebiete	erhöhter Aufwand bzw. Ausschlussgrund
	- stark erhöhter Oberflächenabfluss - erosionsgefährdete Flächen	Trassenführung
	- Tiefensickerung, Mulden Auenflächen - Überschwemmungsgebiete	überspannende Brücken, Restriktionsbereiche
Variantenvergleich	- Gewässerstrukturdaten - Gewässergüte	Entwässerung, Verschmutzungsgefahr, Querung
Aufstellung der Entwurfsunterlagen für Neubau- oder Ausbauprojekte (LBP):		
Beurteilung des Eingriffs	- Wasserschutzgebiete - Gewässerstrukturdaten - Gewässergüte, - stark erhöhter Oberflächenabfluss, - erosionsgefährdete Flächen, - Tiefensickerung, - Mulden, - Auenflächen	Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf Boden, Wasser und Landschaft Berücksichtigung der Ausprägung benachbarter Flächen.
Landespflegerische Kompensation	- Auenflächen, - Sättigungsflächen, - speicherschwache Standorte, - austragsgefährdete Flächen, - erosionsanfällige Flächen	- Anlage von Nass- und Feuchtwiesen, - Kompensation auf landwirtschaftlichen Flächen, - Umwandlung von Acker in Grünland - Anlage von Feuchtwald
	Gewässerstruktur	Gewässerrenaturierung, Auwald
Flächenpool	- speicherschwache Standorte, - austragsgefährdete Flächen, - erosionsanfällige Flächen	- Flächenbereitstellung von Seiten der Landwirtschaft

Bau der Entwässerungseinrichtungen	- Wasserschutzgebiete, - Gewässerstrukturdaten, - Gewässergüte	Ableitung von Straßenwasser und Wasser oberhalb liegender Gebiete
	- stark erhöhter Oberflächenabfluss, - erosionsgefährdete Flächen, Mulden, - Auenflächen	- Maßnahmen zur Verhinderung von Wassereintrag von außerhalb und damit Sicherung des Bauwerks, - Absicherung der Baustelle
	Bodenhydrologie	Versickerung von Straßenwasser
	Hochwasserrückhaltepotential	Wasserrückhaltung

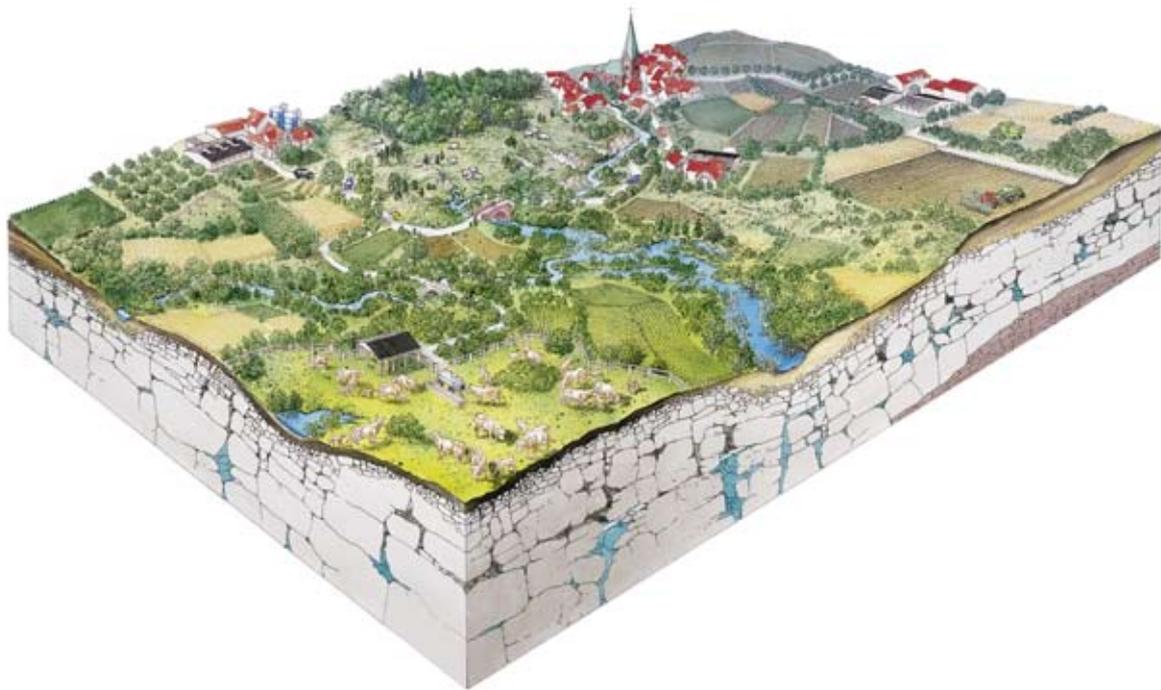
Die Maßnahmen für die Straßenbauverwaltung sind in Teil 2.4 zusammengefasst.

1.6 Nutzung der Daten in der Praxis

Das „Informationspaket zur Hochwasservorsorge“ steht ab sofort zur Verfügung. Die für ILEK und Bodenordnung vorbereiteten Daten können landesweit, aber auch gebietsweise in Form von GIS-Daten oder in Form von Karten beim Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht (LUWG) angefordert werden. Das Informationspaket wird allen Dienststellen der Wasserwirtschaftsverwaltung und allen Dienstleistungszentren ländlicher Raum (DLR, frühere Kulturämter) für die Praxisintegration bereitgestellt. Diese Vorgehensweise wird gleichzeitig auch für die Forstverwaltung, die Straßenbauverwaltung und für die Kommunen angewendet.

2 Maßnahmenbeschreibung

2.1 Landwirtschaft



Maßnahmen für die Integrierten ländlichen Entwicklungskonzepte und die Bewirtschaftung landwirtschaftlicher Flächen

2.1.1 Zusammenfassung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele auf Flächen mit hohem Oberflächenabfluss oder hohem Bodenabtrag:

- Vermeidung hoher Bodenerosion
- Vermeidung von Oberflächenabfluss
- Bodenschonende Bewirtschaftung

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens
- Vermeidung von schnellem Oberflächenabfluss
- Schutz der hydroökologischen Bodenfunktionen

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Vermeidung von Trittschäden und Überweidung
- Bewirtschaftung bei günstiger Witterung und abgetrocknetem Oberboden

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

Grünland:

- Schaffung einer hangparallelen Flur
- Grünland an erosionsgefährdeten Hangflächen
- Schaffung von Ausgleichsflächen
- Tausch von Flächen (insbesondere Hanglagen)
- Schwerpunktflächen für PAULA – Programm

Acker:

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung
- Verzicht auf Hackfruchtanbau
- Förderung des Feldfutterbaus
- Vermeidung von Schadverdichtungen und Fahrspuren
- Verringerung des Bodendrucks durch Breitreifen
- Schaffung von Diagonalfurchen
- Bewirtschaftung bei günstiger Witterung und abgetrocknetem Oberboden
- Konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung)
- Höhenlinienparallele Bewirtschaftung (Konturbearbeitung)
- Schaffung von höhenlinienparallelen Grünlandstreifen im Acker
- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes

Wasserwirtschaftliches Ziel auf **stauenassen Böden:**

- **Abminderung von Zwischenabfluss und Staunässe**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Verdunstung von Pflanzenoberflächen
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens des Bodens
- Vermeidung der schnellen Wasserabführung

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Keine Dränagen, Akzeptanz punktueller Vernässungen
- Verminderung der Grabendichte
- Schaffung von Kleinretentionen
- In Einzelfällen: Tieflockerung

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

Acker:

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung
- Verzicht auf Hackfruchtanbau
- Förderung des Feldfutterbaus
- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes
- Konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung)
- Vermeidung von Pflugsohlenverdichtung
- Umwandlung in Grünland

Wasserwirtschaftliches Ziel auf speicherschwachen Böden

- Verminderung verstärkter Tiefensickerung

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Verdunstung von Pflanzenoberflächen
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens des Bodens

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen
- Tausch von Flächen

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

Grünland:

- Umwandlung in potentiell natürliche Vegetation oder Aufforstung

Acker:

- Umwandlung in potentiell natürliche Vegetation oder Aufforstung

Wasserwirtschaftliche Ziele in Geländemulden:

- Verminderung der Abflusskonzentration
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens
- Verbesserung der hydroökologischen Bodenfunktionen

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Bremsung der Niederschlagsenergie
- Verzögerung der Abflusswelle

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen
- Tausch von Flächen

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

Acker in der Mulde und benachbarten Ackerflächen

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung
- Verzicht auf Hackfruchtanbau
- Förderung des Feldfutterbaus
- Vermeidung von Schadverdichtungen und Fahrspuren
- Verringerung des Bodendrucks durch Breitreifen
- Bewirtschaftung bei günstiger Witterung und abgetrocknetem Oberboden
- Konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung)
- Umwandlung in Grünland
- Schaffung von hangparallelen Landschaftselementen (Hecken, etc.)
- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes

Wasserwirtschaftliches Ziel für Auen:

- **Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens
- Bremsung des Hochwasserabflusses
- Erhöhung der Rauigkeit des Abflusskorridors
- Bremsung und Infiltration von seitlich zufließendem Oberflächenabfluss

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen
- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen
- Schwerpunktflächen für PAULA - Programm

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

Grünland:

- Bewirtschaftungsintensität in Abhängigkeit von der Grundnässe
- Aufgeben der Dränagen
- bei hoher Grundnässe: Umwandlung in potentiell natürliche Vegetation oder Auwald

Acker:

- Umwandlung in Grünland
- Aufgeben der Dränagen
- bei hoher Grundnässe: Umwandlung in potentiell natürliche Vegetation oder Auwald

Wasserwirtschaftliches Ziel für die Gewässer:

- **Abflussschwächung durch flache Gewässerprofile**
- **Abflussschwächung durch Uferentwicklung und Gewässerrandstreifen**
- **Abflussschwächung durch Laufverlängerung**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflussschwelle
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Bachbetts
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Talraums

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Einbeziehung des Unterhaltspflichtigen oder Maßnahmenträgers in das Verfahren
- Schaffung von Ausgleichsflächen
- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen
- Flankierende Maßnahmen in den Auen (siehe Tabelle oben)
- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen
- Flankierende Maßnahmen in den Auen (siehe Tabelle oben)

2.1.2 Beschreibung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele:

- **Vermeidung von Oberflächenabfluss,**
- **Vermeidung von Bodenerosion,**
- **bodenschonende Bewirtschaftung**

Der Oberflächenabfluss sorgt für das schnelle Ansteigen von Hochwasserwellen. Deshalb sollte die Entstehung von Oberflächenabfluss nach Möglichkeit vermieden oder zumindest stark reduziert werden. Während der Oberflächenabfluss in bewaldeten Gebieten sehr gering ist, kann er auf unbedeckten Ackerböden sehr groß werden. Deshalb sollten Flächen, die zu einem erhöhtem Oberflächenabfluss neigen, bodenschonend bearbeitet werden und vor allem im Winterhalbjahr, wenn die Hochwassergefahr am höchsten ist, mit Vegetation bedeckt sein.



Bild 13: Bodenerosion auf einem schwach geneigten Ackerstandort im Frühjahr

Aus dem Datenpool werden Flächen mit hoher Erosionsgefährdung ausgewiesen, die mit Oberflächenabfluss als Transportmedium verbunden sind. Um die daraus resultierenden Folgen für die entsprechenden Flächen zu minimieren, sind einige Grundprinzipien zu beachten, um eine standortgerechte Bewirtschaftung zu gewährleisten. Der prognostizierte Bodenabtrag kann vor allem durch Maßnahmen an der Bodenoberfläche zur Bremsung der Niederschlagsenergie (minimale Bodenbearbeitung, Mulchschicht) und Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens (Erhöhung des Humusanteils) vermindert werden. Die verbesserte, nahezu vollständige Infiltration des auftretenden Niederschlags kann über die Erhaltung bzw. die Entwicklung der Stabilität des Bodengefüges erreicht werden. Ein wesentlicher Grund zur Verbesserung der Situation für den Bewirtschafter stellt die Sicherung seiner Produktionsgrundlage dar. Denn treten Bodenerosion und Oberflächenabfluss über viele Jahre hinweg am Standort auf, so wird vor allem der fruchtbare, humose Oberboden abgetragen.

Erosions- und abflussgefährdete Flächen spielen auch für den Stoffaustrag eine bedeutende Rolle. Hier sind zeitliche Beschränkungen der Düngung notwendig. So sollte Düngung im Spätherbst unterbleiben, da die Gefahr der Verfrachtung von Nährstoffen im Winterhalbjahr besteht. Die zur Erosion neigenden Hanglagen sollten Schwerpunkte von bodenordnerischen und ökologischen Ersatzmaßnahmen sein, wie z.B. Schaffung von Ausgleichsflächen und Tausch von Flächen. Speziell Mulchsaat- und -pflanzverfahren werden über das PAULA- Programm gefördert (MUF 2006).

Durch eine bodenschonende Bewirtschaftung kann der Bodenabtrag auf Grund der besseren Bodenstruktur und des höheren Humusgehaltes beträchtlich reduziert werden. Da mit einer bodenschonenden Bewirtschaftung auch der Oberflächenabfluss reduziert werden kann, dient dies auch dem Hochwasserrückhalt.

Neben dem Eintrag von Schwebstoffen, ist der Bodenabtrag auch hinsichtlich des Eintrags von Phosphor und anderen Nährstoffen in Gewässer relevant, da diese häufig in einer an Boden und Humuspartikel gebundenen Form transportiert werden.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung einer hangparallelen Flur:

Die Fließwege am Hang werden durch Raine, Wege oder Vegetationsstreifen immer wieder unterbrochen. Die Bewirtschaftungsrichtung wirkt dabei insbesondere auf die Konzentration des Abflusses, die bei isohypsenparalleler Anordnung deutlich reduziert werden kann.

- Grünland an erosionsgefährdeten Hangflächen:

Ackerflächen an Hängen, die auf Grund der Hangneigung und der Oberbodenart zu Erosion und Oberflächenabfluss neigen, sollten in Bodenordnungsverfahren als Grünlandstandorte ausgewiesen werden. Grünlandnutzung reduziert im Vergleich zur Ackernutzung die Erosionsneigung und wirkt auch mindernd auf Abflussbildung und Abflusskonzentration. Hänge mit über 18% Neigung sollten generell nicht als Acker genutzt werden.

- Schaffung von Ausgleichsflächen:



Flächen, die zu hohem Oberflächenabfluss oder hoher Bodenerosion neigen, sollten bevorzugt als Ausgleichsflächen in Bodenordnungsverfahren ausgewiesen werden. Damit ist eine Nutzungsaufgabe oder extensive Grünlandnutzung verbunden, die eine ganzjährige Vegetationsbedeckung der Flächen sicherstellt. Die Abflussbildung und Abflusskonzentration wird dadurch deutlich vermindert.

Bild 14: Hangparallele Flureinteilung und Bewirtschaftung

- Tausch von Flächen (insbesondere Hanglagen):

Bei Bodenordnungsverfahren lassen sich erosions- und abflussanfällige Hangflächen über einen Flächentausch aus der intensiven Ackernutzung nehmen. Landwirte, die Grünlandwirtschaft betreiben, sollten diese Flächen im Tausch erhalten. Zu beachten ist dabei, dass gängige Grünlandflächen eine geringere Bodenqualität aufweisen als Ackerflächen. Bei einem Tausch von Ackerflächen am Hang müssen dem Landwirt mit Ackerbau gleichwertige Flächen an anderer Stelle zur Verfügung gestellt werden.

- Änderung der Wege und deren Entwässerung:

Mit steigendem Versiegelungsgrad wird die Abflussbildung gefördert und das Abflussvolumen gesteigert. Deshalb sind die Längen von befestigten Wegen auf das Mindestmaß (Erntewege für schwere Geräte) zu reduzieren.

Der Verlauf der Wege und Entwässerungsgräben muss eher isohypsenparallel erfolgen als in Hangrichtung. Dadurch werden die Fließzeiten für Oberflächenabfluss verlängert.

Die Entwässerung über Wegseitengräben darf nicht direkt zum nächsten Gewässer erfolgen. Idealerweise sind die Abflüsse auf geeigneten Flächen zu versickern oder in Kleinretentionen zwischenzuspeichern.

