

Richter, Sandra; Funke, Markus; Borchardt, Dietrich; Mewes, Melanie; Klauer, Bernd

Working Paper

Beispielhafte Anwendung des Verfahrens BASINFORM am Wasserkörper Emsbach (Hessen) zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach Wasserrahmenrichtlinie

UFZ Discussion Paper, No. 4/2009

Provided in Cooperation with:

Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ)

Suggested Citation: Richter, Sandra; Funke, Markus; Borchardt, Dietrich; Mewes, Melanie; Klauer, Bernd (2009) : Beispielhafte Anwendung des Verfahrens BASINFORM am Wasserkörper Emsbach (Hessen) zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach Wasserrahmenrichtlinie, UFZ Discussion Paper, No. 4/2009, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Leipzig

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/44748>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

UFZ-Diskussionspapiere

Department Ökonomie

4/2009

Beispielhafte Anwendung des Verfahrens BAS/INFORM am Wasserkörper Emsbach (Hessen) zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach Wasserrahmenrichtlinie

Sandra Richter, Markus Funke, Dietrich Borchardt, Melanie Mewes, Bernd Klauer

April 2009

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	DER WASSERKÖRPER EMSBACH ALS FALLBEISPIEL	2
2.1	Begründung der Auswahl des Fallbeispiels.....	2
2.2	Allgemeine Charakterisierung des Einzugsgebietes des Wasserkörpers Emsbach	2
2.2.1	Lage und Grenzen	2
2.2.2	Naturraum und Gewässernetz	3
2.2.3	Nutzungen	3
3	ZUSTANDSBEWERTUNG	5
3.1	Ergebnisse aus der Bestandsaufnahme	7
3.2	Ergebnisse aus dem Monitoring.....	8
3.3	Zusammenfassende Bewertung der Wasserkörper	12
4	VORAUSWAHL ERHEBLICH VERÄNDERTER UND KÜNSTLICHER WASSERKÖRPER	13
5	IDENTIFIKATION DER URSACHEN UND FESTLEGUNG DER ENTWICKLUNGSZIELE	14
5.1	Identifikation der Ursachen.....	14
5.1.1	Grundwasserkörper	14
5.1.2	Ursachen für die Zielverfehlung der Oberflächenwasserkörper	15
5.2	In begründeten Fällen vorgezogene Prüfung auf geringere Umweltziele	17
5.3	Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf	17
5.3.1	Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern.....	18
5.3.2	Modul 4: Struktur und Hydromorphologie der Oberflächengewässer	20
6	MAßNAHMENVORAUSWAHL UND ABSCHÄTZUNG DER MAßNAHMENWIRKUNGEN.....	25
6.1	Maßnahmenvorauswahl Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern	25
6.1.1	Phosphor	25
6.2	Abschätzung der Maßnahmenwirkungen Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern	31
6.2.1	Phosphor	31
6.2.2	Stickstoff.....	38
6.3	Maßnahmenvorauswahl Modul 4: Struktur und Hydromorphologie von Oberflächengewässern	39

6.3.1	Hydromorphologie.....	39
6.3.2	Durchgängigkeit.....	42
6.3.3	Abschätzung der Maßnahmenwirkungen Modul 4: Struktur und Hydromorphologie von Oberflächengewässern	43
7	BILDUNG UND AUSWAHL DER MAßNAHMENKOMBINATIONEN	44
8	NACHTRÄGLICHE OPTIMIERUNG.....	47
9	PRÜFUNG AUF AUSNAHMETATBESTÄNDE UND PRIORISIERUNG.....	47
10	ERFAHRUNGEN BEI DER DER ANWENDUNG UND ÜBERTRAGBARKEIT DES VERFAHRENS BAS/INFORM AUF DEN WASSERKÖRPER EMSBACH	48
11	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....	51
12	LITERATUR.....	55

Kontakt:

Dr. Sandra Richter, s.richter@uni-kassel.de

Dr. Bernd Klauer, bernd.klauer@ufz.de,

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Morphologische Gewässererkennlinie für den Wasserkörper Emsbach (Ist-Zustand).....	22
Abbildung 2: Potenzielle Maßnahmenräume für die Errichtung von Uferstrandstreifen (aus: HMULV 2007A).....	36
Abbildung 3: Morphologische Gewässererkennlinie für den Wasserkörper Emsbach(Ist- und Plan-Zustand)	43
Abbildung 4: Gewählte Maßnahmenkombination für den Wasserkörper Emsbach.....	45

HEFTMITTE

Abbildung A: Oberflächen- und Grundwasserkörper Emsbach	25
Abbildung B: Verteilung der Gewässerstrukturklassen im Wasserkörper Emsbach (HMULF 1999).....	25
Abbildung C: Erfüllung der morphologischen Mindestanforderungen und Lage der Querbauwerke im Oberflächenwasserkörper Emsbach	26
Abbildung D: Verteilung der Abweichungsklassen für alle Gewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km ² des Wasserkörpers Emsbach (Abbildung zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)	26
Abbildung E: Abweichung von den morphologischen Umweltzielen – Lokalisierung von Entwicklungsbereichen am Wasserkörper Emsbach (Abbildung zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)	27
Abbildung F: Gewässerabschnitte im Wasserkörper Emsbach, an denen hydromorphologische Verbesserungsmaßnahmen vorgesehen werden (Abbildung zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel).....	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Qualitätsnormen für den „guten chemischen Zustand“ nach Grundwasser-RL	5
Tabelle 2: Qualitätskomponenten für den „guten ökologischen Zustand“ nach Anhang V WRRL	6
Tabelle 3: Zielparameter für die Qualitätskomponenten für den „guten ökologischen Zustand“ (anhand der aktuellen Bewertungsverfahren) für den Emsbach (HMULV 2007A)	7
Tabelle 4: Umfang des vorgezogenen Monitorings am Emsbach (HMULV 2007B).....	9
Tabelle 5: Allgemeine physikalisch-chemische Komponenten an der Mündung des Emsbachs in die Lahn sowie am Pegel Niederbrechen für die Jahre 2005 und 2006 (HLUG 2006; Bewertungs- und Datengrundlage LAWA 2007; Orientierungswertüberschreitungen in rot hervorgehoben HMULV 2007A).....	10
Tabelle 6: Ergebnisse PSM-Messungen am Emsbach, Messstelle „ENNERICH“ im Jahr 2004 (Qualitätsnormüberschreitungen in rot hervorgehoben)(HMULV 2007A).....	11
Tabelle 7: Spannweite der Bewertungen der biologischen Qualitätskomponenten und chemischen und chemisch/physikalischen Komponenten nach Anhang V WRRL für den Wasserkörper Emsbach (HMULV 2007A).....	12