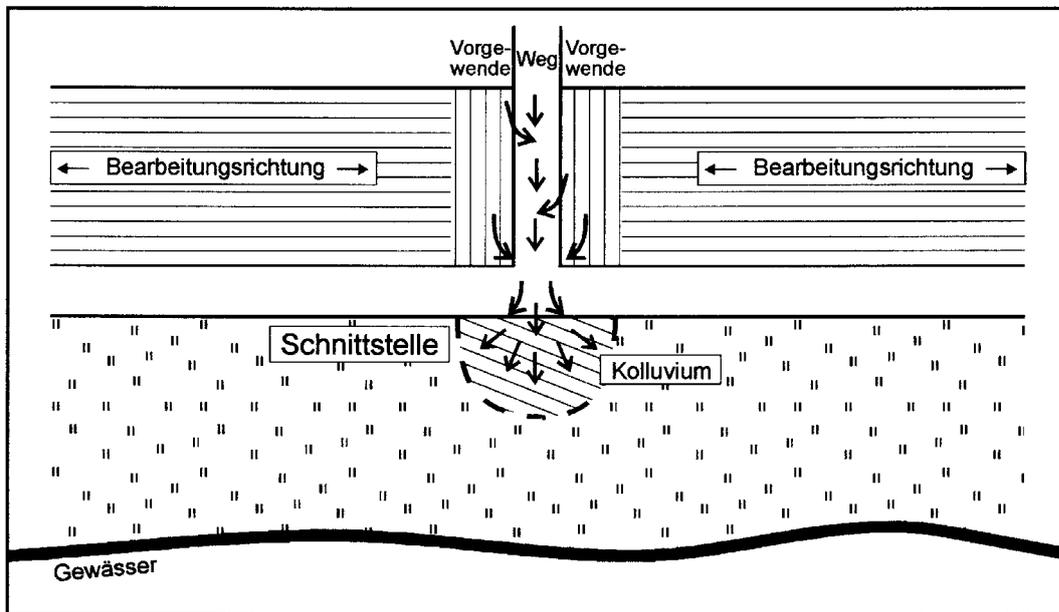


Bild 15: Oberflächenabfluss und Bodenabtrag im Vorgewende und auf hangabwärts verlaufenden Wegen

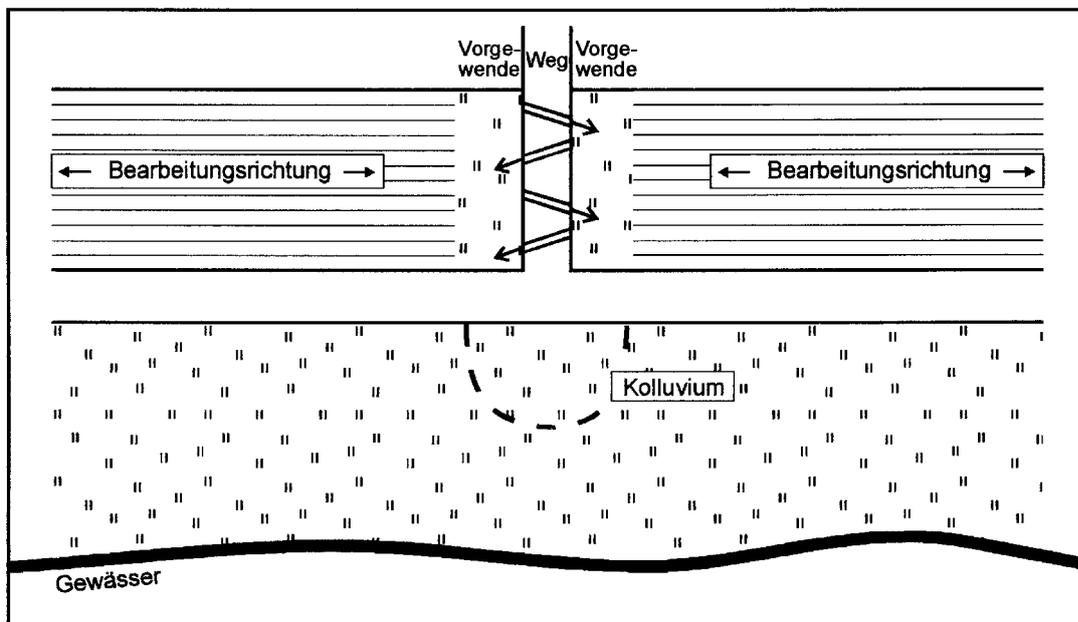


Bild 16: Grünlandnutzung des Vorgewendes und Ableitung von Wegwasser auf die Wiesenfläche

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Direktsaat oder Mulchsaat:

Auf der Bodenoberfläche belassene Erntereste und Stoppeln schützen vor Verschlammung des Oberbodens, fördern durch die Bodenruhe und das daraufhin aufgebaute Makroporensystem die Infiltration von Niederschlagswasser und zögern so die Abflussbildung hinaus. Die anschließende Direktsaat ohne Bodenbearbeitung erhält die positiven Eigenschaften des Oberbodens (siehe Bild 17). Zudem bleibt der Oberboden ganzjährig mit Pflanzenresten geschützt. Insgesamt sind solche konservierenden Bodenbearbeitungen den konventionellen Techniken vorzuziehen. Dabei sind die standörtlichen Gegebenheiten zu beachten, da nicht alle Böden gleich gut auf eine reduzierte Bodenbearbeitung reagieren. Standorte mit Vorteilen bei reduzierter Bodenbearbeitung sind zur Verschlammung neigende, erosionsgefährdete und steinhaltige Böden.

- Verzicht auf Hackfruchtanbau:

Hackfruchtanbau hat auf Grund seiner späten Bestandsbildung im Frühsommer keine großen Bodenbedeckungsgrade aufzuweisen. Erosive Starkregenereignisse treten vor allem auch von April bis Juni auf. Damit treffen Starkregen relativ ungeschützt die Bodenoberfläche und führen zu Erosion und Abfluss. Falls Hackfrucht dennoch angebaut werden muss, sind verbleibende Pflanzenreste in den Zwischenreihen von Vorteil (siehe Bild 18).



Bild 17: Direktsaat in Stoppelacker

Bild 18: Zuckerrüben auf mulchbedecktem Acker in Hanglage

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung:

Je nach Fruchtfolge ergeben sich mehr oder weniger lange vegetationslose Zeiträume. In einer 3-jährigen Fruchtfolge (z.B. Zuckerrüben, Winterweizen, Wintergerste) ist der Boden nur an 30% bis 35% des Zeitraums mit einem geschlossenen Pflanzenbestand geschützt. Wird während der Fruchtfolge einmal Zwischenfrucht angebaut, erhöht sich die Bedeckungszeit auf 50%. Diese kann man durch Untersaaten (z.B. bei Mais) weiter erhöhen.

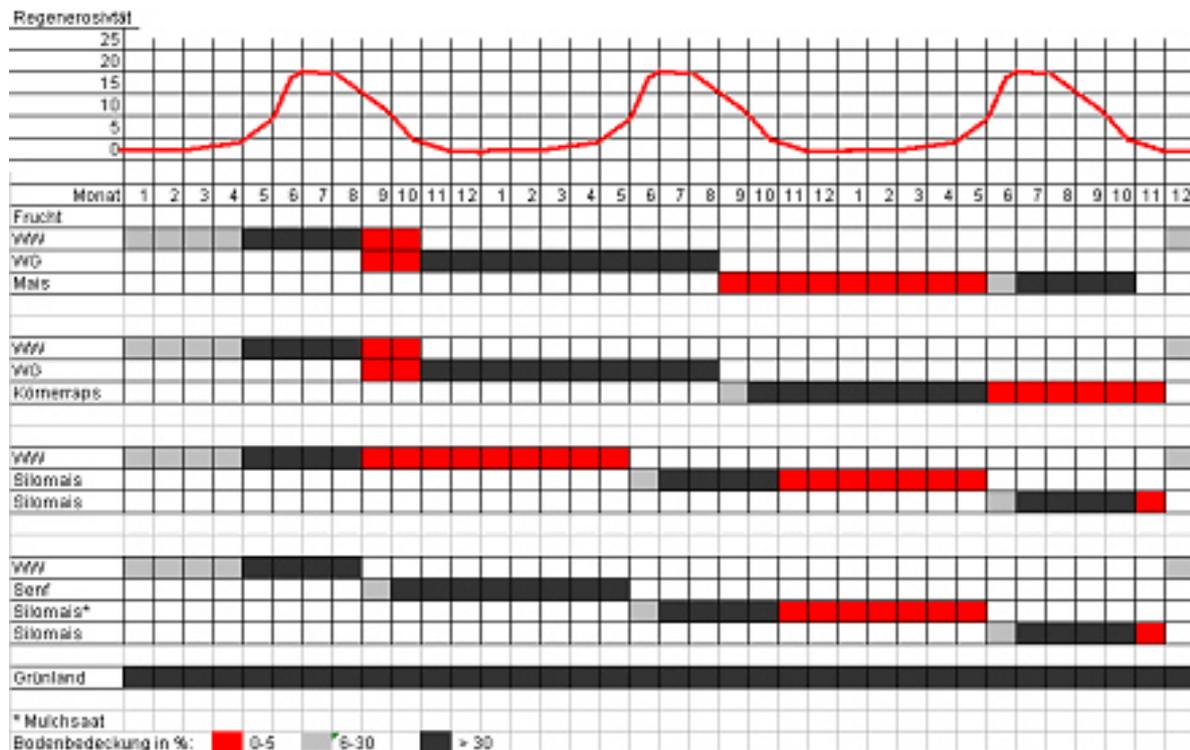


Bild 19: Bodenbedeckung und Regenerosivität für gängige Fruchtfolgen

- Förderung des Feldfutterbaus:

Feldfutterbau (Leguminosen, Grasmischungen) auf Ackerflächen ist hinsichtlich des Oberbodenschutzes vor hohen Niederschlagsenergien ähnlich gut einzuordnen wie Grünland. Zu beachten ist dabei die Vermeidung von Oberbodenverdichtungen durch häufiges Befahren der Fläche.

- Vermeidung von Trittschäden und Überweidung:

Die Grünlandnutzung ist auf erosionsanfälligen und oberflächenabflussstarken Hangflächen einer Ackernutzung vorzuziehen. Dabei sind Weiden und Koppeln so anzulegen, dass keine Trittschäden entstehen (z.B. um Tränkefass). Desweiteren ist die Besatzdichte auf 1,5 GVE pro ha zu beschränken, damit Oberbodenverdichtungen vermieden werden.

- Bewirtschaftung bei günstiger Witterung und abgetrocknetem Oberboden:

Befahrungen von landwirtschaftlichen Flächen sollten nur dann erfolgen, wenn der Boden tragfähig ist. Hohe Bodenfeuchte ruft plastische Veränderungen der Bodenstruktur hervor und reduziert die Wasserleitfähigkeit (Infiltration) und die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens.

- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes:

Organische Dünger erhöhen den Humusgehalt des Bodens und regen das Bodenleben an. Beide Effekte bewirken eine höhere Gefügestabilität, so dass die Verschlammungsneigung sinkt. Die Gefügestabilität kann auch über eine regelmäßige Kalkzufuhr verbessert werden.

- Vermeidung von Schadverdichtungen und Fahrspuren; z.B. durch Onland-Pflügen

- Verringerung des Bodendrucks durch Verwendung von Breitreifen:

Befahren mit schweren Maschinen und hohen Reifenlasten führt zu Schadverdichtungen, die bis in 30cm Bodentiefe zu negativen Infiltrationsbedingungen führen.

- Schaffung von Diagonalfurchen:

Diagonalfurchen werden gezielt zur Wasserableitung im Winterhalbjahr angelegt. Sie werden quer zum Hauptgefälle angelegt, fangen oberflächlich ablaufendes Wasser auf und leiten es gezielt und unschädlich ab. Beachtet werden muss die weitere Wasserableitung unterhalb des mit Furche versehenen Ackers.

- konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung):

Durch die konservierende Bodenbearbeitung werden leichtere Maschinen eingesetzt, die die Tragfähigkeit der Böden positiv beeinflusst und somit Schadverdichtungen vermeidet. Die Wasserleitfähigkeit bei konservierender Bodenbearbeitung steigt gegenüber der konventionellen Bearbeitung, was vor allem auf die stabileren Makroporensysteme zurückzuführen ist.

- höhenlinienparallele Bewirtschaftung (Konturbearbeitung);

Schaffung von höhenlinienparallelen Grünlandstreifen im Acker:

Oberflächenabfluss und Erosion sind im allgemeinen auf Grünlandflächen weitaus geringer als auf Ackerland, denn der Boden ist ganzjährig von Pflanzen bedeckt und vor Verschlämmung geschützt.



Diese positiven Eigenschaften von Grünland lassen sich als „Bremse für Wasser und Bodenmaterial“ in Ackerlandschaften nutzen. Hangparallele Grünlandstreifen, die alle 100 m in 10 m breiten Streifen angelegt sind, können neben den positiven Wirkungen für die Wasserwirtschaft auch solche für ökologische und biotopvernetzende Zielsetzungen haben.

Bild 20: Grünland- und Zwischenfruchtstreifen zur Bremsung von Oberflächenabfluss und Bodenerosion

- Schwerpunktflächen für PAULA- Programm:



Erosions- und abflussanfällige Hangflächen lassen sich durch finanzielle Anreize mit Hilfe des PAULA-Programms erosionsminimierend und abflussreduzierend bewirtschaften.

Bild 21: Struktureiche, höhenlinienparallel angelegte Vegetationsstreifen und Nutzungen

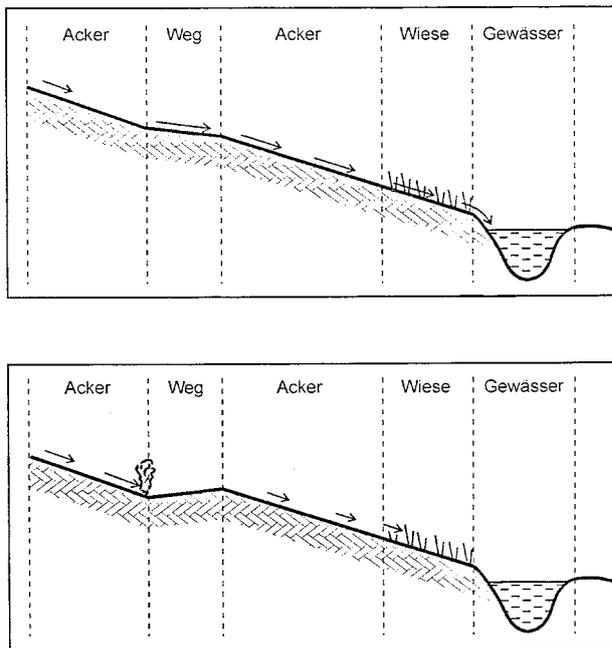


Bild 22: Änderung des Hanggefälles im Bereich des Weges zur Kürzung der Hanglänge

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Abminderung von Zwischenabfluss und Staunässe



Staunasse Böden haben die Eigenschaft, in den Boden eingedrungenes Niederschlagswasser nicht weiter in die Tiefe abzuleiten, sondern auf einer dichten Schicht zunächst zu stauen. Befindet sich die staunasse Fläche in Hanglage, so kommt es relativ schnell zu Interflow (Zwischenabfluss) oberhalb der dichten Schicht. Oft wird die Wasserableitung durch Dränagen oder Gräben noch beschleunigt.

Bild 23: Stark staunasser Boden, der idealerweise nicht landwirtschaftlich genutzt wird

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Keine Dränagen, Akzeptanz punktueller Vernässungen:

Die bei Bodenordnungsverfahren angedachten Dränagen staunasser Bereiche (Bedarfs- bzw. Flächen-dränagen) sollten unterbleiben. Dränagen führen zu einer schnellen Wasserabführung, die insbesondere bei langanhaltenden Niederschlägen von Nachteil für das Hochwassergeschehen ist. Punktuelle Vernässungen, die in der Regel außerhalb der Vegetationszeit besonders hervortreten, sollten belassen werden. Die Teilflächen können als kleinflächige Biotope aus der Nutzung genommen werden.

- Verminderung der Grabendichte:

Entwässerungsgräben, die bei Bodenordnungsverfahren festgelegt werden, sollten nicht für die Abführung von Zwischenabfluss bzw. Staunässe ausgelegt werden. Gräben, die staunasse Bereiche entwässern, sollten aufgelassen werden bzw. so geleitet werden, dass sie nicht direkt zum nächsten Gewässer geführt werden.

- Schaffung von Kleinretentionen:

Unterhalb staunasser Flächen wirken Kleinretentionen abflussmindernd, die das aus Dränagen oder Gräben abgeleitete Stauwasser aufnehmen und für einige Zeit zwischenspeichern.

- In Einzelfällen: Tieflockerung:

Für den Fall, dass eine Ackernutzung aus planerischen oder betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten auf staunassen Flächen Bestand haben muss, bietet sich eine Tieflockerung der Flächen an. Dadurch wird der Stauhorizont aufgebrochen, das Niederschlagswasser kann bis in größere Bodentiefen versickern und es wird ein größerer Bodenraum für die Pflanzenwurzeln zur Verfügung gestellt. Die Böden sind allerdings anfällig für Wiederverdichtung.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Umwandlung in Grünland:

Großflächig staunasse Flächen sollten der natürlichen Nutzungseignung entsprechend als Grünland bewirtschaftet werden. Der höhere Wasserbedarf von Grünlandpflanzen bedingt eine Reduzierung des Zwischenabflusses von bis zu 100 mm pro Jahr.

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung:

Je nach Fruchtfolge ergeben sich mehr oder weniger lange vegetationslose Zeiträume. Zur Erhöhung der Verdunstung ist über lange Zeit ein geschlossener Pflanzenbestand anzustreben. Zwischenfruchtanbau und Untersaaten erhöhen die Bedeckungszeit und damit die aus dem Boden verdunstende Wassermenge.

- Verzicht auf Hackfruchtanbau:

Hackfruchtanbau hat auf Grund seiner späten Bestandsbildung im Frühsommer keine großen Bodenbedeckungsgrade aufzuweisen. Deshalb hat Hackfrucht von April bis Juni nur eine geringe Verdunstungsleistung. Das überschüssige Bodenwasser staunasser Flächen wird nicht von den Pflanzen verdunstet und fließt im Boden ab.

- Förderung des Feldfutterbaus:

Feldfutterbau (Leguminosen, Grasmischungen) auf Ackerflächen ist hinsichtlich des Wasserbedarfs ähnlich gut einzuordnen wie Grünland, so dass der Zwischenabfluss gegenüber Acker deutlich reduziert wird. Zu beachten ist dabei die Vermeidung von Oberbodenverdichtungen durch häufiges Befahren der Fläche.

- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes:

Organische Dünger erhöhen den Humusgehalt des Bodens und regen das Bodenleben an. Beide Effekte bewirken eine höhere Gefügestabilität, so dass die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens erhöht wird. Die Gefügestabilität kann auch über eine regelmäßige Kalkzufuhr verbessert werden.

- konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung):

Durch die konservierende Bodenbearbeitung werden leichtere Maschinen eingesetzt, die die Tragfähigkeit der Böden positiv beeinflusst und somit Schadverdichtungen vermeidet. Die Wasserleitfähigkeit bei konservierender Bodenbearbeitung steigt gegenüber der konventionellen Bearbeitung, was vor allem auf die stabileren Makroporensysteme zurückzuführen ist.

- Vermeidung von Pflugsohlenverdichtung:

Zur Vermeidung von oberflächennaher Staunässe ist bei bestimmten Bodenarten (schluffige, feinsandige Böden) darauf zu achten, dass keine Pflugsohlenverdichtung auftritt.

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Verminderung verstärkter Tiefensickerung

Unter Tiefensickerung versteht man die Bewegung von Wasser aus der Bodenzone in die darunter liegende undurchwurzelte Schicht. Dabei wirkt der Boden als kurzzeitiger Zwischenspeicher. Er gibt das Wasser schnell nach unten weiter. Geringmächtige Böden oder Böden mit einem geringen Speichervermögen (z.B. Sandböden) können nur wenig Wasser speichern. Sie sind im Hochwassergeschehen jedoch weniger kritisch zu sehen (im Vergleich zu Flächen mit Oberflächen- oder Zwischenabfluss), da zumindest eine kurzzeitige Zwischenspeicherung stattfindet.

Die Böden mit geringer Speicherfähigkeit sind auch beim Stoffhaushalt schlecht zu bewerten. Wasserlösliche Stoffe (z.B. Nitrat) werden mit dem Sickerwasser schnell nach unten verlagert, so dass die Nährstoffe manchmal gar nicht von den Pflanzen genutzt werden können. Für die Stoffverlagerung sind Wälder ebenfalls günstiger zu beurteilen als landwirtschaftlich genutzte Flächen.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Flächen, die zu hoher Tiefensickerung neigen, sollten bevorzugt als Ausgleichsflächen in Bodenordnungsverfahren ausgewiesen werden. Damit ist eine Nutzungsaufgabe oder extensive Grünlandnutzung verbunden, die eine ganzjährige Vegetationsbedeckung der Flächen sicherstellt. Die Abflussbildung wird dadurch vermindert.