Tabelle 8: Relevanz einzelner Ursachen für die Zielverfehlung der Grund- und Oberflächenwasserkörper Emsbach.....	16
Tabelle 9: Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf Modul 3.....	19
Tabelle 10: Gewässerstrukturelle Mindestausstattung, Gruppe 1 (Fließgewässer-Typen 5, 5.1, 7 mit Längszonierung Epirhithral, Metarhithral).....	20
Tabelle 11: Gewässerstrukturelle Mindestausstattung, Gruppe 2 (Fließgewässer-Typen 5, 5.1, 7, 9, 9.1 mit Längszonierung Hyporhithral).....	20
Tabelle 12: Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf Modul 4.....	23
Tabelle 13: Zusammenfassung der Einzelmaßnahmen für den Wasserkörper Emsbach.....	30
Tabelle 14: Wirkungsprognose und Spannweite der Jahreskosten der Maßnahme „Fällung an kommunalen Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphorfracht“ mit angenommenen spezifischen Jahreskosten von 150 bis 1.500 Euro pro eliminiertem Kilogramm Phosphor (keine Wirkung auf den Bewirtschaftungsparameter Stickstoff).....	32
Tabelle 15: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahmen „Errichtung von Retentionsvolumen und -bodenfiltern im Pilotgebiet Emsbach“	33
Tabelle 16: Wirkungsprognose der Maßnahme „Anschluss der Streusiedlungen an die kommunale Abwasserentsorgung“	34
Tabelle 17: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Erosionsmindernde Bodenbearbeitung“ mit angenommenen spezifischen Jahreskosten von 120 bis 245 Euro (UBA 2002) pro eliminiertem Kilogramm Phosphor	35
Tabelle 18: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Errichtung von Uferrandstreifen“	37
Tabelle 19: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland“	38
Tabelle 20: Allgemeine Wirkungsprognose der Phosphormaßnahmen auf die Reduzierung der Stickstoffemissionen	39
Tabelle 21: Wirkungsprognose der Phosphormaßnahmen auf die Reduzierung der Stickstoffemissionen pro Gemeinde	39
Tabelle 22: Ausschnitt aus dem Maßnahmenblatt „Hydromorphologie“; Maßnahmengruppe 1 und 2 (aus FIS MAPRO, Hessen, zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel).....	41
Tabelle 23: Ausschnitt aus dem Maßnahmenblatt „Hydromorphologie“; Maßnahmengruppe 3 (FIS MAPRO, Hessen, zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel).....	42
Tabelle 24: Priorisierung der stofflichen Maßnahmen nach dem Kriterium „spezifische Kosten“ (angenommen wurde jeweils die untere Grenze der Kostenspannweiten)	46

1 Einleitung

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) hat als zentrales Ziel die Erreichung eines „guten Zustands“ in allen Oberflächen- und Grundwasserkörpern bis 2015. Belange des Naturschutzes und entsprechender Rechtsnormen wie der FFH-Richtlinie werden in der WRRL an einigen Stellen angesprochen.

In einem Kooperationsprojekt mit der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und den Bundesländern Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt entwickelte das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ das Verfahren BASINFORM (River BASIN INFORMATION and Management System) zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach WRRL (Klauer et al. 2008). BASINFORM strukturiert die Entscheidungsprozesse bei der Aufstellung von Maßnahmenprogrammen, beschreibt detailliert die einzelnen Arbeitsschritte und stellt den methodischen Rahmen für die nachvollziehbare Auswahl von Maßnahmen zur Verfügung.

Das Verfahren BASINFORM wird derzeit in Thüringen angewendet, um die Maßnahmenprogramme nach Artikel 11 WRRL aufzustellen. Auch Brandenburg plant die Anwendung von BASINFORM. In anderen Bundesländern besteht Bedarf an Methoden und Werkzeugen zur Entscheidungsunterstützung.

Um die Übertragbarkeit des vornehmlich auf Thüringen abgestimmten Verfahrens auf andere Bundesländer zu testen, wurde BASINFORM an einem ausgesuchten Wasserkörper in Hessen – dem Emsbach – angewendet. Dieser Bericht stellt somit eine Ergänzung zu dem Leitfaden „BASINFORM – Verfahren zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach WRRL“ (Klauer et al. 2008) dar. Die im Leitfaden ausführlich beschriebenen einzelnen Arbeitsschritte werden an dem Anwendungsbeispiel veranschaulicht und für eventuell auftretende Probleme Lösungsmöglichkeiten aufgezeigt. Dabei wird auch das Verfahren der Priorisierung erprobt und weiterentwickelt und insbesondere das Problem von Wechselwirkungen von Maßnahmen untersucht.

Der Bericht ist dermaßen aufgebaut, dass zunächst eine kurze Beschreibung des Fallbeispiels Emsbach sowie der Gründe für die Auswahl als Fallstudie erfolgt. Die folgenden Schritte orientieren sich an dem oben genannten Leitfaden (Klauer et al. 2008) und beinhalten somit die einzelnen Arbeitspakete zur Aufstellung eines Bewirtschaftungsplans von der Zustandsbewertung bis hin zur Auswahl von Verbesserungsmaßnahmen und der möglichen Begründung von Ausnahmen.

2 Der Wasserkörper Emsbach als Fallbeispiel

2.1 Begründung der Auswahl des Fallbeispiels

Der Oberflächenwasserkörper Emsbach einschließlich seiner beiden Grundwasserkörper wurde als Fallstudie in einem Pilotprojekt zur „Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen unter Berücksichtigung der Umweltziele und Ausnahmen nach Artikel 4 WRRL“ (HMULV 2007A) bearbeitet. Der Emsbach mit seinen Nebengewässern ist durch Belastungen sowohl aus Punkt- als auch aus diffusen Quellen in seiner stofflichen Qualität beeinträchtigt, die Gewässermorphologie ist überwiegend „stark verändert“, zudem ist durch eine hohe Anzahl an Querbauwerken keine Durchgängigkeit gegeben. Insgesamt weist der Oberflächenwasserkörper Emsbach eine für die hessischen Gewässer in diesen Punkten repräsentative Belastungssituation auf. Weiterhin wurden die beiden im Einzugsgebiet des Emsbachs gelegenen Grundwasserkörper auf Grund diffuser Belastungen in der Bestandsaufnahme in die Kategorie „Zielerreichung unwahrscheinlich“ eingestuft. Für die Ermittlung und Bewertung der Interaktion zwischen Oberflächen- und Grundwasser war es von Vorteil, dass eine große Flächendeckung zwischen dem Oberflächenwasserkörper und den Grundwasserkörpern besteht. In dem Pilotprojekt sollte sichergestellt werden, dass eine weitestgehende Übertragbarkeit für andere Wasserkörper und Gewässereinzugsgebiete in Hessen gegeben ist. Aus diesem Grund liegt für den Wasserkörper Emsbach eine fundierte Datengrundlage für die beispielhafte Anwendung des Verfahrens BASINFORM vor. Weil weiterhin der Emsbach als ein für Hessen repräsentativer Wasserkörper angesehen werden kann, kann an diesem Fallbeispiel die Übertragbarkeit des Verfahrens auf Hessen getestet werden.

2.2 Allgemeine Charakterisierung des Einzugsgebietes des Wasserkörpers Emsbach

2.2.1 Lage und Grenzen

Der Oberflächenwasserkörper Emsbach (WK-Nr. HE_25874.1) liegt in dem Bearbeitungsgebiet Mittelrhein der Flussgebietseinheit Rhein (vgl. auch <http://interweb1.hmulv.hessen.de/umwelt/wasser/wrrl/stadtlandfluss/mittelrhein/>). Das Bearbeitungsgebiet Mittelrhein (Teil Hessen) liegt in den Dienstbezirken der Regierungspräsidien Kassel, Gießen und Darmstadt. Federführende und koordinierende Stelle für die Erstellung des Bewirtschaftungsplanes Mittelrhein und die konkrete Erarbeitung der Bestandsaufnahme ist das Regierungspräsidium Gießen, Abteilung Staatliches Umweltamt Wetzlar. Das Mittelrheingebiet erstreckt sich von der Nahemündung bei Bingen, welche die südliche Grenze zum Bearbeitungsgebiet Oberrhein darstellt, bis Bad Honnef, an der das Bearbeitungsgebiet des Niederrheins beginnt. Das größte Nebengewässer des Mittelrheins ist die Mosel. Sie bildet mit der Saar ein eigenständiges Bearbeitungsgebiet. Der Mittelrhein umfasst ohne die Mosel eine Gebietsfläche von ca. 13.548 km². Mit ca. 8.040 km² liegt der größte Teil des Bearbeitungsgebietes Mittelrhein in Rheinland-Pfalz, gefolgt von Hessen mit einem Anteil von ca. 4.974 km². Das hessische Bearbeitungsgebiet besteht insgesamt aus 76 Oberflächen- und 28 Grundwasserkörpern, die ganz oder teilweise in Hessen liegen. 13 der Grundwasserkörper (GWK) überschreiten Bundesländergrenzen. Das oberirdische Einzugsgebiet des Emsbachs erstreckt sich mit ca. 320 km² von der Mündung in die Lahn im Limburger Becken im Norden über die Idsteiner Senke bis zum Hintertaunus im Süden und ist sowohl dicht besiedelt als auch landwirtschaftlich genutzt. Im Einzugsgebiet des Emsbachs liegen zwei Grundwasser-

körper (GWK-Nr. 2587_8102 und 2587_8109), mit denen eine große Flächendeckung besteht. Im konkreten Fall stimmen bezogen auf den Pegel Niederbrechen das Einzugsgebiet des Oberflächengewässers und des Grundwasserkörpers GWK-Nr. 2587_8102 praktisch vollständig überein. Die Grundwasserkörper weisen eine Flächengröße von 254 km² (GWK-Nr. 2587_8102) und 109 km² (GWK-Nr. 2587_8109) auf. Die Lage des Oberflächenwasserkörpers und der beiden Grundwasserkörper ist in Abbildung A (S. 25, Heftmitte) dargestellt.

2.2.2 Naturraum und Gewässernetz

Das Mittelrheinbearbeitungsgebiet im Teil Hessen ist ein vielfältig gegliederter Naturraum. Im Südwesten reichen die Ausläufer des Taunus in das Gebiet hinein. Das Limburger Becken ist ein tektonisch eingesenktes, lößbedecktes, zwischen 150 bis 200 m hohes, flaches Hügelland. Das Weilburger Lahntal ist ein 40 bis 80 m tief in die Rumpffläche eingeschnittenes Trogtal mit steilen, bewaldeten Hängen. Diese beiden Täler begrenzen den östlichen Hintertaunus nach Norden zum Westerwald, eine 500 bis 600 m hohe Basaltfläche, die sich in den Oberwesterwald und den Hohen Westerwald gliedert. Begrenzt wird der Westerwald nach Osten hin durch das Dilltal, an welches sich in östlicher Richtung das Lahn-Dill-Bergland anschließt. Letzteres wird im Süden, Osten und Norden von der Lahn umflossen wird. Es handelt sich um eine walddreiche Mittelgebirgslandschaft mit maximalen Höhen bis 600 m. Der westlich daran anschließende Burgwald stellt ein Buntsandsteinplateau von knapp 400 m Höhe dar.

Das südlich der Oberhessischen Schwelle und des Burgwaldes gelegene Amöneburger Becken besteht aus der etwa 200 m hoch gelegenen Grünlandaue der Ohmsenke, dem sich südlich daran anschließenden Löß-Hügelland sowie dem 160 m hohen Basaltkegel der Amöneburg. Das Marburg-Gießener Lahntal umfasst im Norden das Marburger Bergland (bis 450 m). Im Süden schließt sich das Gießener Becken an. Östlich des Lahntals liegt der Vogelsberg, der sich in den Vorderen, den Unteren und den Hohen Vogelsberg gliedert. Der Untere Vogelsberg bildet einen zwischen 300 und 500 m hoch gelegenen Ring um den Hohen Vogelsberg. Der Hohe Vogelsberg bildet das Zentrum der Erhebung mit dem Taufstein als höchsten Punkt (775 m) (vgl. <http://interweb1.hmulv.hessen.de/umwelt/wasser/wrrl/stadtlandfluss/mittelrhein/>).