- Tausch von Flächen:

Bei Bodenordnungsverfahren lassen sich zu Tiefensickerung neigende Flächen über einen Flächentausch aus der intensiven Ackernutzung nehmen. Landwirte, die Grünlandwirtschaft betreiben, sollten diese Flächen im Tausch erhalten. Ebenso können diese Flächen als Waldmehrungsflächen für die Forstwirtschaft angeboten werden.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Umwandlung in Tauschflächen für das Ökokonto (potentiell natürliche Vegetation oder Aufforstung):

Flächen die eine hohe Tiefensickerung haben, sollten so bewirtschaftet werden, dass das geringe Rückhaltepotential des Bodens nach Möglichkeit durch den Vegetationsspeicher aufgewertet wird. Wald und höherwüchsige potentiell natürliche Vegetation können an ihren Pflanzenoberflächen 2 bis 5 mm Niederschlag speichern (Laubwald bzw. Nadelwald) und ergänzen so den Bodenwasserspeicher (siehe Bild 24).



Wald leert aufgrund seiner hohen Verdunstung den Bodenwasserspeicher stärker als landwirtschaftliche Kulturen und erhöht so zusätzlich das Retentionspotential. Damit kann auch auf diesen Flächen Wasser besser zurückgehalten werden.

Bild 24: Umwandlung von landwirtschaftlich genutzten Flächen in strukturreiche Waldbestände mit hohem Anteil junger Bäume zur Vermeidung verstärkter Tiefensickerung

Wasserwirtschaftliche Ziele:

**Vermeidung der Abflusskonzentration in Mulden,
Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens,
Verbesserung der hydroökologischen Bodenfunktionen**

Mulden sind flache Hohlformen, in denen sich häufig kein Gewässer befindet. Trotzdem wirken sie als Wassersammler und sorgen für einen raschen Abfluss von Oberflächenwasser. Gleichzeitig sind diese Bereiche Auflandungsflächen für humoses Oberbodenmaterial, das von den Hängen in die Mulden abgetragen wird. Mulden sind deshalb hochproduktive Standorte, die oft intensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

In Muldenbereichen gilt es, die Weiterleitung und Entstehung von Abfluss zu verhindern und das Wasseraufnahmevermögen des Oberbodens zu erhöhen. In abflusslosen Mulden kann Wasser dann zurückgehalten werden bis es versickert oder verdunstet. Dieses Wasser wird nicht hochwasserwirksam. Außerdem soll die Abflusskonzentration in schmalen Abflusssrinnen in den Mulden verhindert

werden. Die Maßnahmen zielen auf eine ganzjährige Bodenbedeckung und bodenschonende Bewirtschaftung ab. Damit wird die Infiltration von Oberflächenwasser gefördert.



Die Muldenbereiche auf Ackerflächen sind ähnlich zu behandeln wie die erosionsgefährdeten Hangflächen. Auch hier gelten als Grundprinzipien die Bremsung der Niederschlagsenergie und des Abflusses, die Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens, die Verbesserung der

Bild 25: Zusammenlaufen von Boden und Wasser in einer Hangmulde

Stabilität des Bodengefüges und die Sicherung der Produktionsgrundlage. Hinzu kommen Strategien zur Vermeidung der Abflusskonzentration, d.h. der Bildung von Abflussrinnen in den Mulden. Die Maßnahmen für eine standortgerechte Bewirtschaftung zielen deshalb auf eine ganzjährige Bodenbedeckung oder einen Nutzungswandel nach Grünland ab. Auch diese Umwandlung von Ackerland in extensiv zu nutzendes Grünland wird im PAULA- Programm gefördert. Auch auf den Muldenbereichen sind Vorgaben zu einer standortgerechten Düngung und für bodenordnerische Maßnahmen notwendig, um nachteilige Folgen abzuschwächen bzw. zu verhindern.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen;

Flächen, die zur Abflusskonzentration neigen, sollten bevorzugt als Ausgleichsflächen in Bodenordnungsverfahren ausgewiesen werden. Damit ist eine Nutzungsaufgabe oder extensive Grünlandnutzung verbunden, die eine ganzjährige Vegetationsbedeckung der Flächen sicherstellt. Die Abflussbildung und Abflusskonzentration wird dadurch deutlich vermindert.

- Tausch von Flächen:

Bei Bodenordnungsverfahren lassen sich Abfluss anfällige Muldenflächen über einen Flächentausch aus der intensiven Ackernutzung nehmen. Landwirte, die Grünlandwirtschaft betreiben, sollten diese Flächen im Tausch erhalten. Zu beachten ist dabei, dass gängige Grünlandflächen eine geringere Bodenqualität aufweisen als Ackerflächen. Bei einem Tausch von Ackerflächen am Hang müssen dem Landwirt mit Ackerbau gleichwertige Flächen an anderer Stelle zur Verfügung gestellt werden.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Fruchtfolgegestaltung mit ganzjähriger Bodenbedeckung:

Je nach Fruchtfolge ergeben sich mehr oder weniger lange vegetationslose Zeiträume. Dadurch liegt der Oberboden in den Mulden lange Zeit offen und ist anfällig für Abflussbildung und Abflusskonzentration. Zur Erhöhung der Verdunstung und damit Freihalten des Bodenwasserspeichers für zu-

sätzliches Niederschlagswasser ist über lange Zeit ein geschlossener Pflanzenbestand anzustreben. Zwischenfruchtanbau und Untersaaten erhöhen die Bedeckungszeit und damit die aus dem Boden verdunstende Wassermenge.

- Verzicht auf Hackfruchtanbau:

Hackfruchtanbau hat auf Grund seiner späten Bestandsbildung im Frühsommer keine großen Bodenbedeckungsgrade aufzuweisen. Erosive Starkregenereignisse treten vor allem auch von April bis Juni auf. Damit treffen Starkregen relativ ungeschützt die Bodenoberfläche und führen zu Erosion oder Abfluss.

- Förderung des Feldfutterbaus:

Feldfutterbau (Leguminosen, Grasmischungen) auf Ackerflächen ist hinsichtlich des Oberbodenschutzes vor hohen Niederschlagsenergien ähnlich gut einzuordnen wie Grünland. Zu beachten ist dabei die Vermeidung von Oberbodenverdichtungen durch häufiges Befahren der Fläche.

- Vermeidung von Schadverdichtungen und Fahrspuren, Verringerung des Bodendrucks durch Breitreifen:

Befahren mit schweren Maschinen und hohen Reifenlasten führt zu Schadverdichtungen, die bis in 30cm Bodentiefe zu negativen Infiltrationsbedingungen führen.

- Bewirtschaftung bei günstiger Witterung und abgetrocknetem Oberboden:

Befahrungen von landwirtschaftlichen Flächen sollten nur dann erfolgen, wenn der Boden tragfähig ist. Hohe Bodenfeuchte rufen plastische Veränderungen der Bodenstruktur hervor und reduzieren die Wasserleitfähigkeit (Infiltration) und die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens.

- konservierende Bodenbearbeitung (pfluglose Bearbeitung):

Durch die konservierende Bodenbearbeitung werden leichtere Maschinen eingesetzt, die die Tragfähigkeit der Böden positiv beeinflusst und somit Schadverdichtungen vermeidet. Die Wasserleitfähigkeit bei konservierender Bodenbearbeitung steigt gegenüber der konventionellen Bearbeitung, was vor allem auf die stabileren Makroporensysteme zurückzuführen ist. Das Niederschlagswasser wird vom Boden aufgenommen und es wird nicht oberflächlich weitergeleitet.

- Umwandlung in Grünland:

Ackerflächen in Mulden, die auf Grund der Hangneigung und der Oberbodenart zu Erosion und Oberflächenabfluss neigen, sollten als Grünland genutzt werden. Grünlandnutzung reduziert im Vergleich zur Ackernutzung die Erosionsneigung und wirkt mindernd auf die Abflussbildung und Abflusskonzentration. Mulden mit über 18% Neigung sollten generell nicht als Acker genutzt werden.

Muldenflächen sollten auch wegen der natürlichen Nutzungseignung (höhere Grundnässe als benachbarte Hangflächen) als Grünland bewirtschaftet werden. Der höhere Wasserbedarf von Grünlandpflanzen bedingt eine Vergrößerung des Wasserspeichers im Boden.

- Erhöhung des Humusgehaltes und des Kalkgehaltes:

Organische Dünger erhöhen den Humusgehalt des Bodens und regen das Bodenleben an. Beide Effekte bewirken eine höhere Gefügestabilität, so dass die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens erhöht wird. Die Gefügestabilität kann auch über eine regelmäßige Kalkzufuhr verbessert werden.



Bild 26: Mulden, wo Abflusskonzentration stattfindet, sollten als Grünland bewirtschaftet werden.

- Schaffung von hangparallelen Landschaftsstrukturelementen:

Oberflächenabfluss und Erosion sind im allgemeinen auf Grünlandflächen und Bereichen mit höherwüchsiger Vegetation (Hecken, Buschreihen) weitaus geringer als auf Ackerland, denn der Boden ist ganzjährig von Pflanzen bedeckt und vor Verschlammung geschützt (siehe Bild 26). Diese positiven Eigenschaften lassen sich als „Bremse für Wasser und Bodenmaterial“ in Mulden nutzen. Hangparallele Grünland oder Heckenstreifen, die alle 100 m in 10 m breiten Streifen angelegt sind, können neben den positiven Wirkungen für die Wasserwirtschaft auch solche für ökologische und biotopvernetzende Zielsetzungen haben.

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen

Hochwasserrückhalt entlang von Gewässern auf den Gewässer begleitenden Auenflächen stellt einen wesentlichen Beitrag zum Hochwasserschutz dar. Ziel von Maßnahmen ist die Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens von Auen. Dazu müssen die Bäche und Flüsse in der Lage sein, auftretende Hochwässer aus dem Gerinne heraus auf die Auenflächen zu bringen. Maßnahmen in der Aue selbst (Standort angepasste Grünlandnutzung) lassen sich über das PAULA- Programm realisieren (Flächen an Gewässern und in festgesetzten Überschwemmungsgebieten). Eine generelle Notwendigkeit ist das Freihalten der Auenflächen von Bebauung, da sonst weitere Auenflächen für immer der Retention verloren gehen. Intakte Auenflächen bedeuten für die Bewirtschafter sichere Grünlandstandorten. Denn natürliche, nicht eingetiefte Gewässer haben Einfluss auf die Grundwasserhältnisse der Aue, die dann auch während Trockenperioden genügend Wasser für die Grünländer bereitstellen.

Intakte Auen sind Talniederungen, die für eine großflächige Zwischenspeicherung von Hochwasser hervorragend geeignet sind. Flächen entlang von Fließgewässern, die einer natürlichen Auendyna-

mik unterliegen, sorgen sowohl für eine oberirdische (bei Überflutung) als auch für eine unterirdische Hochwasserrückhaltung (bei Grundwasseraufhöhung) und verzögern den Hochwasserabfluss.

Dabei hängt das Hochwasserrückhaltepotential von der Größe und der Überstauhöhe der überflutbaren Flächen ab, aber auch von der Rauigkeit der Oberfläche und des Bewuchses. Neben der Reduzierung der Abflussgeschwindigkeit wird eine Reduzierung der Hochwasserwelle im Unterlauf erreicht. Heute ist der größte Teil der Auenflächen nicht mehr in der Lage, Hochwasser zu speichern. Tief eingeschnittene, verbaute und begradigte Fluss- und Bachläufe können nur mehr bei extremen Hochwässern über die Ufer treten und ihre Auen überfluten.



Die Rauigkeit der Oberfläche und des Bewuchses. Neben der Reduzierung der Abflussgeschwindigkeit wird eine Reduzierung der Hochwasserwelle im Unterlauf erreicht. Heute ist der größte Teil der Auenflächen nicht mehr in der Lage, Hochwasser zu speichern. Tief eingeschnittene, verbaute und begradigte Fluss- und Bachläufe können nur mehr bei extremen Hochwässern über die Ufer treten und ihre Auen überfluten.

Bild 27: Intakte Bachaue

Neben der Offenhaltung der Auenflächen von Bebauung und einer dem Standort angepassten Nutzung durch Grünland oder naturnahen Auwald gilt es, die Wasserläufe so zu entwickeln, dass sie wieder frühzeitig über die Ufer treten und ihre Auen überschwemmen können. In der Regel lässt sich dies durch Sohlanhebung und naturnahe Ufergestaltung erreichen.

Sättigungsflächen als ständig nasse Bereiche haben ein geringes Wasserspeichervermögen. Auf Sättigungsflächen bildet sich durch Auffüllen des Grund- oder Stauwasserspiegels bis zur Oberfläche der hochwasserwirksame Sättigungsflächenabfluss. Wenn der Boden kein Wasser mehr aufnehmen kann, fließt der gesamte Niederschlag oberflächlich ab. Dies führt zu einem schnellen Anwachsen der Hochwasserwelle.

Sättigungsflächenabfluss tritt häufig in Auenbereichen, aber auch in anderen Lagen mit stau- oder grundwasserbeeinflussten Böden, auf. Sie können sich entweder während eines größeren Niederschlagsereignisses bilden und ausdehnen oder schon vorher bestehen. Sie sind bei aufkommenden hohen Niederschlägen schnell Abfluss bereit, da kaum eine Zwischenspeicherung stattfindet.

In Talauen ist naturnaher Auwald die beste Bewirtschaftungsform, aber auch andere Sättigungsflächen sind prädestiniert für eine Aufforstung oder können der natürlichen Sukzession überlassen werden. Der Wasserrückhalt im Vegetationsspeicher sorgt für ein höheres Retentionsvermögen der Sättigungsflächen.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung

- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Flächen, die in der Talaue liegen, sollten bevorzugt als Ausgleichsflächen in Bodenordnungsverfahren ausgewiesen werden. Insbesondere sollten Ackerflächen aufgegeben werden und Grünland oder Flächen mit potentiell natürlicher Vegetation in der Aue bevorzugt werden. Damit ist eine ganzjährige Vegetationsbedeckung der Flächen sicherstellt (siehe Bild 28). Die Retention in der Aue wird dadurch deutlich erhöht.

- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen:



Ackerflächen sollten aus der Aue herausgelegt werden. Im Gegenzug sind Grünlandflächen in der Aue vorzusehen.

Bild 28: Sättigungsflächen, deren Nutzung zu Gunsten von Biotopentwicklung aufgegeben worden ist.

- Aufgeben der Dränagen:

Die bei Bodenordnungsverfahren angedachten Dränagen grundnasser Bereiche (Bedarfs- bzw. Flächendränagen) sollten unterbleiben. Dränagen führen zu einer schnellen Wasserabführung, die insbesondere bei langanhaltenden Niederschlägen von Nachteil für das Hochwassergeschehen ist. Punktuelle Vernässungen, die in der Regel außerhalb der Vegetationszeit besonders hervortreten, sollten belassen werden. Die Teilflächen können als kleinflächige Biotope aus der Nutzung genommen werden.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Bewirtschaftungsintensität in Abhängigkeit von der Grundnässe:

Befahrungen von landwirtschaftlichen Flächen in der Aue sollten nur dann erfolgen, wenn der Boden tragfähig ist. Hohe Bodenfeuchte bedingt plastische Veränderungen der Bodenstruktur und reduziert die Wasserleitfähigkeit (Infiltration) und die Wasserspeicherfähigkeit des Bodens.

- Umwandlung in Grünland:

Auenflächen und Sättigungsflächen sollten der natürlichen Nutzungseignung entsprechend als Grünland bewirtschaftet werden. Die ganzjährige Bodenbedeckung bedingt einen Schutz des Bodens und eine Erhöhung der Retentionsleistung gegenüber Ackerflächen.

- bei hoher Grundnässe: Umwandlung in Tauschflächen für das Ökokonto (potentiell natürliche Vegetation oder Auwald):

Flächen, die durch hohe Grundwasserstände gekennzeichnet sind, sollten so bewirtschaftet werden, dass das geringe Rückhaltepotential des Bodens nach Möglichkeit durch den Vegetationsspeicher aufgewertet wird. Wald und höherwüchsige potentiell natürliche Vegetation können an ihren Pflanzenoberflächen 2 bis 5 mm Niederschlag speichern (standardgerechter Auwald) und ergänzen so den Bodenwasserspeicher (siehe Bild 29). Des Weiteren hat höherwüchsige Vegetation den Vorteil der Bremsung und Retention des Hochwasserabflusses.

- Schwerpunktfelder für PAULA- Programm:



Auen- und Sättigungsflächen lassen sich durch finanzielle Anreize mit Hilfe des PAULA- Programms standortgerecht bewirtschaften.

Bild 29: Potentiell natürliche Vegetation auf einer Auenfläche mit hoher Grundnässe

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Abflussdämpfung durch flache Gewässerprofile, Abflussdämpfung durch Uferentwicklung und Gewässerrandstreifen

Eintiefung ist die Tieferlegung der Gewässersohle durch Tiefenerosion oder Ausbaumaßnahmen.



Begradigungen und das durch die Laufverkürzung entstandene erhöhte Gefälle der Bäche steigern deren Schleppkraft und fördern so die Eintiefung. Eingetiefte Gewässer führen das Wasser schnell ab. Sie haben keine Verbindung zu ihren Auen, so dass diese für den Hochwasserrückhalt nicht zur Verfügung stehen. Dies führt zu einem schnellen Auflaufen des Hochwassers bei den Unterliegern.

Gewässer mit starker Erosion

Bild 30: Tief eingeschnittenes

Durch Gewässerentwicklung an den kleinen und mittleren Gewässern lässt sich das Hochwasserge-schehen ebenfalls beeinflussen. Die heutige Situation ist oft durch tief eingeschnittene Gewässer und fehlende Gewässerrandstreifen geprägt. Durch Anhebung der Gewässersohle und bereichsweise Abflachung der Uferberge (Geländeerhöhung entlang von Gewässern) kann ein Überströmen größerer Auenbereiche initiiert werden, die heute vielleicht nur bei sehr großen Hochwässern noch stattfin-

det. Denn natürliche, nicht eingetiefte Gewässer haben Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse der Aue, die dann auch während Trockenperioden genügend Wasser für die Grünländer bereitstellen.

Durch naturnahe Gestaltung der Ufer und bereichsweise Aufhebung des Uferverbaus und Schaffung von Gewässerrandstreifen (auch „Gewässerentwicklungstreifen“) wird die Breitenerosion zu Gunsten der Tiefenerosion gefördert. Damit wird ebenfalls eine häufigere Überflutungstätigkeit der Gewässer hervorgerufen.