Beim Emsbach handelt es sich vom Gewässertyp her um einen großen Talauenbach bzw. um einen stoffmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbach (Typ 5) des schiefrigen Grundgebirges (Rheinisches Schiefergebirge). Der Oberflächenwasserkörper Emsbach weist zusammen mit seinen Nebengewässern eine Gesamtlängflänge von 125 km auf. Nebengewässer, welche ein Einzugsgebiet > 10 km² aufweisen und daher WRRL-relevant sind, sind der Wörsbach, der Laubusbach, der Eisenbach, der Dombach, der Schlabach, der Stinkerbach, der Au-roffer Bach und der Kesselbach. Am Pegel bei Niederbrechen weist der Emsbach einen mittleren Niedrigwasserabfluss MNQ von 0,49 m³/s und einen mittleren Abfluss MQ von 1,9 m³/s auf.

2.2.3 Nutzungen

Das Einzugsgebiet des Emsbachs wird vielfältig genutzt. Zu nennen sind insbesondere die urbane und die landwirtschaftliche Nutzung, wodurch sowohl die Wasserqualität als auch die Gewässermorphologie deutlich beeinträchtigt werden. Daneben unterbrechen 39 unpassierbare Querbauwerke die Längsdurchgängigkeit des Emsbachs und seiner Nebengewässer.

Hierdurch werden die Abflussbedingungen verändert und die Durchgängigkeit der Gewässer für aquatische Organismen verhindert. Die an die kommunale Abwasserentsorgung angeschlossene Bevölkerung im Einzugsgebiet des Emsbachs beträgt derzeit 105.000 Einwohner, was einem Anschlussgrad an die kommunale Abwasserentsorgung ca. 99% entspricht). Die Besiedlungsdichte von annähernd 325 Einwohnern pro Quadratkilometer liegt leicht über dem Bundesdurchschnitt von 235 E/km² und dem hessischen Landesdurchschnitt von 289 E/km² (Statistisches Bundesamt 2005).

Die Gewässerstruktur des Emsbachs und seiner WRRL-relevanten Zuflüsse wurde nach dem Vor-Ort-Verfahren zur Strukturkartierung (HMULF 1999) erfasst. Demnach weist der Wasserkörper Emsbach auf mehr als 30% der Gewässerstrecke die Strukturklassen 6 und 7 (sehr stark oder vollständig verändert) auf (vgl. Abbildung B, S. 25, Heftmitte).

Neben den morphologischen Belastungen haben stoffliche Einträge Einfluss auf den Zustand des Emsbachs. Insgesamt leiten vier kommunale Kläranlagen ihre Abwässer in den Emsbach und eine Anlage in den Wörsbach ein. Zu den kommunalen Einleitungen gehören weiterhin 108 Entlastungsanlagen der Mischwasserkanalisation und fünf Regenwasserkanäle, die in den Emsbach und seine Nebengewässer entwässern. Die Flächennutzung im Einzugsgebiet des Wasserkörpers teilt sich wie folgt auf: rund 50% der Einzugsgebietsfläche werden landwirtschaftlich genutzt, der Waldanteil beträgt rund 41%, Siedlungsflächen, Industrie und sonstige Nutzungen nehmen einen Anteil von rund 9% ein (CORINE Landcover 2000, HMULV 2007A). Die beiden Grundwasserkörper sind durch diffuse Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft belastet.

3 Zustandsbewertung

Auf der Grundlage der im Jahr 2005 abgeschlossenen Bestandsaufnahme und der aktuellen Monitoringdaten wird der Zustand des betrachteten Wasserkörpers bestimmt. Für die Bestimmung des Zustands der Grundwasserkörper und des Oberflächenwasserkörpers gelten gemäß WRRL nachfolgend kurz beschriebene Vorgaben.

Grundwasserkörper

Die Wasserrahmenrichtlinie formuliert weitreichende Anforderungen an den Grundwasserschutz. Ziel ist ein „guter chemischer“ und ein „guter mengenmäßiger Zustand“. Zudem müssen grundwasserabhängige Oberflächengewässer und Landökosysteme erfasst und möglicherweise vom Grundwasser ausgehende Schädigungen analysiert und bewertet werden. In den beiden dem Wasserkörper Emsbach zugehörigen Grundwasserkörpern finden keine Wasserentnahmen statt, daher wird hier von einem „guten mengenmäßigen Zustand“ ausgegangen.

Als Qualitätsnormen für den „guten chemischen Zustand“ des Grundwassers werden in der Grundwasserrichtlinie (Europäisches Parlament und Europäischer Rat 2006) für Nitrat 50 mg/l und für Pestizidwirkstoffe einschließlich relevanter Stoffwechselprodukte, Abbau- und Reaktionsprodukte 0,1 µg/l (Einzelwirkstoff) bzw. 0,5 µg/l (Summe der Wirkstoffe) festgelegt. In Tabelle 1 sind die relevanten Qualitätsnormen für den „guten chemischen Zustand“ des Grundwasserkörpers Emsbach dargestellt. Zukünftig werden auf der Grundlage der EG-Tochterrichtlinie zur WRRL, der Grundwasserrichtlinie (80/68/EWG) entsprechende Qualitätsanforderungen festgelegt.

Tabelle 1: Qualitätsnormen für den „guten chemischen Zustand“ nach Grundwasser-RL

Schadstoff	Qualitätsnorm
Nitrat	50 mg/l
Pestizide (Pflanzenschutzmittel und Biozide)	Einzelgrenzwert 0,1 µg/l
	Summengrenzwert 0,5 µg/l

Neben der Grundwasserrichtlinie (80/68/EWG) dienen folgende Umweltrechtsvorschriften dem Grundwasserschutz:

- Deponierichtlinie (99/31/EG),
- Trinkwasserrichtlinie (80/778/EWG, geändert durch 98/83/EG),
- Nitratriichtlinie (91/676/EWG),
- Pestizidrichtlinie (91/414/EWG),
- Biozidrichtlinie (98/8/EG) und
- Richtlinie (2006/118/EG) zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung.

Weiterhin muss jeder Mitgliedsstaat bis zum 22. Dezember 2008 Schwellenwerte festlegen, bei deren Überschreiten die Gefahr besteht, dass die entsprechenden Grundwasserkörper den „guten Zustand“ nicht erreichen.

Maßnahmen zur Umkehrung signifikanter und anhaltender steigender Trends werden notwendig, wenn die Schadstoffkonzentrationen 75% der in den Qualitätsnormen festgelegten Konzentrationen überschreiten. Somit gelten als Ausgangspunkt für eine Trendumkehr bei Nitrat 37,5 mg/l und bei Pestizidwirkstoffen 0,075 µg/l (Einzelwirkstoff) bzw. 0,375 µg/l (Summe der Wirkstoffe).

Ein Grundwasserkörper wird als Grundwasser in „gutem chemischen Zustand“ betrachtet, wenn an keiner der festgelegten Überwachungsstellen die Grundwasserqualitätsnormen bzw. die festgelegten Schwellenwerte überschritten werden.

Oberflächenwasserkörper

Oberflächengewässer müssen einen „guten ökologischen“ und einen „guten chemischen Zustand“ erreichen. Nur wenn beide Kriterien erfüllt sind, gilt das Umweltziel als erreicht.

Ein Oberflächengewässer weist einen „guten chemischen Zustand“ auf, wenn die europaweit festgelegten Qualitätsziele für bestimmte gefährliche Chemikalien eingehalten werden. Die Umweltqualitätsnormen zur Bestimmung des chemischen Zustands sind festgelegt in:

- Artikel 16 WRRL und Anhang X (prioritäre Stoffe),
- Anhang IX WRRL (Emissionsgrenzwerte und Qualitätsziele der Richtlinie 76/464/EWG – Ableitung gefährlicher Stoffe und Tochterrichtlinien) und
- sonstigen Richtlinien der Gemeinschaft (z.B. Nitratrichtlinie und Anhang VI der Pflanzenschutzmittelrichtlinie).

Der „ökologische Zustand“ wird nach einem fünfstufigen Klassifikationssystem beurteilt, welches in Anhang V der WRRL definiert ist. Er setzt sich aus biologischen, chemischen und chemisch-physikalischen sowie hydromorphologischen Qualitätskomponenten zusammen. Der „gute ökologische Zustand“ wird der ECOSTAT-Leitlinie (vgl. Europäische Kommission 2003) folgend anhand der biologischen sowie der chemisch-physikalischen Komponenten bewertet, die hydromorphologischen Qualitätskomponenten müssen zur Beurteilung des „guten Zustands“ nicht betrachtet werden (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Qualitätskomponenten für den „guten ökologischen Zustand“ nach Anhang V WRRL

Qualitätskomponente	Teilkomponente
Gewässerflora	Phytoplankton Makrophyten Phytobenthos
Benthische wirbellose Fauna	
Fischfauna	
Physikalisch-chemische Eigenschaften	Temperaturverhältnisse
	Sauerstoffhaushalt
	Salzgehalt
	Versauerungszustand
	Nährstoffverhältnisse
Spezifische Schadstoffe	synthetische Schadstoffe
	nichtsynthetische Schadstoffe

Die Beurteilungswerte für den ökologischen Zustand variieren in Abhängigkeit der zu unterscheidenden Gewässertypen. Der Oberflächenwasserkörper Emsbach ist dem Gewässer-

typ 5 (stoffmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche) zuzuordnen. In Tabelle 3 sind die derzeit gültigen bzw. diskutierten Zielwerte für die einzelnen zu betrachtenden Qualitätskomponenten für den „guten ökologischen Zustand“ des Oberflächenwasserkörpers Emsbach dargestellt.

Tabelle 3: Zielparameter für die Qualitätskomponenten für den „guten ökologischen Zustand“ (anhand der aktuellen Bewertungsverfahren) für den Emsbach (HMULV 2007A)

Zielparameter	Typ 5
Biologische Qualitätskomponenten	
Phytoplankton	
Makrophyten und Phytobenthos (Bewertung mit PHYLIB)	
Gesamtbewertung aus Makrophyten M_{MP} und Diatomeenindex DI_{FG}	$\geq 0,470$ bzw. $\geq 0,450$
Makrophyten M_{MP} berechnet aus Referenzindex RI	> 0
Diatomeenindex für Fließgewässer DI_{FG} Bewertung aus den folgenden Einzelmetrices: Anteil Referenzarten $> 50\%$ Trophieindex	$\geq 0,43$ bzw. $\geq 0,40$
Benthische wirbellose Fauna (Makrozoobenthos) (Bewertung mit PERLODES 3.1)	
Saprobienindex SI	$\leq 2,0$
Allgemeine Degradation	$> 0,6$
Fischfauna (Bewertung mit FIBS)	
Leitarten der Oberen und Unteren Forellenregion	Bachforelle, Mühlkoppe
Leitarten der Äschenregion	Elritze, Schneider, Bachschmerle, Äsche, Hasel, Nase
Chemische und chem./physikalische Qualitätskomponenten nach Anhang viii	
Allgemeine Parameter (LAWA 2007)	
Temperatur (Maximum)	$< 21,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
Sauerstoff (Minimum)	$> 7 \text{ mg/l}$
TOC (Mittelwert)	$< 7 \text{ mg/l}$
pH-Wert (Minimum-Maximum)	6,5-8,5
Chlorid (Mittelwert)	$< 200 \text{ mg/l}$
Gesamt-P (Mittelwert)	$< 0,10 \text{ mg/l}$
o- $\text{PO}_4\text{-P}$ (Mittelwert)	$< 0,07 \text{ mg/l}$
Ammonium-N (Mittelwert)	$< 0,3 \text{ mg/l}$
Spezifische Schadstoffe	Anhang VIII WRRL

3.1 Ergebnisse aus der Bestandsaufnahme

Ein erster wesentlicher Schritt der Umsetzung der WRRL war die Bestandsaufnahme des Gewässerzustands, die im Wesentlichen auf vorhandenen Daten begründet war. In Hessen sind die Ergebnisse der Bestandsaufnahme unter <http://interweb1.hmulv.hessen.de/umwelt/wasser/wrrl/stadtlandfluss/> abrufbar.