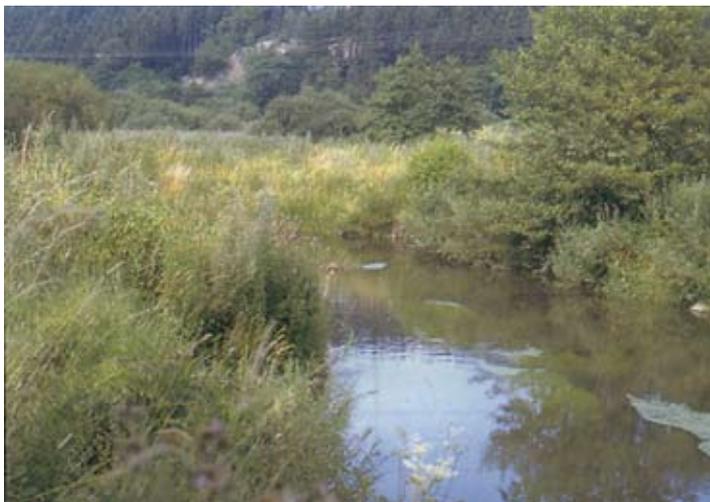
Gewässerrandstreifen sind naturbelassene Geländestreifen entlang des Gewässers, die diesem uneingeschränkt für die Entwicklung zur Verfügung stehen (siehe Bild 31). Diese Geländestreifen schließen unmittelbar an die Uferböschungen an. Sie tragen naturnahen Auwald oder Sukzessionsfluren und werden nicht genutzt, es sei denn, dass die natürliche Gewässerentwicklung durch den Nutzer akzeptiert wird. Im Gewässerrandstreifen kann sich das Gewässer frei entfalten und entwickeln, weshalb auch von Gewässerentwicklungstreifen gesprochen wird. Diese Fläche sollen für Laufverlegungen und zur Bildung eines geschwungenen Verlaufs zur Verfügung stehen. Tritt ein Gewässer über die Ufer, wird zuerst der Gewässerrandstreifen überschwemmt und das Wasser wird dort gebremst und zurückgehalten. So kann die Schadenswirkung von Hochwasser vermindert werden.

Auch hinsichtlich des Stoffrückhaltes haben Gewässerrandstreifen eine Bedeutung, da Boden und Nährstoffe, die von angrenzenden Flächen abgetragen werden, im Gewässerrandstreifen zurückgehalten werden können.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Einbeziehung des Unterhaltspflichtigen oder Maßnahmenträgers von Gewässerentwicklungsplänen in das Bodenordnungsverfahren:

Kleine und mittlere Gewässer werden von den Kommunen oder Verbänden betreut. Im Rahmen von



Bodenordnungsverfahren sind die Unterhaltspflichtigen einzubeziehen. Denn im Bodenordnungsverfahren besteht am ehesten die Möglichkeit, Flächen am Gewässer zu kaufen oder zu tauschen, so dass dem Gewässer mehr Raum zur Eigenentwicklung (Förderung von Breitenerosion gegenüber Tiefenerosion) besteht sowie die Anlage von Gewässerentwicklungstreifen erfolgen kann.

Bild 31: Intaktes Gewässer mit breitem Gewässerentwicklungstreifen

- Aufstellung eines Gewässerentwicklungskonzeptes:

Im Rahmen von Bodenordnungsverfahren ist die Aufstellung eines Entwicklungskonzeptes für die Gewässer im Planungsraum vorzuschlagen. Dadurch können Maßnahmen am Gewässer für größere Abschnitte aufeinander abgestimmt werden.

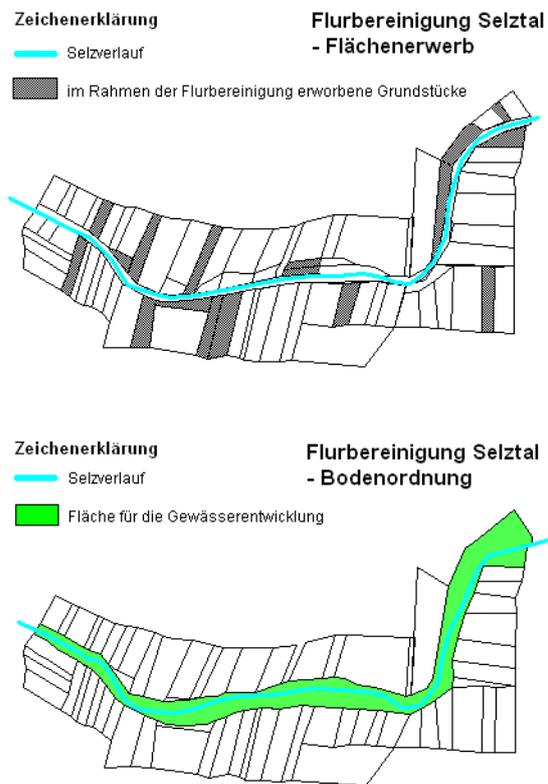


Bild 32: Platz für das Gewässer im Rahmen der Bodenordnung

Bild 33: Auwaldentwicklungstreifen zur Förderung der Breitenerosion und Hemmung der Tiefenerosion

- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen:

Im Rahmen der Bodenordnung werden auch Waldmehrungsflächen festgelegt. Entlang der Gewässer sind breitere Auwaldentwicklungstreifen vorzusehen, die enormen Einfluss auf die Gewässerentwicklung und auf die Hochwasserretention haben.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Flankierende Maßnahmen in den Auen:

Eine Gewässerentwicklung, die auf die frühere Ausuferung des Hochwasserabflusses sowie eine Anhebung des Grundwassers (bei Sohlanhebung) abzielt, müssen flankierende Maßnahmen in der umgebenden Aue getroffen werden. Dazu zählen:

- Nutzung der Aue entsprechend der zukünftigen natürlichen Nutzungseignung;
- Auflassen von Entwässerungsgräben und Dränagen, die für einen tieferen Grundwasserstand ausgelegt sind.



**Bild 34: Nutzungsaufgabe
im Bereich des
Gewässerentwicklungstreifens**

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Abflusssdämpfung durch Laufverlängerung

Das Ausmaß der Laufkrümmung hängt mit Ausnahme von besonders Geschiebe reichen Gewässern vor allem vom Talgefälle ab. Eine Laufbegradigung bedeutet eine tiefgreifende Störung des Naturhaushaltes des Gewässers. Das Gewässer ist dann gekennzeichnet durch einen defizitären Geschiebehaushalt, Tiefenerosion und Ufererosion sowie dem Fehlen ökologischer Feinstrukturen im Gewässer. Die durch eine Laufverlängerung bewirkte Verringerung des Gewässergefälles gegenüber dem Talgefälle führt zu vermehrter hydraulischer Reibungs- und Turbulenzbildung sowie stärkerer Energieumwandlung bei Hochwasser. Die positiven Effekte einer Laufverlängerung sind Verzögerung der Abflusswelle, Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Bachbetts, Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Talraums.

Die Krümmungserosion (Seitenerosion) führt zur Bildung von Laufkrümmungen. Sie kann nur dort ansetzen, wo keine Uferbefestigung vorhanden ist. Sie führt zu Uferabtrag und Uferunterhöhlung an den Prallhängen und sorgt für die Entstehung von Geschiebe. So wirkt sie der Tiefenerosion entgegen. Damit ist die Krümmungserosion ein wichtiger Bestandteil der Eigendynamik von Gewässern, die in ihrem natürlichen Zustand eine breite Aue haben.

Gekrümmte Gewässer haben meist ein breites, flaches Bett, können ihre Auen überfluten und so Wasser zurückhalten. Außerdem haben gekrümmte Gewässer ein geringeres Gefälle als ungekrümmte und leiten Hochwasser langsamer ab. Auch damit sorgen sie für einen Hochwasserrückhalt.

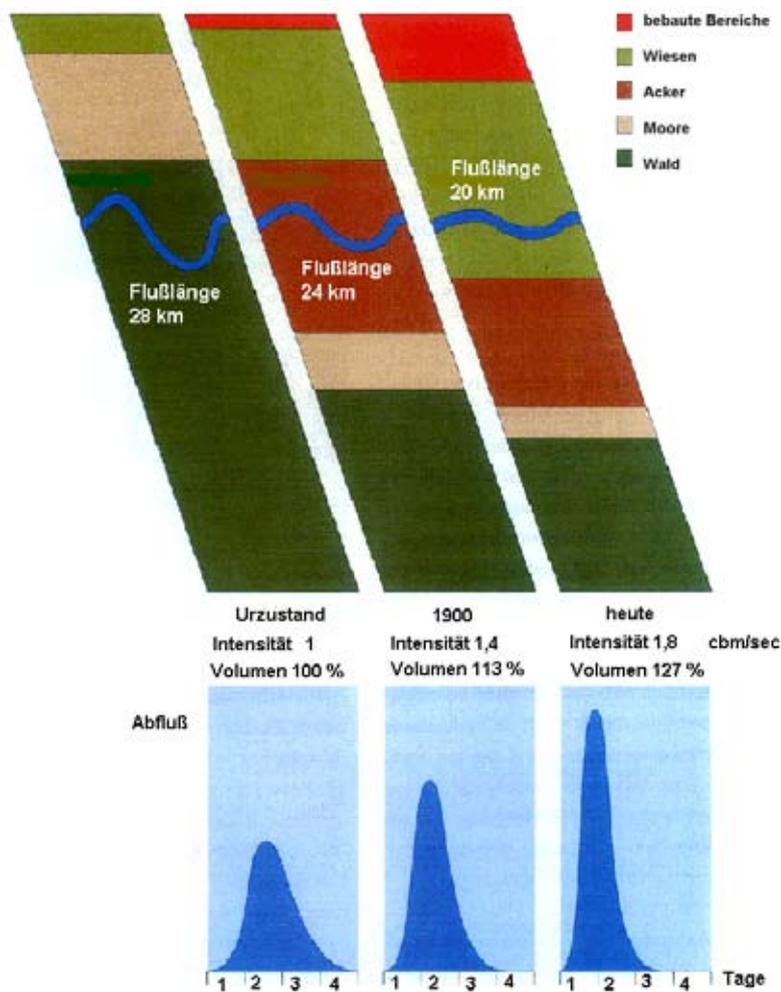


Bild 35:
Hochwasserreduzierende
Wirkung einer
Laufverlängerung

Eine Laufverlängerung in Form von Mäandern in Verbindung mit einer Anhebung der Gewässersohle sind mögliche Maßnahmen, vor allem dort, wo Auenflächen für eine geschwungene Linienführung und zur Hochwasserretention vorhanden sind. Oft reicht es aber auch, Uferverbau zu beseitigen und die Seitenerosion durch Einbringen von Sturzbäumen oder Totholz zu fördern.

Für eine Laufverlängerung bedarf es heute in der Regel einer technischen Initiierung in einem durch breite Gewässerentwicklungstreifen begleiteten Gewässer.

Maßnahmenvorschläge für die Bodenordnung:

- Einbeziehung des Unterhaltspflichtigen oder Maßnahmenträgers in das Verfahren:

Kleine und mittlere Gewässer werden von den Kommunen oder Verbänden betreut. Im Rahmen von Bodenordnungsverfahren sind die Unterhaltspflichtigen einzubeziehen. Denn im Bodenordnungsverfahren besteht am ehesten die Möglichkeit, Flächen am Gewässer zu kaufen oder zu tauschen, so dass dem Gewässer mehr Raum zur Laufentwicklung (siehe Bild 36) gegeben wird sowie die Anlage von Gewässerentwicklungstreifen erfolgen kann.

- Aufstellung eines Gewässerentwicklungskonzeptes:

Im Rahmen von Bodenordnungsverfahren ist die Aufstellung eines Entwicklungskonzeptes für die Gewässer im Planungsraum vorzuschlagen. Dadurch können Maßnahmen am Gewässer für größere Abschnitte aufeinander abgestimmt werden.

- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen:

Im Rahmen der Bodenordnung werden auch Waldmehrungsflächen festgelegt. Entlang der Gewässer sind breitere Auwaldentwicklungstreifen vorzusehen, die enormen Einfluss auf die Gewässerentwicklung und auf die Hochwasserretention haben.

Maßnahmenvorschläge für die Bewirtschaftung:

- Flankierende Maßnahmen in den Auen:

Eine Gewässerentwicklung, die auf die frühere Ausuferung des Hochwasserabflusses sowie eine Anhebung des Grundwassers (bei Sohlenerhebung) abzielt, müssen flankierende Maßnahmen in der umgebenden Aue getroffen werden. Dazu zählen:

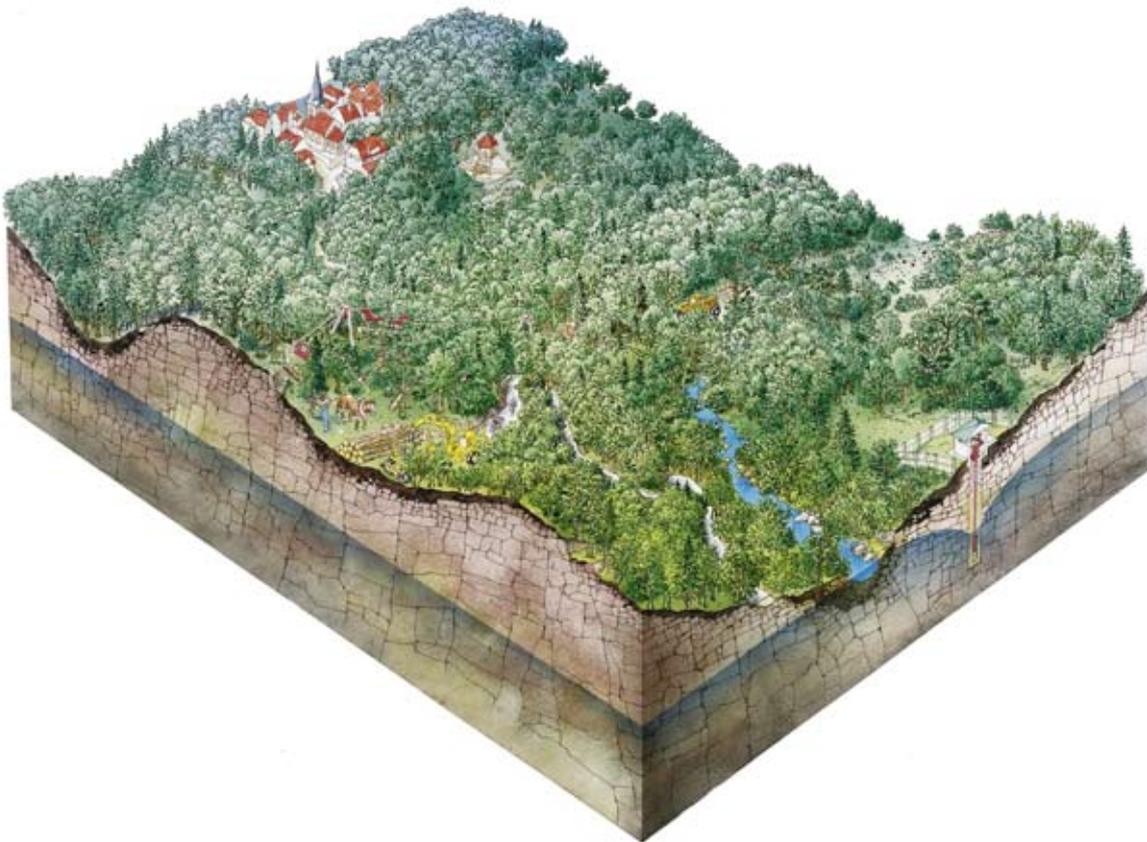
- Nutzung der Aue entsprechend der zukünftigen natürlichen Nutzungseignung;

- Auflässen von Entwässerungsgräben und Dränagen, die für einen tieferen Grundwasserstand ausgelegt sind.



Bild 36: Baumaßnahme am Gewässer zur Verlängerung des Gewässerlaufes

2.2 Forstwirtschaft



2.2.1 Zusammenfassung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliches Ziel für die schonende Walderschließung, Rückhalt von Wasser:

- Abflusssdämpfung und Retention von Wasser
- wasserhaltende, bodenschonende Walderschließung

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle;
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens;

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Inventur von Waldwegen und Gräben im Hinblick auf ihre Funktion und ggf. Rückbau von Waldwegen und Gräben, die nicht ständig gebraucht werden;
- Ableitung von Grabenwasser in Waldflächen zur Versickerung oder Zwischenspeicherung in Tümpel;

- abflusshemmende, möglichst hangparallele Wegeführung;
- bodenschonender Maschineneinsatz bei der Flächenerschließung, ggf. Seillinienerschließung.

Wasserwirtschaftliches Ziel für Waldflächen mit starker Hangneigung:

- **Vermeidung von Oberflächenabfluss,**
- **bodenschonende Bewirtschaftung**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Bremsung der Niederschlagsenergie;
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens;
- Erosionsschutz;
- Schutz vor schnellem Oberflächenabfluss

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Schaffung standortgerechter Wälder;
- Anlage von Bodenschutzwald.

Wasserwirtschaftliches Ziel für Waldmehrungsflächen:

- **Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Landschaft**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit
- Vermeidung von Oberflächenabfluss und Bodenerosion

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Aufforstung landwirtschaftlicher Grenzertragsstandorte mit standortgerechten Laub- bzw. Nadelmischwäldern;
- Strukturierung landwirtschaftlich geprägter Flächen durch Wald- und Strauchgürtel.

Wasserwirtschaftliches Ziel für Auen an Waldgewässern:

- **Wasserrückhalt in den Auen**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Bremsung des Hochwasserabflusses

- Erhöhung der Rauigkeit der Auevegetation
- Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Neuanlage von Auwald und genügend breite Gewässerentwicklungstreifen (Auwaldentwicklungstreifen);
- Anpflanzung standortgerechter Laubmischwälder;
- Entfichtung der Bachauen;
- Belassen von Totholz im Auwald zur Erhöhung der Abflussrauigkeit bei Hochwasser.
- Sammlung von Treibholz zur Sicherung von Bauwerken.

Wasserwirtschaftliches Ziel für **Waldgewässer:**

- **Abflusssdämpfung durch flache Gewässerprofile**
- **Abflusssdämpfung durch besondere Laufstrukturen und Totholz**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verlangsamung der Fließgeschwindigkeit
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts
- Verzögerung der Abflusswelle

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Anhebung und Stabilisierung der Gewässersohle, z.B. durch Einbau von Schwellen;
- Förderung und Zulassen von Breitenerosion;
- Förderung der Mäandrierung zur Verlängerung des Fließweges;
- Schaffung frühzeitiger Überflutungsmöglichkeiten durch flache Gewässer, Totholz und Schwellen;
- Sammlung von Treibholz zur Sicherung von Bauwerken.