Grundwasserkörper

Die beiden im Einzugsgebiet des Emsbachs gelegenen Grundwasserkörper wurden in der Bestandsaufnahme aufgrund diffuser Stickstoffeinträge in die Kategorie „Zielerreichung unwahrscheinlich“ eingestuft.

Ein Grundwasserkörper wurde innerhalb der Bestandsaufnahme als „gefährdet“ ausgewiesen, wenn bestimmte Emissions- oder Immissionskriterien überschritten werden. Die beiden Grundwasserkörper des Emsbachs wurden aufgrund des Immissionsansatzes zunächst als „gefährdet“ eingeschätzt. Dieser Ansatz beinhaltet für die Grundwasserkörper, die auf Grund der Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser nach der erstmaligen Beschreibung mit „Zielerreichung unklar/unwahrscheinlich“ abgeschätzt wurden, eine weitergehende Prüfung unter Berücksichtigung der Emissionsdaten (erwartete Belastung im Sickerwasser < oder > 40 mg/l entspricht ca. 80% der Qualitätsnorm für Trinkwasser von 50 mg/l) und des Trends der Nitrat-Konzentrationen im Grundwasser.

Oberflächenwasserkörper

Die Zielerreichung des Oberflächenwasserkörpers Emsbach (WK-Nr.: HE_25874.1) wurde in der Bestandsaufnahme ebenfalls als „unwahrscheinlich“ eingestuft. Diese Einstufung erfolgte aufgrund der beeinträchtigten Gewässerstruktur (45% der gesamten Gewässerstrecke wurden mit den Strukturklassen 6 und 7 bewertet), erhöhten Phosphorkonzentrationen sowie Einträgen von Pflanzenschutzmitteln (sowohl Anhang VIII- als auch Anhang X-Stoffe).

3.2 Ergebnisse aus dem Monitoring

Nach WRRL sollten Monitoringprogramme für Oberflächengewässer (insbesondere biologische, chemische und physikalische Parameter) und Grundwasser (chemische Parameter und Menge) bis 22.12.2006 aufgestellt und in Betrieb genommen werden. Die Ergebnisse sind in die bis Ende 2008 fertig zu stellenden Entwürfe der Bewirtschaftungspläne aufzunehmen. Aufgrund des engen Zeitplans wurden und werden in Hessen seit 2004 Voruntersuchungen zur Flora und Fauna durchgeführt, welche die fachlichen Verfahrensanforderungen bereits erfüllen. Erste Ergebnisse dieses vorgezogenen Monitorings wurden für die Bewertung des Zustands der Oberflächen- und Grundwasserkörper des Emsbachs herangezogen.

Grundwasserkörper

Nitratkonzentrationen

In beiden Grundwasserkörpern werden vom Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (im folgenden kurz HLUG) insgesamt 165 Roh- und Grundwassermessstellen in der Grundwasserdatenbank vorgehalten. Ergebnisse der Analysen wurden für den Zeitraum Januar 1991 bis Mai 2006 zur Verfügung gestellt und im Rahmen des Pilotprojektes Emsbach (HMULV 2007A) ausgewertet.

Die Auswertungen der Grundwasserdaten zeigten, dass die Qualitätsnorm des „guten chemischen Zustands“ für Nitrat (50 mg/l NO₃) lediglich an einer Messstelle in der Nähe des Oberlaufs des Emsbachs nicht eingehalten wird, an mehreren Messstellen wird ein Wert von 37,5 mg/l überschritten. An der Mehrzahl der Probestellen wurde eine Nitratkonzentration (Mittelwert von 2000-2006) unter 25 mg/l beobachtet.

Pflanzenschutzmittel

Für die beiden Grundwasserkörper lagen zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung keine Messungen bzw. Messergebnisse zur Auswertung vor.

Oberflächenwasserkörper

Biologische Qualitätskomponenten

Im Rahmen des vorgezogenen biologischen Monitorings wurden im betrachteten Wasserkörper die biologischen Qualitätskomponenten Makrozoobenthos (2005/06), Makrophyten (2005), Phytobenthos (Kieselalgen) (2005) und Fischfauna (2005) untersucht. In 2007 fanden weitere Untersuchungen der biologischen Qualitätskomponenten statt, deren Ergebnisse jedoch noch nicht zur Auswertung vorlagen.

In Tabelle 4 ist dargestellt, welche Parameter innerhalb des Monitorings in welchem Umfang überwacht wurden.

Tabelle 4: Umfang des vorgezogenen Monitorings am Emsbach (HMULV 2007B)

Komponente	Anzahl der Überwachungsstellen	Zeitpunkt der Überwachung
Makrozoobenthos	9	2005 und 2006
Fischfauna	3	2005
Makrophyten	4	2005
Kieselalgen	4	2005

Makrozoobenthos

Die Makrozoobenthosdaten aus dem Monitoring wurden nach PERLODES (Programm Asterics, Version 3.0 (2006), dem Bewertungsverfahren für die benthische wirbellose Fauna, vgl. <http://www.fliessgewaesserbewertung.de>) ausgewertet. Das Bewertungssystem PerloDES ist modular aufgebaut und setzt sich aus drei Modulen zusammen: Modul „Saprobie“ zur Bewertung der Auswirkungen organischer Verschmutzung, Modul „Allgemeine Degradation“ zur Beurteilung verschiedener Stressoren, insbesondere aber der Gewässermorphologie; und dem Modul „Versauerung“ (nur bei silikatischen Mittelgebirgsbächen).