2.2.2 Beschreibung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Abflusssdämpfung und Retention von Wasser, wasserhaltende, bodenschonende Walderschließung

In der Forstwirtschaft haben der Bestandsaufbau, die Bestandspflege und die Erschließungsmaßnahmen Einfluss auf die Abflussbildung und Abflusskonzentration. Die Retentionswirkung von Laubwald, Nadelwald und von verschiedenen Altersklassen ist unterschiedlich. Mittelalte Nadelwald-

bestände haben dabei auf Grund ihrer hohen Interzeptionsverdunstung, die auch im Winter wirksam ist, die höchste Rückhaltefähigkeit von Niederschlagswasser (20% bis 50% des Freilandniederschlags, je nach Intensität der Niederschläge).

Für Waldflächen werden Bereiche mit Steillagen ausgewiesen. Es ist zu fordern, dass die Standorte mit hoher Reliefenergie bodenschützend genutzt werden müssen. Deshalb soll auf solchen Flächen Bodenschutzwald ausgewiesen werden. Die vollständige Infiltration des auftreffenden Niederschlags soll damit erreicht werden.

Auch im Wald sind Oberflächenabfluss und Bodenabtrag möglich. Beide Prozesse sind jedoch in der Regel auf Infrastruktureinrichtungen (Wege oder Rückegassen) beschränkt.

Einige Maßnahmen in der Fläche lassen sich im Ökokonto als landespflegerische Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahme anrechnen. So sind nach Hinweisen des Ministeriums für Umwelt und Forsten



Rheinland-Pfalz (2003) der Rückbau von Infrastrukturmaßnahmen (Wege, Gräben), sowie die Neuanlage von Wald und vorgelagerter Waldränder anrechnungsfähig.

Wasser aus wegbegleitenden Gräben muss so geführt werden, dass es wieder im Wald verteilt oder versickert wird.

Bild 37: Abflussdämpfende Wirkung von kleinräumiger Waldbewirtschaftung

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Inventur von Waldwegen und Gräben:

Wege und Erschließungsschneisen sind wasserführende Linienstrukturen in der Fläche. Daher ist im Rahmen von Inventuren zu prüfen, ob solche Erschließungslinien aufgelassen werden können. Sie sind im Hinblick auf ihre Funktion zu untersuchen und ggfs. rückzubauen, wenn sie nicht ständig gebraucht werden.

- Ableitung von Grabenwasser in Waldflächen zur Versickerung oder Zwischenspeicherung in Tümpel:

Durch Querrinnen in den Waldwegen kann das Oberflächenwasser gezielt in benachbarte Waldflächen abgeleitet werden. Sind solche Querriegel häufig vorhanden, so kann eine nahezu flächenhafte Versickerung des Oberflächenwassers stattfinden.

- abflusshemmende, möglichst hangparallele Wegeführung:

In steileren Hanglagen sind vor allem hangparallele Wege anzulegen, um einer Abflussbeschleunigung vorzubeugen. Eine gezielte Ableitung des Oberflächenwassers in umgebende Waldflächen ist hier ebenfalls anzustreben.



- bodenschonender Maschineneinsatz:

Bei der Flächenerschließung bzw. Holzernte sind insbesondere auf hydrologisch problematischen Waldflächen bodenschonend arbeitende Maschinen einzusetzen. Neben Seillinienerschließung wären der Einsatz von Schreitharvester und Rückepferde zu nennen.

Bild 38: Ableitung vom Oberflächenwasser und breitflächige Versickerung im Wald

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Vermeidung von Oberflächenabfluss, bodenschonende Bewirtschaftung

Obwohl es auf Waldflächen in der Regel weder zur Bildung von Oberflächenabfluss noch zur Boden-erosion kommt, können auch Waldgebiete mit einer erhöhten Erosionsgefährdung bei offenen Bodenflächen oder verdichteten Fahrwegen ausgewiesen werden. Dabei handelt es sich um Steillagen mit einer Neigung über 18% (stark geneigt).



Standorte mit einer hohen Reliefenergie müssen auch im Wald bodenschonend bewirtschaftet werden. Deshalb sollte dort Bodenschutzwald ausgewiesen werden, um die vollständige Rückhaltung des gesamten Niederschlags zu gewährleisten und Oberflächenabfluss zu vermeiden.

Bild 39: Holzernte mit dem Seilkran ohne Beeinträchtigung der Fläche

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Schaffung standortgerechter Laub-, Nadelmischwälder:

In Abhängigkeit vom Standort sind auf stärker abflussbereiten und hängigen Flächen Laubmisch- oder Nadelmischwälder aufzubauen. Dabei muss der Nadelholzanteil zunehmen, wenn es sich um Gebiete mit höheren Niederschlägen oder um steile Hanglagen handelt. Denn dort muss die Niederschlagsrückhaltung an den Baumkronen hoch sein, was bei Nadelwald auch im Winterhalbjahr gewährleistet ist.

- Bewirtschaftung mit bodenschonenden Geräten:

Bei der Flächenerschließung bzw. Holzernte sind insbesondere auf hydrologisch problematischen Waldflächen bodenschonend arbeitende Maschinen einzusetzen. Neben Seillinienerschließung wären der Einsatz von Schreitharvester und Rückepferde zu nennen. Damit wird die Flächenbeeinträchtigung minimiert.

- Anlage von Bodenschutzwald:

In steileren Hanglagen im Wald sind die Bestände auf den Schutz des Bodens auszurichten. Dazu ist am besten ein Nadelmischwald geeignet, der nur einen geringen Laubholzanteil hat. Das hat den Vorteil, dass auch im Winterhalbjahr der Niederschlagsrückhalt an den Nadeln eine hohe hydrologische Bedeutung hat. Diese Flächen sollten durch bodenschonende Maßnahmen bewirtschaftet werden.

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Verbesserung des Wasserrückhaltes in der Landschaft

Flächen die eine hohe Tiefensickerung haben, sollten so bewirtschaftet werden, dass das geringe Rückhaltepotential des Bodens nach Möglichkeit durch den Vegetationsspeicher aufgewertet wird. Wald kann an seiner Pflanzenoberfläche 2 bis 5 mm Niederschlag speichern (Laubwald bzw. Nadelwald) und ergänzt so den Bodenwasserspeicher. Aufgrund seiner hohen Verdunstung ist der Bodenwasserspeicher weniger mit Wasser gefüllt als landwirtschaftliche Kulturen; somit steht zusätzliches Retentionspotential zur Verfügung. Damit kann auch auf diesen Flächen Wasser besser zurückgehalten werden. Die Umwandlung von landwirtschaftlich genutzten Flächen in Wald oder Gebüsch (z.B. mit ökologischer Zielsetzung) bringt den gewünschten wasserrückhaltenden Effekt. Hinweis: Die Transpirationsleistung von Bäumen ist nicht wesentlich größer als die Evapotranspiration niederwüchsiger Vegetationsformen. Das größere Bodenwasserdefizit wird im Zusammenspiel zwischen der hohen Interzeption und der Transpiration bewirkt.

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Aufforstung landwirtschaftlicher Grenzertragsstandorte mit standortgerechten Laub- bzw. Nadelmischwäldern:

Die Neuanlage von Wald kann auf landwirtschaftlich genutzten Flächen mit schneller Tiefensickerung die schnelle Durchsickerung von Niederschlagswasser verhindern.

- Strukturierung landwirtschaftlich geprägter Flächen durch Wald- und Strauchgürtel:

Die Anlage von Busch-, Gehölz- oder Waldstreifen bedeutet nicht nur eine ökologische Aufwertung der Landschaft, sondern führt auch zu einer Verbesserung des Wasserrückhalts. Die höherwüchsigen Vegetationsstreifen können zu einer Untergliederung langer, stark abflussbereiter Hänge führen und zu einer Bremsung des Oberflächenabflusses und der Bodenerosion führen. Speziell auf stark sickerfähigen Bereichen verhindern Waldmehrwurfflächen die schnelle Tiefensickerung.

Wasserwirtschaftliche Ziele:

**Hochwasserrückhalt in bewaldeten Auen,
Abflusssdämpfung durch flache Gewässerprofile,
Abflusssdämpfung durch besondere Laufstrukturen und Totholz**

Hochwasserrückhalt entlang von Waldgewässern auf den Gewässer begleitenden Auenflächen stellt einen wesentlichen Beitrag zum Hochwasserschutz dar. Ziel von Maßnahmen ist die Förderung des

natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens von Auen. Dazu müssen die Bäche und Flüsse in der Lage sein, auftretende Hochwässer aus dem Gerinne heraus auf die Auenflächen zu bringen. Maßnahmen in der Aue selbst (Standort angepasste Auwaldnutzung) und im Vorfluter (Sohl- und Ufergestaltung) sind vorzuschlagen. Diese Maßnahmen können auch vom Ökokonto unter den Schwerpunkten „Ökologische Aufwertung vorhandener Waldbestände“ und „Maßnahmen des Biotop- und Artenschutz (Biotopvernetzung)“ gefördert werden. Generelle Notwendigkeit ist ein Freihalten der

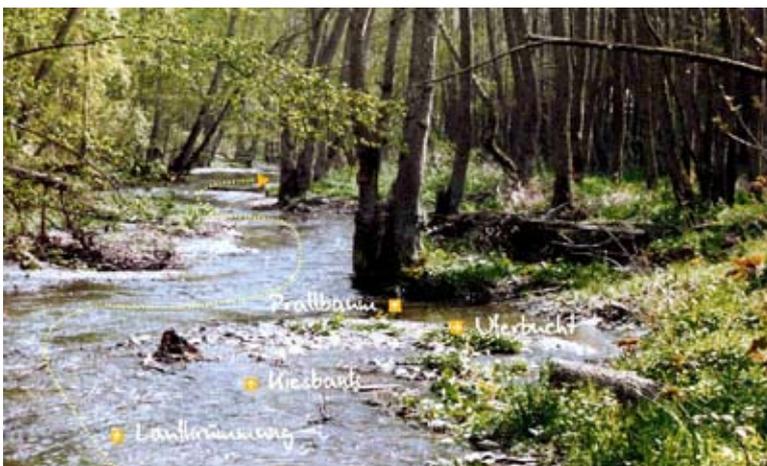


Waldauflächen von Bebauung, da sonst weitere Auenflächen für immer der Retention verloren gehen.

Durch Gewässerentwicklung an den kleinen und mittleren Waldbächen lässt sich das Hochwassergeschehen ebenfalls beeinflussen. Die heutige Situation der Gewässer ist oft durch tief eingeschnittene Gewässer und fehlende Auwaldstreifen geprägt.

Bild 40: Verminderung der Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser im Uferbewuchs

Ist das Gewässerbett tief eingeschnitten, ist die Abflusskapazität im Gewässer hoch, das Gewässer neigt zu weiterer Tiefenerosion und die Retentionsleistung der umliegenden Auenflächen wird erst spät oder nur teilweise ausgenutzt. Eingetieftete Gewässer führen das Wasser schnell ab. Sie haben keine Verbindung zu ihren Auen, so dass diese für den Hochwasserrückhalt nicht zur Verfügung stehen.



Dies führt zu einem schnellen Auflaufen des Hochwassers bei den Unterliegern.

Nahezu alle Gewässer haben von Natur aus ein relativ flaches Gewässerbett. Damit verbunden ist eine geringe Abflusskapazität sowie eine frühzeitige und häufigere Ausuferung.

Bild 41: Abflussdämpfung durch flaches Gewässerprofil, besondere Laufstrukturen und Totholz

Besondere Laufstrukturen und Totholz erhöhen die Vielfalt der Strömungsverhältnisse und unterstützen die eigendynamische Gewässerentwicklung. Insbesondere Totholz ist in der Lage, weitere Strukturen, wie Kolke, Bänke, Laufkrümmungen oder Verzweigungen zu verursachen. Es verhindert Tiefenerosion und bildet kleine Aufstauungen von Wasser.



Bild 42: Totholzansammlung im Waldbach

Maßnahmenvorschläge für die Forstwirtschaft:

- Anhebung und Stabilisierung der Gewässersohle, z.B. durch Einbau von Schwellen:

Durch Anhebung der Gewässersohle kann ein Überströmen größerer Auenbereiche initiiert werden, die heute vielleicht nur bei sehr großen Hochwässern noch stattfindet.

- Förderung und Zulassen von Breitenerosion:

Durch naturnahe Gestaltung der Ufer und bereichsweise Aufhebung des Uferverbau und Schaffung von Auwaldrandstreifen (auch „Gewässerentwicklungstreifen“) wird die Breitenerosion zu Gunsten der Tiefenerosion gefördert. Damit wird ebenfalls die häufigere Überflutungstätigkeit der Gewässer initiiert.

- Förderung der Mäandrierung zur Verlängerung des Fließweges:

Die positiven Effekte einer Laufverlängerung sind Verzögerung der Abflusswelle, Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Bachbetts, Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Talraums. Eine Laufverlängerung in Form von Mäandern in Verbindung mit einer Anhebung der Gewässersohle sind mögliche Maßnahmen, vor allem dort, wo Auenflächen für eine geschwungene Linienführung und zur Hochwasserretention vorhanden sind. Oft reicht es aber auch, Uferverbau zu beseitigen und die Seitenerosion durch Einbringen von Sturzbäumen oder Totholz zu fördern.

- Schaffung frühzeitiger Überflutungsmöglichkeiten durch flache Gewässer, Totholz und Schwellen:

Das Einbringen von Totholz in kleinere Waldbäche führt zu einer Verlangsamung des Abflusses und zu einer kurzzeitigen Rückhaltung von Wasser. Ebenso führt es zur Ausbildung von Kleinstrukturen (Kolke, Bankbildung, Sedimentation). Die Tiefenerosion wird zugunsten der Seitenerosion vermindert, was zu einer früheren Ausuferung der Bäche beiträgt. Zum Schutz von Bauwerken muss jedoch an geeigneter Stelle eine Sammlung von Treibholz erfolgen.

- Ökokonto für bewaldete Auen:

Schwerpunkte „Ökologische Aufwertung vorhandener Waldbestände“ und „Maßnahmen des Biotop- und Artenschutz (Biotopvernetzung)“

Im Rahmen der Forsteinrichtung und von Maßnahmen des Ökokontos können Waldmehrungsflächen festgelegt werden. Entlang der Gewässer sind breitere Auwalentwicklungstreifen vorzusehen, die enormen Einfluss auf die Gewässerentwicklung und auf die Hochwasserretention haben.

2.3 Kommunal- und Regionalplanung



2.3.1 Zusammenfassung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele auf Flächen mit hohem Oberflächenabfluss oder Bodenabtrag:

- Vermeidung hoher Bodenerosion,
- Vermeidung von Oberflächenabfluss, bodenschonende Bewirtschaftung,
- Niederschlagsversickerung.

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle;
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens;
- Vermeidung von schnellem Oberflächenabfluss;
- Schutz der hydroökologischen Bodenfunktionen.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausschluss als Vorrangflächen für Landwirtschaft, außer, bodenschonende Wirtschaftsweisen werden nachgewiesen;
- Ökokonto: Neuanlage von Wald;
- Schaffung von Ausgleichsflächen;
- Flächen für den Arten- und Biotopschutz;
- Waldmehrungsflächen;
- Niederschlagsversickerung im bebauten Bereich

Wasserwirtschaftliche Ziele auf Flächen mit **Zwischenabfluss und staunassen Böden:**

- **Abminderung von Zwischenabfluss und Staunässe**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Verdunstung von Pflanzenoberflächen;
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens des Bodens;
- Vermeidung der schnellen Wasserabführung.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausschluss als Vorrangflächen für Landwirtschaft, es sei denn, bodenschonende Wirtschaftsweisen werden nachgewiesen;
- Ökokonto: Neuanlage von Wald;
- Schaffung von Ausgleichsflächen;
- Flächen für den Arten- und Biotopschutz

Wasserwirtschaftliche Ziele auf **speicherschwachen Böden:**

- **Verminderung verstärkter Tiefensickerung**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Verdunstung von Pflanzenoberflächen;
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens des Bodens.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausweisung von Waldmehrungsflächen;
- Flächen für den Arten- und Biotopschutz;

- Schaffung von Ausgleichsflächen;
- Ökokonto: Neuanlage von Wald und vorgelagerter Waldränder

Wasserwirtschaftliche Ziele für die Auenentwicklung:

- **Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens;
- Bremsung des Hochwasserabflusses;
- Erhöhung der Rauigkeit des Abflusskorridors,
- Bremsung und Infiltration von seitlich zufließendem Oberflächenabfluss.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Schaffung von Ausgleichsflächen;
- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen;
- Freihalten von Bebauung;
- Rückbau von versiegelter Fläche;
- Ökokonto: Förderung von Sonderbiotopen, Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes.

Wasserwirtschaftliche Ziele für die Gewässerentwicklung:

- **Abflusssdämpfung durch flache Gewässerprofile;**
- **Abflusssdämpfung durch Uferentwicklung und Gewässerentwicklungstreifen;**
- **Abflusssdämpfung durch Laufverlängerung**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle;
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Bach
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Talraums.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Aufstellung von Gewässerpflegeplänen und Plänen zur Renaturierung der Gewässer;
- Aufstellung eines Gewässerentwicklungskonzeptes für alle Gewässer einer Kommune;
- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen;
- Ökokonto: Rückbau von Infrastrukturanlagen (z.B. Wehre), Förderung von Sonderbiotopen, Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes.

2.3.2 Beschreibung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Vermeidung von Oberflächenabfluss, Vermeidung hoher Bodenerosion, bodenschonende Bewirtschaftung

Im Bereich von Siedlungs- und Industriegebieten sind sowohl Freiflächen als auch befestigte Flächen vorhanden. Sie unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer hydrologischen Eigenschaften. Freiflächen im Bereich bebauter Flächen sind dabei für die umgebenden versiegelten Bereiche von enormer Bedeutung. Bei entsprechender Eignung sind sie in der Lage, zusätzliches Niederschlagswasser von bebauten Flächen aufzunehmen und zu versickern, ohne dass das Wasser in einem Kanal schnell abgeführt wird.

Da im Flächennutzungsplan auch die land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen dargestellt und beplant werden, muss die Stadt- und Regionalplanung die Hochwasser mindernden Maßnahmen für die Land- und Forstwirtschaft berücksichtigen. Auch als Waldbesitzer sind die Kommunen in der Pflicht, die beispielhaft aufgezählten Maßnahmen umzusetzen.

In Neubaugebieten ist die Niederschlagsversickerung entsprechend dem LfW- Leitfaden (1998)



durchzuführen. Neben den positiven Wirkungen auf das Hochwassergeschehen sind deutliche Kosteneinsparungen bei der Erschließung (z.B. Kanaldimensionierung) möglich.

In schwächer versiegelten Gebieten (Versiegelungsgrad < 40%) können auch nachträglich Versickerungsmöglichkeiten gefunden werden, da noch genügend Freiflächen vorhanden sind.

Bild 43: Rasengittersteine auf Parkflächen

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausschluss als Vorrangflächen für Landwirtschaft:

Im Rahmen der Flächennutzungsplanung sind Flächen mit hohem Oberflächenabfluss oder hoher Bodenerosion nicht als Vorrangflächen für die Landwirtschaft auszuweisen, es sei denn, es werden bodenschonende Wirtschaftsweisen nachgewiesen.

- Ökokonto: Neuanlage von Wald:

Die Neuanlage von Wald kann der Kommune für das Ökokonto gutgeschrieben werden. Auf stark geneigten Bereichen, die der Kommune gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrungsflächen Oberflächenabfluss und Bodenerosion.

- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Der Ausgleich für Neubaugebiete und Industrieflächen sollten auf Freiflächen mit hohem Oberflächenabfluss oder hoher Bodenerosion geschaffen werden. Die durch die Bebauung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann in diesem Bereich durch entsprechendes Herrichten der Flächen teilweise ausgeglichen werden.

- Flächen für den Arten- und Biotopschutz;

- Entsiegelung befestigter Flächen;

- Versickerung von Niederschlagswasser:

In Baugebieten oder weniger stark versiegelten Flächen ist eine teilweise Versickerung von Dachflächen- und Straßenwasser anzustreben. Der Boden muss auf seine Versickerungsleistung hin untersucht werden (siehe Leitfaden zur Niederschlagsversickerung, LfW 1998), ob er das anfallende Wasser schnell aufnehmen kann.

- Mulden- Rigolen- Systeme:

Für größeren Wassermengen oder bei weniger geeignetem Untergrund lassen sich mit Mulden- Rigolen Systeme Verzögerungen in der Abflusskonzentration erreichen. Die Vielzahl von möglichen Systemen sind je nach den Randbedingungen zu bemessen.

Gemäß Niederschlagswasserbewirtschaftungskonzept sind 3 Punkte wichtig:

1. Vermeidung von versiegelten Flächen und Nutzung von Niederschlagswasser
2. dezentrales Zurückhalten, Verdunsten und Versickern von Niederschlagswasser
3. Verzögertes Ableiten, zentrales Rückhalten des Wassers

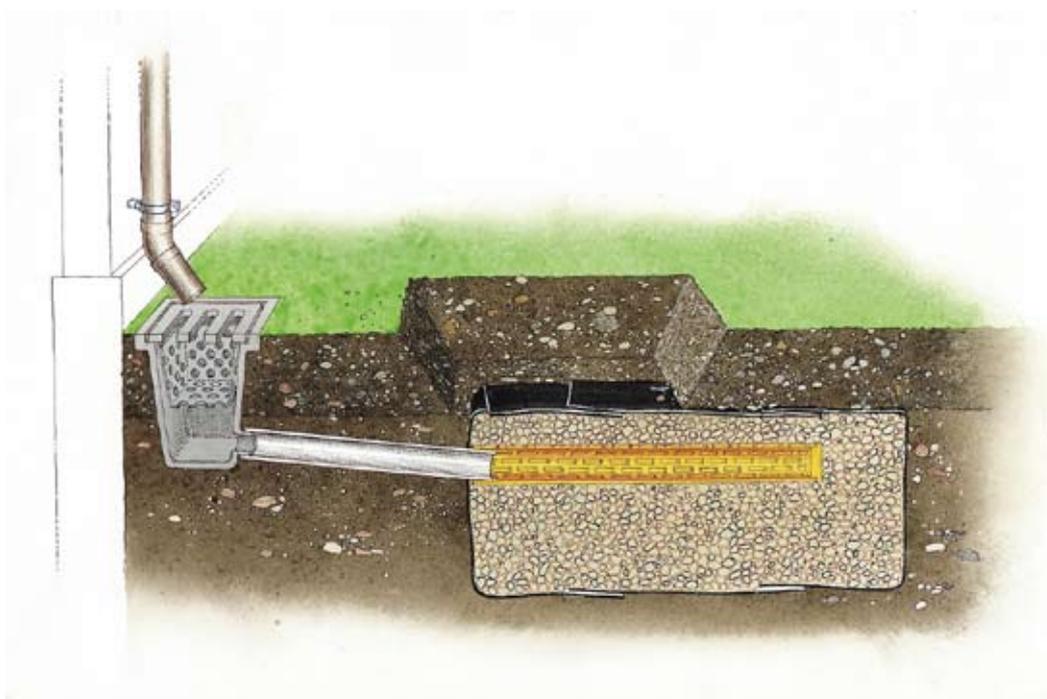


Bild 44: Prinzip der Versickerung von Niederschlagswasser in einer Mulde

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Abminderung von Zwischenabfluss und Staunässe

Die Flächen mit Zwischenabfluss auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen sind für die Stadt- und Regionalplanung als Ausgleichsflächen interessant. Im bebauten Bereich lassen sich keine Maßnahmen zur Reduzierung des Zwischenabflusses vorschlagen.

Staunasse Böden haben die Eigenschaft, in den Boden eingedrungenes Niederschlagswasser nicht weiter in die Tiefe abzuleiten, sondern auf einer dichten Schicht zunächst zu stauen. Befindet sich die staunasse Fläche in Hanglage, so kommt es relativ schnell zu Interflow (Zwischenabfluss) oberhalb der dichten Schicht. Oft wird die Wasserableitung durch Dränagen oder Gräben noch beschleunigt.

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausschluss als Vorrangflächen für Landwirtschaft:

Im Rahmen der Flächennutzungsplanung sind Flächen mit Staunässe oder gedränte staunasse Flächen nicht als Vorrangflächen für die Landwirtschaft auszuweisen, es sei denn, es werden bodenschonende Wirtschaftsweisen nachgewiesen.

- Ökokonto: Neuanlage von Wald:

Die Neuanlage von Wald kann der Kommune für das Ökokonto gutgeschrieben werden. Auf stark staunassen Bereichen, die der Kommune gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrungsflächen den schnellen Zwischenabfluss.

- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Der Ausgleich für Neubaugebiete und Industrieflächen kann auf Freiflächen mit Staunässe geschaffen werden. Die durch die Bebauung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann im Bereich der staunassen Flächen durch Aufforstung teilweise ausgeglichen werden.

- Flächen für den Arten- und Biotopschutz.

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Verminderung verstärkter Tiefensickerung, im Bereich versiegelter Flächen: Versickerung von Niederschlagswasser

Die Flächen mit verstärkter Tiefensickerung auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen sind für die Stadt- und Regionalplanung als Waldmehrungsflächen vorzuschlagen.

Im Bereich der versiegelten Flächen sind es positiv besetzte Bereiche als bevorzugten Gebiete für die Niederschlagsversickerung. Wegen der großen Aufnahmefähigkeit des Untergrunds kann eine platzsparende, jedoch erlaubnispflichtige Schachtversickerung über die belebte Bodenzone erfolgen.

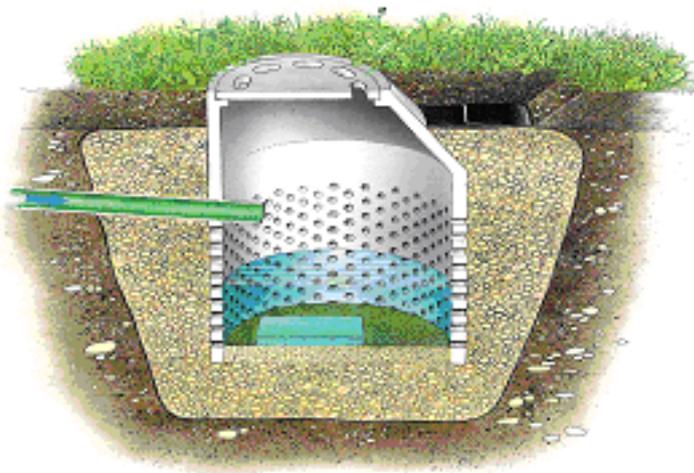


Bild 45: Prinzip eines Versickerungsschachtes im Bereich von stark durchlässigem Untergrund

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Ausweisung von Waldmehrungsflächen:

Die Neuanlage von Wald kann die im Flächennutzungsplan ausweisen. Auf stark durchlässigen, landwirtschaftlich genutzten Bereichen, die der Kommune gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrungsflächen die schnelle Durchsickerung von Niederschlagswasser.

- Flächen für den Arten- und Biotopschutz;
- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Der Ausgleich für Neubaugebiete und Industrieflächen sollten bevorzugt auf Freiflächen mit hoher Tiefensickerung geschaffen werden. Die durch die Bebauung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann durch Aufforstung stark sickerfähiger Flächen teilweise ausgeglichen werden.

- Ökokonto: Neuanlage von Wald und vorgelagerter Waldränder:

Die Neuanlage von Wald kann der Kommune für das Ökokonto gutgeschrieben werden. Auf stark sickerfähigen Bereichen, die der Kommune gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrungsflächen die schnellen Tiefensickerung.

- Versickerung von Niederschlagswasser:

In Baugebieten oder weniger stark versiegelten Flächen ist eine generelle Versickerung von Dachflächen und Straßenwasser anzustreben. Da der durchlässige Untergrund das anfallende Wasser schnell aufnehmen kann, sind einfache Versickerungsmulden ausreichend.

- Mulden-Rigolen-Systeme/Zentrale Mulden:

Für größeren Wassermengen oder bei weniger geeignetem Untergrund lassen sich mit Mulden-Rigolen Systeme Verzögerungen in der Abflusskonzentration erreichen. Die Vielzahl von möglichen Systemen sind je nach den Randbedingungen zu bemessen.

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen

Hochwasserrückhalt entlang von Gewässern auf den Gewässer begleitenden Auenflächen stellt einen wesentlichen Beitrag zum Hochwasserschutz dar. Intakte Auen sind Talniederungen, die für eine großflächige Zwischenspeicherung von Hochwasser hervorragend geeignet sind. Flächen entlang von Fliessgewässern, die einer natürlichen Auendynamik unterliegen, sorgen sowohl für eine oberirdische (bei Überflutung) als auch für eine unterirdische Hochwasserrückhaltung (bei Grundwasseranhebung) und verzögern den Hochwasserabfluss.

Ziel von Maßnahmen ist die Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens von Auen. Dazu müssen die Bäche und Flüsse in der Lage sein, auftretende Hochwässer aus dem Gerinne heraus auf die Auenflächen zu bringen. Im Bereich der bebauten Flächen sind jedoch Hochwasserschutzmaßnahmen zu treffen, damit Hochwasserschäden vermieden werden.

Neben der Offenhaltung der Auenflächen von Bebauung und einer dem Standort angepassten Nutzung durch Grünland oder naturnahen Auwald gilt es die



Wasserläufe so zu entwickeln, dass sie wieder frühzeitig über die Ufer treten und ihre Auen überschwemmen können. In der Regel lässt sich dies durch Sohlanhebung und naturnahe Ufergestaltung erreichen.

Bild 46: Bebauung in der Talaue

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Freihalten von Bebauung und Aufschüttungen:

Eine generelle Notwendigkeit ist das Freihalten der Auenflächen von Bebauung, da sonst diese Auenflächen für immer der Retention verloren gehen. Ebenso führen Aufschüttungen oder Straßendämme in der Aue zu einer Verkleinerung der überschwemmbareren Auenfläche.

- Schaffung von Ausgleichsflächen:

Der Ausgleich für Neubaugebiete und Industrieflächen sollten bevorzugt in Auen geschaffen werden. Die durch die Bebauung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann im Bereich der Auen durch Herrichten geeigneter Flächen teilweise ausgeglichen werden.

- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen:

Nutzungen, die in der Aue Hochwasser verschärfend wirken (wie beispielsweise Sportstätten, Parkplätze oder strukturlose Grünanlagen) sollten aus der Aue herausgelegt werden, um Auen verträgliche Nutzungen schaffen zu können.

- Rückbau von versiegelter Fläche:

Wo möglich, sind vorhandene versiegelte oder bebaute Flächen in der Aue zurück zu bauen. Bei Hochwasser überströmte versiegelte Flächen führen zu einer Beschleunigung des Abflusses. Dies kann durch Umbau in Grünland, Busch- oder Gehölzflächen verhindert werden. Sportflächen, die prädestiniert in der Aue als strukturarme Bereiche überall zu finden sind, bieten keine Hochwasser bremsenden Elemente. Sie sollten aus der Aue heraus gelegt werden.

- Ökokonto:

Förderung von Sonderbiotopen, Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes.

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Abflussschwächung durch flache Gewässerprofile,

Abflussschwächung durch Uferentwicklung und Gewässerentwicklungstreifen,

Abflussschwächung durch Laufverlängerung



Nahezu alle Gewässer haben von Natur aus ein relativ flaches Gewässerbett. Damit verbunden ist eine geringe Abflusskapazität sowie eine frühzeitige und häufigere Ausuferung. Ist das Gewässerbett tief eingeschnitten, ist die Abflusskapazität im Gewässer hoch, das Gewässer neigt zu weiterer Tiefenerosion und die Retentionsleistung der umliegenden Auenflächen wird erst spät oder nur teilweise ausgenutzt. Eingetieftes Gewässer führen das Wasser schnell ab. Sie haben keine Verbindung zu ihren Auen, so dass diese für den Hochwasserrückhalt nicht zur Verfügung stehen. Dies führt zu einem schnellen Auflaufen des Hochwassers bei den Unterliegern.

Im Bereich von bebauten Flächen muss beachtet werden, dass bei einer Anhebung der Gewässersohle auch der umgebende Grundwasserspiegel ansteigt und zu unerwünschten Vernässungen führt. Ebenso lassen sich Laufverlängerungen und Uferentwicklungen nicht überall verwirklichen. Trotzdem sind Gewässerentwicklungen zumindest partiell auch im bebauten Bereich möglich.

Bild 47: Vollständig veränderter, stark eingetiefter Bach im städtischen Bereich

Maßnahmenvorschläge für die kommunale Planung und Regionalplanung:

- Aufstellung eines Gewässerentwicklungskonzeptes für alle Gewässer einer Kommune:

Die Aufstellung eines kommunalen Gewässerentwicklungskonzeptes führt neben einer Bestandsaufnahme der Gewässer zu einer kurz-, mittel- und langfristigen Planung, welche Möglichkeiten für eine Aufwertung der Gewässer bestehen. Dabei sind nicht nur die Freilandgewässer zu betrachten. Auch im bebauten Bereich lässt sich viel für die Gewässer tun.

- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen:

Im Rahmen der Landschaftsplanung werden auch Waldmehrungsflächen festgelegt. Entlang der Gewässer sind breitere Auwaldentwicklungstreifen vorzusehen, die enormen Einfluss auf die Gewässerentwicklung und auf die Hochwasserretention haben.

- Ökokonto: Rückbau von Infrastrukturanlagen (z.B. Wehre), Förderung von Sonderbiotopen, Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes.

- Aufstellung von Gewässerpflegeplänen und Plänen zur Renaturierung der Gewässer:

Selbst im bebauten Bereich sind Gewässerentwicklungsmaßnahmen möglich. Dabei handelt es sich vielleicht nicht um die vollständige Renaturierung eines Gewässers. Durch Kleinmaßnahmen kann jedoch eine bedeutende Aufwertung des Gewässers für die Ökologie, aber auch für die Kommune erfolgen.



Bild 48: Strukturell aufgewerteter Bach im bebauten Umfeld

2.4 Straßenbauverwaltung



2.4.1 Zusammenfassung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele auf Flächen mit **hohem Oberflächenabfluss oder Bodenabtrag**:

- Vermeidung hoher Bodenerosion;
- Vermeidung von Oberflächenabfluss;
- Niederschlagsversickerung.

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle;
- Erhöhung des Wasseraufnahmevermögens des Oberbodens;
- Vermeidung von schnellem Oberflächenabfluss;
- Schutz der hydroökologischen Bodenfunktionen.

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

Straßenplanung:

- Zusätzliche Maßnahmen bei Oberliegergebiete von Straßen, da erhöhter Zufluss bzw. Probleme mit Bodenmaterial;
- Niederschlagsversickerung im Bereich der Straßen und in versiegelten Bereichen;
- Hochwasser minimierende Ableitung von Straßenwasser;

- Änderung der Entwässerungsrichtung;

Landespflegerische Kompensation:

- Ökokonto: Neuanlage von Wald;
- Schaffung von Landespflegerische Kompensationsflächen mit bodenschonenden Bewirtschaftungsauflagen;

Wasserwirtschaftliche Ziele auf speicherschwachen Böden:

- **Verminderung schneller Tiefensickerung**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Erhöhung der Verdunstung von Pflanzenoberflächen;
- Erhöhung des Wasserspeichervermögens des Bodens.

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

Straßenplanung:

- Ausweisung von Waldmehrungsflächen;
- Schaffung zusätzlicher Rückhaltemaßnahmen;
- Mulden-Rigolen-Systeme zur Versickerung.

Landespflegerische Kompensation:

- Flächen für den Arten- und Biotopschutz;
- Schaffung von Landespflegerischen Kompensationsflächen.

Wasserwirtschaftliche Ziele für die Auenentwicklung:

- **Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens;
- Bremsung des Hochwasserabflusses;
- Erhöhung der Rauigkeit des Abflusskorridors,
- Bremsung und Infiltration von seitlich zufließendem Oberflächenabfluss.

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

Straßenplanung:

- Tabubereiche für Straßen;

- bei Querung der Aue: kein Damm ab 20 m Auenbreite;

Landespflegerische Kompensation:

- Hochwasserrückhalt in Auen durch Rückstau;
- Schaffung von Landespflegerischen Kompensationsflächen;
- Ökokonto: Förderung von Sonderbiotopen, Maßnahmen des Biotop- und Artenschutzes.
- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen;
- Freihalten von weiterer Bebauung (Parkplätze, Infrastruktur);
- Rückbau von versiegelten Flächen.

Wasserwirtschaftliche Ziele für die Gewässerentwicklung:

- **Abflusssdämpfung durch flache Gewässerprofile;**
- **Abflusssdämpfung durch Uferentwicklung und Gewässerentwicklungstreifen;**
- **Abflusssdämpfung durch Laufverlängerung.**

Wasserhaushaltsfunktionen:

- Verzögerung der Abflusswelle;
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Bach;
- Erhöhung des natürlichen Hochwasserrückhalts des Talraums.

Straßenplanung:

- Berücksichtigung von Entwicklungskonzepten für die Gewässer im Bereich einer Neubaustrecke;
- Optimierung der Einleitungsstelle für Straßenwasser;

Landespflegerische Kompensation:

- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen;
- Landespflegerische Kompensation durch Gewässerentwicklung.

Die Nutzbarkeit der LUWG- Daten des Infopakets für den Bereich des LBM und dessen spezifischen Planungsanforderungen sind in der folgenden Tabelle zusammen gefasst.