Die Auswertung des Makrozoobenthos durch das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie zeigte an fünf Probestellen einen „guten“ und an vier Probestellen einen „mäßigen“ Zustand hinsichtlich der „Saprobie“. Das Modul „Versauerung“ zeigte keine Belastung für den Emsbach an. Die „Allgemeine Degradation“ und somit auch die Gesamtbewertung „Ökologische Zustandsklasse Makrozoobenthos“ zeigte nahezu im gesamten Gewässerverlauf einen „unbefriedigenden“ bis „schlechten“ Zustand (insgesamt Zustandsklasse „unbefriedigend“ über Bildung des Mittelwertes) und liefert somit einen Hinweis auf strukturelle Defizite. Die fehlende Fließgewässerdynamik, geringe Strukturdiversität und das teilweise Fehlen von Gehölzstreifen am Emsbach und seinen Nebengewässern wirken sich signifikant auf die benthische Biozönose aus. In der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften fehlen sowohl die strömungsliebenden (rheophilen) Arten als auch auf anthropogene Einflüsse sensitiv reagierende Taxa aus verschiedenen Insektengattungen (Ephemeropteren (Eintagsfliegen), Plecopteren (Steinfliegen) und Trichopteren (Köcherfliegen); sog. EPT-Taxa).

Makrophyten und Phytobenthos

Um den trophischen Zustand des Gewässers zu bewerten, wurden im Emsbach in den Jahren 2005 und 2006 die Makrophyten und Kieselalgen an fünf Untersuchungsstellen untersucht. Die ökologische Zustandsklasse wird im Bewertungsverfahren anhand der biologischen Module „Trophie-Index“ und „Anteil der Referenzarten“ für die Kieselalgen sowie die Bewer-

tung der Makrophyten zusammengefasst und gemittelt. Der ökologische Zustand bezüglich der biologischen Qualitätskomponenten „Phytobenthos (Diatomeen)“ und „Makrophyten“ liegt für den Emsbach an den fünf Probestellen im „mäßigen“ bis „schlechten“ Bereich.

Fischfauna

Die Fischfauna wurde im Frühjahr 2005 an drei Probestellen und im Herbst 2005 an zwei Probestellen untersucht. Die Bewertungsergebnisse zeigen eine geringe Artenvielfalt der Fischfauna im Emsbach und seinen Nebengewässern. Die Bewertung der Probestellen mit dem fischbasierten Bewertungssystem FIBS (Dußling et al. 2005) und die für dieses Bewertungssystem erstellte Referenzartenliste ergaben für zwei Stellen einen „mäßigen“ und für eine Stelle einen „schlechten“ Zustand. Insgesamt wurde die Fischfauna somit mit „mäßig“ beurteilt. Die Gesamtbewertung erfolgte nach Diekmann et al. (2006) für längere Gewässerabschnitte, Wasserkörper oder Wasserkörpergruppen. Dazu werden die Einzelergebnisse der FIBS-Bewertung gemäß ihrer Repräsentativität im betrachteten Gewässer bzw. Wasserkörper gewichtet. Die negative Einstufung begründet sich insbesondere in dem geringen Vorkommen bzw. Fehlen der typspezifischen Leitarten.

Allgemein chemische und chemisch-physikalische Komponenten

Der Auswertung der chemisch-physikalischen Qualitätskomponenten in Tabelle 5 lagen monatliche Stichprobenmessungen im Rahmen des Monitorings von Januar 2005 bis August 2006 an der Mündung des Emsbachs in die Lahn sowie 2-Wochenmischproben vom 30.05.2005 bis 17.10.2005 und Wochenmischproben vom 24.10.2005 bis 09.10.2006 am Pegel Niederbrechen zu Grunde. Die Daten wurden vom Hessischen Landesamt für Umwelt und Geologie für die Bearbeitung des Pilotprojektes Emsbach zur Verfügung gestellt. Die Bewertung erfolgte anhand von Orientierungswerten für allgemeine physikalisch-chemische Komponenten in deutschen Fließgewässern der LAWA (LAWA 2007). Danach werden im Emsbach die Orientierungswerte für Gesamt-P und Orthophosphat-P sowohl an der Mündung in die Lahn als auch am Pegel Niederbrechen deutlich überschritten. Zusätzlich wurde eine geringe Überschreitung der Ammoniumstickstoffkonzentration an der Mündung nachgewiesen.

Tabelle 5: Allgemeine physikalisch-chemische Komponenten an der Mündung des Emsbachs in die Lahn sowie am Pegel Niederbrechen für die Jahre 2005 und 2006 (HLUG 2006; Bewertungs- und Datengrundlage LAWA 2007; Orientierungswertüberschreitungen in rot hervorgehoben HMULV 2007A)

Zielparameter	Einheit	Orientierungswert	Mündung	Pegel
Temperatur (Maximum)	[°C]	< 21,5	20,8	-
Sauerstoff (Minimum)	[mg/l]	> 7	7,22	-
pH-Wert (Minimum-Maximum)	[-]	6,5-8,5	7,5-8,1	-
Chlorid (Mittelwert)	[mg/l]	< 200	59,0	57,57
TOC (Mittelwert)	[mg/l]	< 7	3,85	5,4
Gesamt-P (Mittelwert)	[mg/l]	< 0,10	0,42	0,27
Orthophosphat-P (Mittelwert)	[mg/l]	< 0,07	0,30	0,12
Ammonium-N (Mittelwert)	[mg/l]	< 0,3	0,32	0,25

Pflanzenschutzmittel

Im Jahr 2004 wurden an der Messstelle „Ennerich“ (Emsbach, kurz vor der Mündung in die Lahn) jeweils sechs Stichproben im Frühjahr und Herbst genommen und die Stoffgruppe der Pflanzenschutzmittel (PSM) untersucht. Weitere Untersuchungen sollten die Entscheidung unterstützen, welche Messstellen und welche Parameter in das WRRL-Monitoring ab 2007 einbezogen werden müssen. Tabelle 6 zeigt die Bewertung der Stoffgruppe der PSM auf dieser Datengrundlage.