LBM- Ziel	LUWG- Daten	LBM- Nutzen
Umweltverträglichkeit im Rahmen der Linienfindung:		
Raumempfindlichkeitsuntersuchung	Wasserschutzgebiete	- erhöhter Aufwand bzw. Ausschlussgrund
	- stark erhöhtem Oberflächenabfluss, - erosionsgefährdete Flächen	- Trassenführung
	- Tiefensickerung, Mulden	
	- Auenflächen, - Überschwemmungsgebiete	- überspannende Brücken, Restriktionsbereiche

Variantenvergleich	- Gewässerstrukturdaten, - Gewässergüte	- Entwässerung, Verschmutzungs- gefahr, Querung
Aufstellung der Entwurfsunterlagen für Neubau- oder Ausbauprojekte (Landschaftspflegerische Kom- pensation):		
Beurteilung des Eingriffs	- Wasserschutzgebiete - Gewässerstrukturdaten, - Gewässergüte, - stark erhöhtem Oberflächenabfluss, - erosionsgefährdete Flächen, Tiefensi- ckerung, - Mulden, - Auenflächen	- Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf Boden, Wasser und Landschaft- Berücksichtigung der Ausprägung benachbarter Flächen
Landespflegerische Kompensation	- Auenflächen, - Sättigungsflächen - speicherschwache Standorte, - austragsgefährdete Flächen, - erosionsanfällige Flächen	- Anlage von Nass- und Feuchtwie- sen - Kompensation auf landwirt- schaftlichen Flächen, - Umwandlung von Acker in Grün- land - Anlage von Feuchtwald
	Gewässerstruktur	Gewässerrenaturierung, Auwald
Flächenpool	- speicherschwache Standorte, - austragsgefährdete Flächen, - erosionsanfällige Flächen	Flächenbereitstellung von Seiten der Landwirtschaft
Bau der Entwässe- run- gseinrichtungen	Wasserschutzgebiete, - Gewässerstrukturdaten, - Gewässergüte	Ableitung von Straßenwasser und Wasser oberhalb liegender Gebiete
	- stark erhöhtem Oberflächenabfluss, - erosionsgefährdete Flächen, Mulden, - Auenflächen	Maßnahmen zur Verhinderung von Wassereintrag von außer halb und damit Sicherung des Bauwerks, - Absicherung der Baustelle
	Bodenhydrologie	- Versickerung von Straßenwasser
	Hochwasserrückhaltepotential	- Wasserrückhaltung

2.4.2 Beschreibung der Maßnahmen

Wasserwirtschaftliche Ziele:

Vermeidung von Oberflächenabfluss, Vermeidung hoher Bodenerosion, Niederschlagsversickerung

Im Bereich von Straßen sind sowohl Freiflächen als auch befestigte Flächen vorhanden. Sie unterscheiden sich deutlich hinsichtlich ihrer hydrologischen Eigenschaften. Freiflächen im Bereich bebauter Flächen sind dabei für die umgebenden versiegelten Bereiche von enormer Bedeutung. Bei entsprechender Eignung sind sie in der Lage, zusätzliches Niederschlagswasser von bebauten Flächen aufzunehmen und zu versickern, ohne dass das Wasser in einem Kanal oder Gewässer schnell abgeführt wird. Durch Vorschalten einer Vorbehandlung wie z.B. Sediment- oder Pflanzenklärbecken erfolgt eine Reinigung und auch zeitliche Ablaufverzögerung des Straßenablaufwassers.

Da bei Straßenneuplanungen auch die umgebende land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen dargestellt und teilweise beplant werden, kann die Straßenbauverwaltung die Hochwasser mindernden Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft berücksichtigen.



Bei Straßenneuplanungen ist die Niederschlagsversickerung entsprechend dem LfW- Leitfaden (1998) durchzuführen. Neben den positiven Wirkungen auf das Hochwassergeschehen sind deutliche Kosteneinsparungen bei der Erschließung (z.B. Kanaldimensionierung) möglich.

In gering versiegelten Bereichen (Versiegelungsgrad < 40%) können auch nachträglich Versickerungsmöglichkeiten gefunden werden, da noch genügend Freiflächen vorhanden sind.

Bild 49: Versiegelung und Teilversiegelung (Rasengittersteine)

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

- Zusätzliche Maßnahmen bei Oberliegergebieten von Straßen, da erhöhter Zufluss bzw. Probleme mit Bodenmaterial:

Im Rahmen der Straßenneuplanung sind Flächen mit hohem Oberflächenabfluss oder hoher Boden-erosion nur bedingt als Oberliegerflächen für Straßen geeignet, es sei denn, es werden bodenschonende Wirtschaftsweisen auf den landwirtschaftlich genutzten Flächen nachgewiesen.

- Hochwasser minimierende Ableitung von Straßenwasser:

Durch die Gestaltung und den Verlauf des Straßenrandgrabens und der weiteren Ableitung bis zum nächsten leistungsfähigen Gewässer kann bereits eine Hochwasserminderung hervorgerufen werden. Durch Vorschalten von Sediment- oder Pflanzenklärbecken wird eine Reinigung für Straßenablaufwasser erreicht. Störsteine im Graben, natürliche Sohl- und Grabenrandsubstrate sowie ein geschwungener Grabenverlauf mit höherwüchsiger Vegetation am Ufer bewirken bereits deutliche Effekte.

- Niederschlagsversickerung im Bereich der Straßen und in versiegelten Bereichen:

Wenn die Qualität des Straßenwassers eine Versickerung zulässt, sind geeignete, höchstens schwach geneigte Flächen im Umfeld der Straßen dafür vorzusehen. Bei Bedarf kann die Versickerungsfläche durch Vorschalten einer Vorbehandlung durch z.B. Pflanzenkläranlage von Schadstoffen und Schwebstoffen freigehalten werden. Der Boden muss auf seine Versickerungsleistung hin untersucht werden (siehe Leitfaden zur Niederschlagsversickerung, LfW 1998), ob er das anfallende Wasser schnell aufnehmen kann.

Parkplätze sollten grundsätzlich, wenn andere Aspekte nicht dagegen sprechen, so gestaltet werden, das Niederschlagswasser auf der Parkfläche in den Untergrund versickert.

- Änderung der Entwässerungsrichtung:

Durch Unterbrechung des Entwässerungsweges bzw. Änderung der Neigung der Straße kann die Schnelligkeit der Ableitung vermindert werden. Zusätzliche Bepflanzungsmaßnahmen am Graben führen zu einer weiteren Verzögerung des Abflusses.

- Ökokonto: Neuanlage von Wald:

Die Neuanlage von Wald kann für das Ökokonto gutgeschrieben werden. Auf stark geneigten Flächen, die der Straßenbauverwaltung gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrfurten Oberflächenabfluss und Bodenerosion.

- Schaffung von Landespflegerische Kompensationsflächen mit bodenschonenden

Bewirtschaftungsmaßnahmen:

Die Landespflegerische Kompensation für den Straßenneubau sollte auf Freiflächen mit hohem Oberflächenabfluss oder hoher Bodenerosion geschaffen werden. Die durch die Versiegelung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann in diesem Bereich durch entsprechendes Bewirtschaften und Herrichten der Flächen teilweise ausgeglichen werden.

- Entsiegelung befestigter Flächen:

Bei Aufgabe der Straßen- oder Parkplatznutzung kann eine Entsiegelung der Flächen so vorgenommen werden, dass der neu zu schaffende Oberboden Niederschlagswasser leicht aufnehmen kann und in die Tiefe schadlos ableiten kann. Dichte Bodenschichten sind dabei aufzulockern.

- Mulden- Rigolen- Systeme:

Für größere Wassermengen oder bei weniger geeignetem Untergrund im Umkreis von Straßen lassen sich mit Mulden- Rigolen Systeme Verzögerungen in der Abflusskonzentration erreichen. Die Vielzahl von möglichen Systemen sind je nach den Randbedingungen zu bemessen. Beachtet werden muss dabei die Qualität des zu versickernden Straßenwassers.

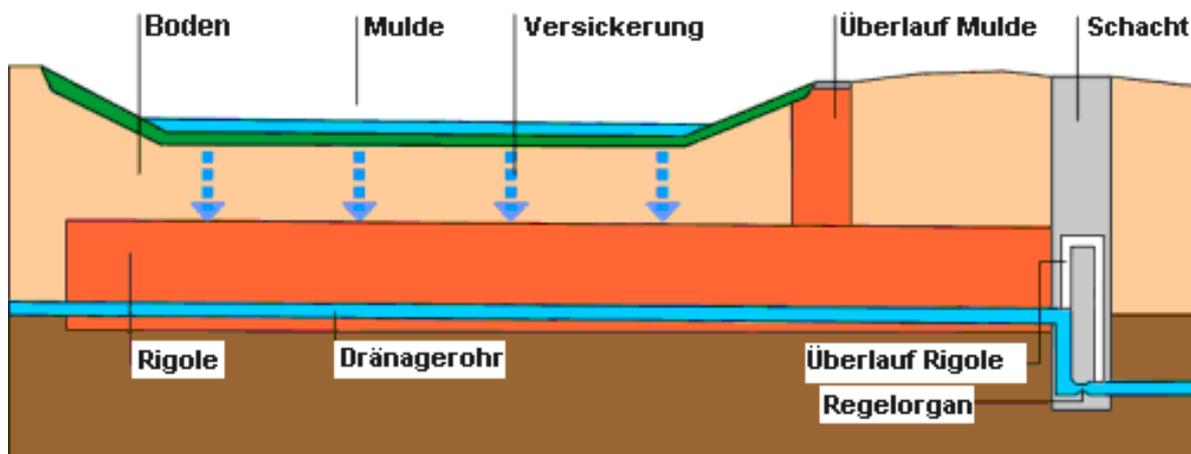


Bild 50: Prinzip der Versickerung von Niederschlagswasser in einer Mulde

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Verminderung starker Tiefensickerung

Die Flächen mit verstärkter Tiefensickerung auf den land- und forstwirtschaftlichen Flächen sind für die Straßenbauverwaltung als Waldmehrungsflächen vorzuschlagen.

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:**- Ausweisung von Waldmehrungsflächen:**

Die Neuanlage von Wald kann als Landespflegerische Kompensation ausgewiesen werden. Auf stark durchlässigen, landwirtschaftlich genutzten Flächen, die der Straßenbauverwaltung gehören oder zum Zweck der Ökokontoführung gekauft werden, verhindern Waldmehrungsflächen die schnelle Durchsickerung von Niederschlagswasser. Die durch die Versiegelung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann durch Aufforstung stark sickerfähiger Flächen teilweise ausgeglichen werden.

- Schaffung zusätzlicher Rückhaltemaßnahmen:

Da die sickerstarken Flächen kein zusätzliches Niederschlagswasser von der Straße aufnehmen können, müssen im Bereich solcher Standorte zusätzliche Speichermöglichkeiten geschaffen werden.

- Mulden- Rigolen- Systeme:

Für größere Wassermengen oder bei weniger geeignetem Untergrund lassen sich mit Mulden- Rigolen Systeme Verzögerungen in der Abflusskonzentration erreichen. Die Vielzahl von möglichen Systemen sind je nach den Randbedingungen zu bemessen.

- Flächen für den Arten- und Biotopschutz:

Die Flächen mit schneller Tiefensickerung sind meist Trockenstandorte und deshalb im Rahmen der Kompensation für die Anlage von Trockenbiotope geeignet.

Wasserwirtschaftliches Ziel:

Wasserrückhalt auf Auenflächen und Sättigungsflächen

Hochwasserrückhalt entlang von Gewässern auf den Gewässer begleitenden Auenflächen stellt einen wesentlichen Beitrag zum Hochwasserschutz dar. Intakte Auen sind Talniederungen, die für eine großflächige Zwischenspeicherung von Hochwasser hervorragend geeignet sind. Flächen entlang von Fließgewässern, die einer natürlichen Auendynamik unterliegen, sorgen sowohl für eine oberirdische (bei Überflutung) als auch für eine unterirdische Hochwasserrückhaltung (bei Grundwasser- aufhöhung) und verzögern den Hochwasserabfluss.

Ziel von Maßnahmen ist die Förderung des natürlichen Hochwasserrückhaltevermögens von Auen. Dazu müssen die Bäche und Flüsse in der Lage sein, auftretende Hochwässer aus dem Gerinne heraus auf die Auenflächen zu bringen. Im Bereich der bebauten Flächen sind jedoch Hochwasserschutzmaßnahmen zu treffen, damit Hochwasserschäden vermieden werden.



Neben der Freihaltung der Auenflächen von Straßen und Straßeninfrastruktur und einer dem Standort angepassten Nutzung durch Grünland oder naturnahen Auwald gilt es die Wasserläufe so zu entwickeln, dass sie wieder frühzeitig über die Ufer treten und ihre Auen überschwemmen können. In der Regel lässt sich dies durch Sohlanhebung und naturnahe Ufergestaltung erreichen.

Bild 51: Bebauung in der Talaue

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

- Tabuflächen für den Straßenbau:

Straßen in der Aue bedeuten einen dauernden Verlust an Retentionsfläche. Deshalb sollten Straßen nur außerhalb von Talauen verlaufen. Bei Querung von Auenflächen sollte schon bei Auenbreiten ab 20 m eine Überspannung mittels einer Brücke erfolgen, um eine ökologische Vernetzung zu erreichen.

- Freihalten von Bebauung und Aufschüttungen:

Eine generelle Notwendigkeit ist das Freihalten der Auenflächen von Bebauung und Infrastruktureinrichtungen, da sonst diese Auenflächen für immer der Retention verloren gehen. Ebenso führen Aufschüttungen oder Straßendämme in der Aue zu einer Verkleinerung der überschwemmbareren Auenfläche.

- Hochwasserrückhalt in Auen durch Rückstau:

Für den Fall, dass bei einer Straßenquerung ausnahmsweise ein Damm notwendig ist, ist zu prüfen, ob er auch als Hochwasserdamm eine Funktion übernehmen kann. Dabei ist auf einen ausreichend dimensionierten, naturnahen Durchlass zu achten.

- Schaffung von Landespflegerischen Kompensationsflächen:

Die Landespflegerische Kompensation von Neuversiegelungen bei Straßenneubauten sollte wegen der vielfältigen Funktionen bevorzugt in Auen geschaffen werden. Die durch die Versiegelung vorgenommene Verschärfung im Hochwassergeschehen kann im Bereich der Auen durch Herrichten geeigneter Flächen teilweise ausgeglichen werden.

Im Landespflegerischen Begleitplan können Auen als Feuchtbiotopstandorte ausgewiesen werden.

- Tausch mit Flächen außerhalb der Auen:

Nutzungen, die in der Aue Hochwasser verschärfend wirken (Parkplätze, strukturlose Grünanlagen) sollten aus der Aue herausgelegt werden, um Auen verträgliche Nutzungen schaffen zu können.

- Rückbau von versiegelter Fläche:

Wo möglich, sind vorhandene versiegelte oder bebaute Flächen in der Aue zurück zu bauen. Bei Hochwasser überströmte versiegelte Flächen führen zu einer Beschleunigung des Abflusses. Dies kann durch Umbau und Nutzung als Grünland, Busch- oder Gehölzflächen verhindert werden.

Wasserwirtschaftliche Ziele:

**Abflussdämpfung durch flache Gewässerprofile,
Abflussdämpfung durch Uferentwicklung und Gewässerentwicklungstreifen,
Abflussdämpfung durch Laufverlängerung**

Nahezu alle Gewässer haben von Natur aus ein relativ flaches Gewässerbett. Damit verbunden ist eine geringe Abflusskapazität sowie eine frühzeitige und häufige Ausuferung.



Besondere Laufstrukturen und Totholz erhöhen die Vielfalt der Strömungsverhältnisse und unterstützen die eigendynamische Gewässerentwicklung. Insbesondere Totholz ist in der Lage, weitere Strukturen, wie Kolke, Bänke, Laufkrümmungen oder Verzweigungen zu verursachen. Es verhindert Tiefenerosion und bildet kleine Aufstauungen von Wasser.

Bild 52: Abflussdämpfung durch flaches Gewässerprofil, besondere Laufstrukturen und Totholz



Ist das Gewässerbett tief eingeschnitten, ist die Abflusskapazität im Gewässer hoch, das Gewässer neigt zu weiterer Tiefenerosion und die Retentionsleistung der umliegenden Auenflächen wird erst spät oder nur teilweise ausgenutzt. Eingetieftes Gewässer führen das Wasser schnell ab. Sie haben keine Verbindung zu ihren Auen, so dass diese für den Hochwasserrückhalt nicht zur Verfügung stehen. Dies führt zu einem schnellen Auflaufen des Hochwassers bei den Unterliegern.

Bild 53: Vollständig veränderter, stark eingetiefter Bach im städtischen Bereich



Im Bereich von versiegelten Flächen muss beachtet werden, dass bei einer Anhebung der Gewässer- sohle auch der umgebende Grundwasserspiegel ansteigt und zu unerwünschten Vernässungen führt. Ebenso lassen sich Laufverlängerungen und Uferentwicklungen nicht überall verwirklichen. Trotzdem sind Gewässerentwicklungen zumindest partiell auch im bebauten Bereich möglich.

Bild 54: Verminderung der Fließgeschwindigkeit bei Hochwasser im Uferbewuchs

Maßnahmenvorschläge für die Straßenbauverwaltung:

- Berücksichtigung von Gewässerentwicklungskonzepten für alle Gewässer im Bereich einer neuen Straßentrasse:

Gewässerentwicklungskonzepte enthalten neben einer Bestandsaufnahme der Gewässer Vorschläge für kurz-, mittel- und langfristigen Planungen, welche Möglichkeiten für eine Aufwertung der Gewässer bestehen. Dabei sind nicht nur die Freilandgewässer zu betrachten. Auch im bebauten Bereich lässt sich viel für die Gewässer tun. Falls kein Entwicklungsplan vorhanden ist, sollten die Maßnahmen mit den Regionalstellen für Wasserwirtschaft abgestimmt werden.

- Optimierung der Einleitestellen für Straßenwasser:

Die Einleitung von Straßenwasser in ein Gewässer sollte dort erfolgen, wo das Gewässer nicht verbaut ist oder eingetieft ist. Durch die oft schwallartige Beaufschlagung des Gewässers mit Straßenwasser würde die Eintiefung verstärkt und durch den Verbau der Abfluss stark beschleunigt. Einleitestellen müssen einen natürlichen Gewässerzustand mit natürlicher Uferbefestigung und Uferbewuchs sowie eine stabile, flache Gewässersohle aufweisen.

- Anlage von Auwaldentwicklungstreifen:

Im Rahmen der Straßenneuplanung werden als Kompensation auch Waldflächen festgelegt. Entlang der Gewässer sind breitere Auwaldentwicklungstreifen vorzusehen, die großen Einfluss auf die Gewässerentwicklung und auf die Hochwasserretention haben.

- Landespflegerische Kompensation durch Gewässerentwicklung:

Durch Entwicklung von Gewässersohle (in der Regel Anhebung der Sohle), Ufer (Ergänzung fehlenden Uferbewuchses, Uferverbau auflösen) und Gewässerumfeld (Anlage von Entwicklungstreifen) wird das Gewässer so verbessert, dass ein verzögerter Abfluss stattfindet.

- Renaturierung der Gewässer in bebauten Bereichen:

Selbst im bebauten Bereich sind Gewässerentwicklungsmaßnahmen möglich. Dabei handelt es sich vielleicht nicht um die vollständige Renaturierung eines Gewässers. Durch Kleinmaßnahmen kann

jedoch eine bedeutende Aufwertung des Gewässers für die Ökologie erfolgen. Hochwasser reduzierend sind dies Kleinmaßnahmen allerdings weniger, zumal dies in Ortslagen nicht im Vordergrund steht, sondern der schadlose Abfluss.



Bild 55: Strukturell aufwerteter Bach im bebauten Umfeld

3 Datengrundlage

3.1. Einführung

Durch gezielte Berücksichtigung von Maßnahmen sowie Umsetzungsstrategien in der Land- und Forstwirtschaft, der Orts-, Stadt- und Regionalplanung, der Straßenplanung und im Naturschutz können Hochwasserrückhalt und Gewässerentwicklung zielgerichtet vorangebracht werden. Die Wasserwirtschaft unterstützt diese Planungs- und Entwicklungsprozesse. In den letzten Jahren sind dazu bedeutende und aussagekräftige Grundlagen geschaffen worden. Zu nennen wären

1. die **Gewässerstrukturkartierung**, die landesweit alle Gewässer hinsichtlich ihrer Struktur bewertet hat (LFW 2001b);
2. landesweit durchgeführte **EU-Projekte (IRMA II)**, die die schonende Bewirtschaftung von Landflächen im Hinblick auf den Hochwasserschutz zum Ziel haben (www.irma-lfw-rp.de, LFW 2001a);
3. die digitale **geomorphographische Karte**, die landesweit genaue Lageparameter, wie z.B. Neigung, Exposition oder Talflächen enthält (GEOEXTEND 2001).
4. das **Naheprogramm** mit vielen Beispielprojekten.
5. **Bodenhydrologische Karte**. (www.warela.eu) für große Landesteile von Rheinland-Pfalz

Die Genauigkeit der Daten bzw. die Maßstabebene, für die die Daten Gültigkeit besitzen, variiert zwischen Flächen- und Gewässerdaten. Während die **Gewässerstrukturdaten** im **Maßstab 1:25.000** noch gut interpretiert werden können, sind die **Flächendaten** eher für den **Maßstab 1:50.000** und kleiner geeignet. Der Grund ist, dass die Flächendaten maßgeblich von den Bodendaten abhängig sind, die bisher nicht detaillierter vorliegen. Die zu nutzenden Flächendaten lassen somit keine parzellen genauen Aussagen zu, sind aber als Planungsgrundlagen verwendbar.

Bei der Auswertung der Daten wird zielgerichtet auf das Hochwassergeschehen geachtet. So werden nur schnelle oder starke Abflussprozesse berücksichtigt bzw. Maßnahmen an Gewässern in Bezug zu ihrer Beeinflussung für das Hochwasser dargestellt. Die anderen langsamen, für die Hochwasserentstehung unbedeutenden oder günstigen Abflussprozesse werden hier nicht betrachtet. Dies ist der wesentliche Unterschied zu den Ergebnissen des WARELA- Projekts, wo der gesamte Wasserhaushalt von Flächen abgebildet wird (www.warela.de).

3.2. IRMA- Projekte

Im IRMA Projekt „Fernerkundung sensibler Niederschlagsflächen auf der Grundlage der Niederschlags-Abflussgleichung“ wurde eine Differenzierung von Flächen nach deren natürlich bedingten Eigenschaften für verschiedene Abflussprozesse vorgenommen. Es werden Flächen unterschieden, die entweder stärker durch **Sättigungsflächenabfluss**, **Oberflächenabfluss**, **Zwischenabfluss (Interflow)** oder **starker Tiefensickerung** geprägt sind. Durch diese Einteilung lassen sich diejenigen Gebiete herausarbeiten, die bei Hochwasser wesentliche Abflussbeiträge liefern. Für Ackerflächen ist in Bild 56 das Beurteilungsschema angegeben. Die Identifizierung von Flächen mit Sättigungsflä-

chenabfluss (Asä), Oberflächenabfluss (Ao), Zwischenabfluss (Interflow Ai) und hoher Tiefensickerung (As) erfolgt nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (KA5, AG BODEN 2005) und wird über folgende Einflussgrößen vorgenommen:

Vernässungsgrad nach KA5 (Tab.61):

- Vn4 (G4) stark vernässt, Vn5 (G5) sehr stark vernässt,
- Vn6 (G6) äußerst stark vernässt

Bodenart des Oberbodens nach KA5 (Tab.30):

- Bodenarten nach Schluff- und Tonanteilen
- Hangneigung in % nach KA5 (Tab.6):
- schwach geneigt >3,5% und <9%, mittel geneigt >9% und <18%

Mächtigkeit der 1. Bodenschicht:

- ≤ 60 cm geringmächtig, ≤ 80 cm mittelmächtig

Kf-Wert der 2. Schicht nach KA5 (Tab.80):

- Kf1 sehr geringe Wasserdurchlässigkeit, Kf2 geringe Wasserdurchlässigkeit

nutzbare Feldkapazität nach KA5 (Tab.74):

- sehr geringe nutzbare Feldkapazität ≤ 60mm.

Je nach Stärke des Abflussprozesses sind in der Abbildung die Prozesse fett (= sehr hoher Sättigungsflächenabfluss, sehr hoher Oberflächenabfluss oder sehr hoher Interflow) sowie normal (= hoher Sättigungsflächenabfluss, hoher Oberflächenabfluss, hoher Interflow oder hohe Tiefensickerung) markiert.

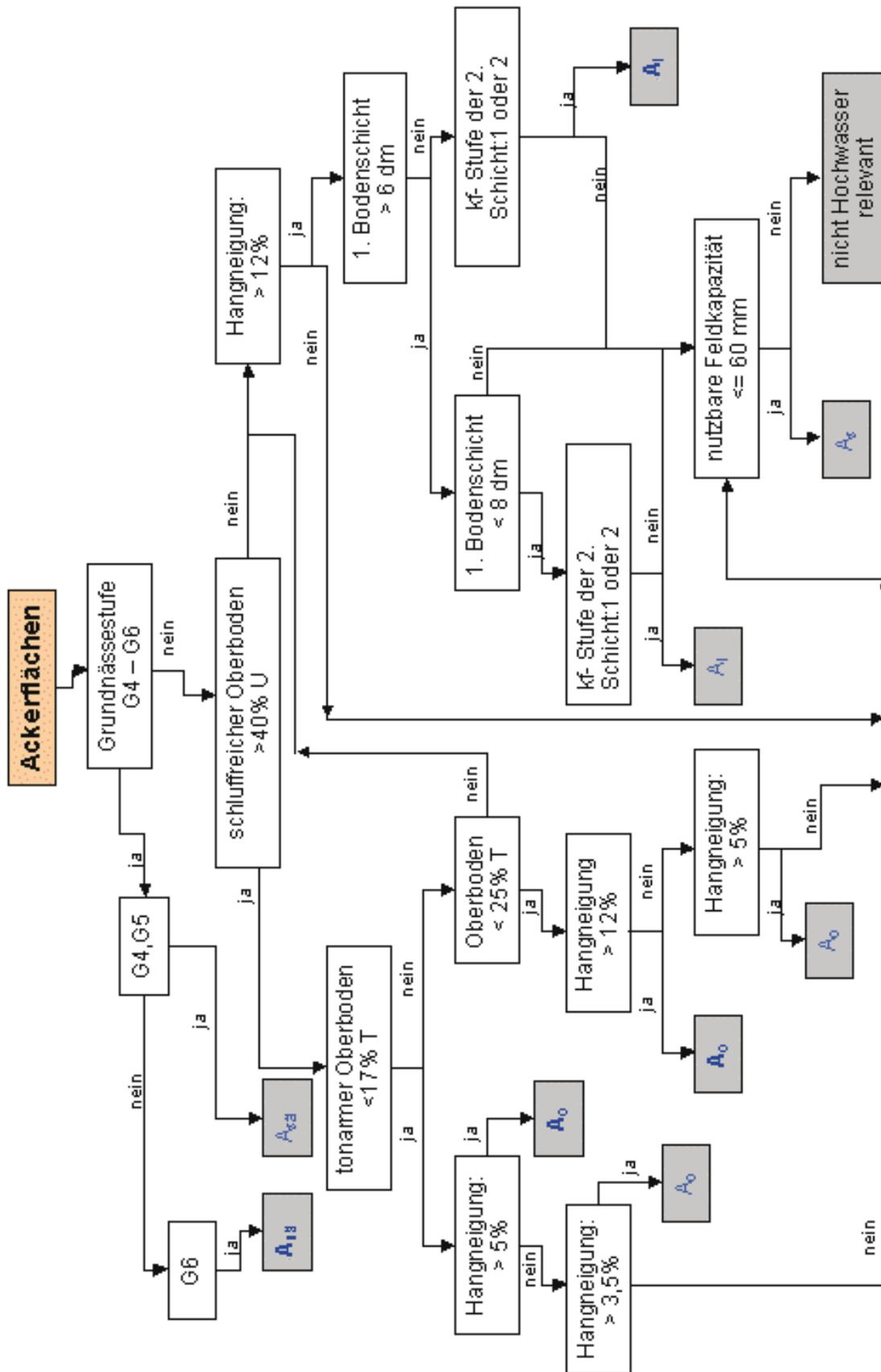


Bild 56: Beurteilungsschema für Abflussprozesse auf Ackerflächen



Für Grünland und Wald sind die Abflussprozesse in ihrer Stärke und Bedeutung abgeschwächt.

Stark zum Hochwasserabfluss beitragende Flächen können durch Nutzungs- und Bewirtschaftungsänderungen so beeinflusst werden, dass ein abflussmindernder Effekt erzielt wird. Dabei ist vor allem die Schnelligkeit des Abflusses und das „Haltevermögen“ des Bodens für Regenwasser von Bedeutung, wenn man an die Reduzierung der Hochwasserspitzen und -abflüsse denkt. Die Bodeneigenschaften können nur in einem geringen Maße verändert werden, jedoch können durch die Art der Bewirtschaftung die Schnelligkeit und Art des Abflusses stark beeinflusst werden.

Im IRMA Projekt „Fernerkundung sensibler Niederschlagsflächen auf der Grundlage der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung“ wurde eine Einstufung der Erosionsgefahr für die landwirtschaftlich genutzten Flächen berechnet. Damit werden gleichzeitig Bereiche bestimmt, wo Oberflächenabfluss als Transportmedium für Bodenmaterial eine bedeutende Rolle spielt.

Standörtliche Gegebenheiten und die Art der Bewirtschaftung bestimmen den landwirtschaftlich bedingten Eintrag von Nährstoffen und Pflanzenschutzmitteln in die Gewässer. Je höher die standörtliche Erosions- und Auswaschungsgefahr ist, umso stärker sollte der Landwirt seine Bewirtschaftung danach ausrichten. Die flächenhafte Bodenerosion wurde mit Hilfe der „**Allgemeinen Bodenabtragsgleichung**“ (**ABAG**) nach SCHWERTMANN ET AL. (1990) berechnet. Es werden Flächen unterschiedlich hohen Bodenabtrags bestimmt. Stark erosionsgefährdete Bereiche mit einem Bodenabtrag von $> 10 \text{ t/ha} \times a$ werden von schwach erosionsanfälligen Gebieten ($< 2 \text{ t/ha} \times a$) unterschieden. Für Waldflächen wird die Bodenerosion nicht berechnet. Sie tritt dort nur kleinflächig bei unsachgemäßer Bewirtschaftung steiler Lagen (Verdichtung, Fahrspuren) auf. Steillagen $> 18\%$ im Wald, die bodenartlich schluffige Bereiche tragen, werden als Abfluss sensible Flächen ausgewiesen, die eines Bodenschutzes bedürfen.

3.3. Digitale Geomorphografische Karte

Die geomorphografische Karte für Rheinland-Pfalz beinhaltet eine flächendeckende Darstellung des Reliefs (Neigung, Exposition, Tal-, und Hangflächen, etc.). Sie ermöglicht damit eine Vielzahl von Anwendungen, die mit anderen Fachinformationen (z.B. Bodenkarte) verknüpft werden können. Aus den Daten wurden die Bereiche herausgefiltert, die als Hangdellen (Mulden) anzusprechen sind. Dort wird Bodenmaterial zusammengeschwemmt sowie Nährstoffe akkumuliert. Diese Kolluvien werden mit Nutzungsdaten aus ATKIS verknüpft. Dadurch lassen sich **Muldenbereiche auf Ackerflächen** abgrenzen, die hinsichtlich ihrer Transportfunktion für Wasser, Bodenmaterial und Stoffen von Bedeutung sind.

Ebenfalls aus der digitalen geomorphografischen Karte sind die Talauen ausgewiesen worden.

Die Hochwasserretention in **Fluss- und Bachauen** wird maßgeblich durch deren topografisch-morphologischen Eigenschaften und durch die Auennutzung bestimmt. Natürlicher Hochwasserrückhalt tritt dann auf, wenn eine deutliche Ausuferung über das eigentliche Gewässerbett hinaus möglich ist. Deshalb werden Gewässerstrukturdaten zur Einordnung der Auen hinsichtlich ihres Ausuferungsvermögens und ihrer Wirkung für den Hochwasserschutz hinzugezogen. Häufige Ausuferungen sind zu erwarten, wenn die Einschnittstiefe der Gewässersohle gering ist. Bei hohen Fließgeschwindigkeiten, also einem großen Talgefälle, ist die Retentionsleistung der Auen dagegen verringert. Eine weitere Einflussgröße stellt die Rauigkeit der Nutzung auf den überflutbaren Auenflächen dar.

Aus der Kombination der geomorphografischen Daten mit den Gewässerstrukturdaten ergeben sich Auenflächen, die

1. intakt sind und schon bei kleinen Hochwässern überflutet werden und zu einer Retention beitragen;
2. verändert sind und nur bei mittleren bis großen Hochwässern überflutet werden;
3. vollständig verändert sind und nur noch bei großen Hochwässern bzw. gar nicht überflutet werden.

3.4. Gewässerstrukturkartierung

Die Gewässerstrukturkartierung bewertet die Qualität der Gewässer- und Umfeldstrukturen und die damit einhergehende Funktionsfähigkeit der Gewässer. Sie erfasst landesweit das rheinland-pfälzische Gewässernetz in 100 m-Abschnitten. Jeder Abschnitt ist durch Vor-Ort ermittelte Daten sowie durch eine zusammenfassende Bewertung charakterisiert. Die Einteilung der Gesamtbewertung reicht von Strukturklasse 1 (unverändert) bis Klasse 7 (vollständig verändert).

Die Einzeldaten zeigen morphologische Defizite des Gewässerbettes, der Ufer und Beeinträchtigungen des Umlandes auf.

Die Laufentwicklung, die Profileintiefung und die Strukturausstattung des Gewässernetzes beeinflussen die Geschwindigkeit von Abfluss und Hochwasserbildung. Tief eingeschnittene und begräbte Gewässer mit Uferverbau oder fehlendem Gewässerrandstreifen sind für die Hochwasserrückhaltung ungünstig zu bewerten.

Für Maßnahmen im Rahmen der Gewässerentwicklung (z.B. Rückbauprojekte, Wiederherstellung der Durchgängigkeit) geben die Strukturdaten eine wichtige Orientierungshilfe zur Lokalisierung defizitärer Gewässerstrecken. Durch Gewässerentwicklung lassen sich deutlich bessere Strukturen schaffen, die gleichzeitig auch die ökologischen Funktionen begünstigen.

3.5. Das Naheprogramm

Das 1994 begründete Naheprogramm legte bewusst einen Schwerpunkt bei der nachhaltigen Hochwasservorsorge. Das vorangegangene außergewöhnliche Winterhochwasser hatte erhebliche Schäden verursacht. Die im Naheprogramm realisierte Kooperation von Kommunen, Flächennutzern, Wasserwirtschaft und Landeskulturverwaltung hat bis heute weit mehr als 200 Projekte und Maßnahmen für die Hochwasservorsorge auf den Weg gebracht. In mehr als 25 Bodenordnungsverfahren wurden und werden im gesamten Einzugsgebiet der Nahe Maßnahmen zum Hochwasserrückhalt auf der Fläche und an Gewässern realisiert.

Verwendete Unterlagen

- AG BODEN (2005): Bodenkundliche Kartieranleitung. 5. Auflage. Hannover
- BLUME, H.-P. (eds., 2004): Handbuch des Bodenschutzes. 3. Auflage, ecomed-Verlag, Landsberg.
- BÜRO FÜR UMWELTBEWERTUNG (2003): Flussgebietsentwicklungsplan Nahe. Im Auftrag des LUWG.
- Ergänzungen um Ergebnisse aus IRMA II und STRUKA V. Gießen.
- FAWF (2004): WARELA- Projektbericht. Trippstadt.
- FSV (2005): Richtlinien für die Anlage von Straßen. Teil: Entwässerung RAS-Ew. Köln
- FREDE H.-G. & DAPPERT (1999): Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft. 2.Korr.Auflage, ecomed- Verlag, Landsberg.
- GEOEXTEND 2002: Digitale geomorphographische Karte Rheinland-Pfalz. Gießen.
- LFW (2001a): IRMA II- Projekt: Schonende Bewirtschaftung sensibler Niederschlagsflächen. Mainz.
- LFW (2001b): Gewässerstrukturgütekartierung Rheinland-Pfalz:
- MUF (2006): PAULA- Programm.
- MUFV – 10 JAHRE AKTION BLAU (2007)
- SCHERRER AG (2004): Identifikation hochwasserrelevanter Flächen. Reinach (CH). Im Auftrag des LFW.
- SCHWERTMANN ET AL. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- WWW.IRMA-LFW-RP.DE
- WWW.WARELA.DE
- WWW.AKTION-BLAU.DE

Bildnachweise

- Büro für Umweltbewertung, Gießen: 5, 15, 16, 19, 21, 22, 43, 49, 50
- Dienstleistungszentren ländlicher Raum Rheinland- Pfalz: 1, 2, 3, 4, 14, 17, 18, 20, 25, 26, 29, 32, 34
- Forschungsanstalt für Waldökologie und Forstwirtschaft Rheinland-Pfalz: 23, 24, 28, 35, 37, 38, 39
- Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht: 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 27, 30, 31, 33, 36, 40, 41, 42, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55
- Pronatur, Frankfurt: alle Titelfotos, 44, 45