Tabelle 6: Ergebnisse PSM-Messungen am Emsbach, Messstelle „ENNERICH“ im Jahr 2004 (Qualitätsnormüberschreitungen in rot hervorgehoben) (HMULV 2007A)

Stoffgruppe PSM	Quelle der Qualitätsnorm	Qualitätsnorm in µg/l	Mittelwert in µg/l	Maximum in µg/l
Mecoprop (MCP)	Hessische Verordnung zur Umsetzung der Anhänge II und V der WRRL	0,1	0,07	0,20
Dichlorprop (2,4-DP)		0,1	0,10	0,25
MCPA		0,1	0,17	0,49
Bentazon		0,1	0,09	0,20
n-Chloridazon		0,1	0,04	0,14
Diuron	Diskussionsstand zu Vorschlägen der EU-Komm. zu prioritären Stoffen	0,2 / 1,8 / 0,1*	0,08	0,11
Isoproturon		0,3 / 1,0 / 0,1	0,36	1,40
Atrazin		0,6 / 2,9 / 0,1	0,06	0,28
Terbutryn	In der LAWA zu prüfender QN-Vorschlag	0,03	0,04	0,05
Ethofumesat	QN-Vorschläge noch nicht erarbeitet		0,04	0,12
Metamitron			0,11	0,22

* Zur Erläuterung der 3. Spalte „Qualitätsnorm“: zulässiger Jahresmittelwert / maximal zulässiger Einzelwert / maximal zulässiger Einzelwert für Gewässer im Zusammenhang mit der Trinkwassergewinnung

Im Frühjahr 2006 wurden vom HUG Beprobungen zur Bilanzierung der PSM-Einträge in den Emsbach vorgenommen. Dazu wurden während einer Dauer von acht Wochen Mischproben vom Emsbach bei Runkel-Ennerich und von den Abläufen der vier kommunalen Kläranlagen oberhalb der jeweiligen Einleitungen genommen. Die Daten werden durch das HUG ausgewertet und in einem gesonderten Bericht veröffentlicht. Ein vorläufiger Vergleich der PSM-Frachten im Gewässer einerseits und aus den Kläranlagen zeigt, dass der weit überwiegende Anteil der PSM-Belastung im Emsbach auf Einleitungen aus den Kläranlagen zurückzuführen ist. *Da die vollständigen Ergebnisse des stofflichen Monitorings noch nicht zur Auswertung vorliegen, werden die Einträge von Pflanzenschutzmitteln im Folgenden bei der Maßnahmenermittlung nicht berücksichtigt.*

Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem vorgezogenen Monitoring

Die Ergebnisse aus dem vorgezogenen Monitoring für den Emsbach zeigen somit deutliche Beeinträchtigungen für die biologischen Qualitätskomponenten „benthische Invertebraten“, „Fischfauna“ und „Phytobenthos“. Tabelle 7 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse für die biologischen Qualitätskomponenten sowie die Einstufung der chemischen und chemisch-physikalischen Komponenten in Unterstützung der biologischen Qualitätskomponenten nach Anhang V der WRRL des Emsbachs.

Tabelle 7: Spannweite der Bewertungen der biologischen Qualitätskomponenten und chemischen und chemisch/physikalischen Komponenten nach Anhang V WRRL für den Wasserkörper Emsbach (HMULV 2007A)

Zielparameter	Bewertungsverfahren	Einstufung nach WRRL
Biologische Qualitätskomponenten		
Makrophyten und Phytobenthos		
Ökologischer Zustand (Ø Diatomeen und Makrophyten)	PHYLIB	mäßig-schlecht
Benthische Invertebraten		
Saprobienindex SI	PERLODES	gut-mäßig
Allgemeine Degradation		unbefriedigend
Ökologische Zustandsklasse		unbefriedigend
Fischfauna	Fischbasiertes Bewertungssystem für Fließgewässer FIBS	mäßig
Chemische und chemisch-physikalische Komponenten		
T	Zielwerte LAWA 2007	gut
O ₂		gut
TOC		gut
pH		gut
Chlorid		gut
Sulfat		gut
P _{ges}		nicht gut
N _{ges}		gut
NH ₄ -N		nicht gut
PSM	Qualitätsnormen	Überschreitungen von Qualitätsnormen für verschiedene Stoffe

3.3 Zusammenfassende Bewertung der Wasserkörper

Grundwasserkörper

Innerhalb der Bestandsaufnahme wurden die beiden Grundwasserkörper in die Kategorie „Zielerreichung unwahrscheinlich“ eingestuft. Die Auswertung der Messstellen im Rahmen des Monitorings bestätigte diese Aussage nicht mehr. Lediglich an einer Messstelle wurde der Grenzwert von 50 mg/l NO₃-N überschritten. Die Grundwasserkörper des Emsbachs zählen somit zu den Wasserkörpern, welche die Ziele voraussichtlich erreichen.

Maßnahmen werden jedoch auch notwendig, wenn die Schadstoffkonzentration 75% der in den Qualitätsnormen festgelegten Konzentrationen erreicht. Somit gelten als Ausgangspunkt für eine Trendumkehr bei Nitrat Konzentrationen von 37,5 mg/l. Dies bedeutet, dass in den Grundwasserkörpern des Emsbachs Maßnahmen zur Umkehrung signifikanter und anhaltender steigender Trends ergriffen werden müssen. Diese sind jedoch von geringer bis mittlerer Priorität.

Aus den Untersuchungen und Auswertungen zu den Pflanzenschutzmitteln im Oberflächengewässer Emsbach wurde auf den Zustand der Grundwasserkörper rückgeschlossen. Diese gelangen im überwiegenden Teil aus Kläranlagen in die Gewässer. Demzufolge besteht für die Grundwasserkörper keine Gefährdung hinsichtlich der Stoffgruppe Pflanzenschutzmittel

(in Hessen wurde in der Bestandsaufnahme kein Grundwasserkörper hinsichtlich der Einträge aus Punktquellen als gefährdet eingestuft).

Grundwasserentnahmen finden am Emsbach nicht statt, somit besteht ebenfalls keine mengenmäßige Beeinträchtigung der beiden Grundwasserkörper.

Oberflächenwasserkörper

Die Zielerreichung des Oberflächenwasserkörpers Emsbach wurde in der Bestandsaufnahme als „unwahrscheinlich“ eingestuft. Durch das Gewässermonitoring wurde diese Aussage grundsätzlich unterstützt. Die Bewertung der Fischfauna und des Makrozoobenthos liefern deutliche Hinweise auf morphologische Beeinträchtigungen. Außerdem erreicht die Saprobie an vier von neun Probestellen nicht den guten Zustand, so dass zudem von einer organischen Belastung auszugehen ist. Die negative Einstufung der Makrophyten und des Phytobenthos bestätigen die Aussagen über die physikalisch-chemische Beschaffenheit zur erhöhten Belastung des Emsbachs mit Nährstoffen, insbesondere dem Parameter Phosphor. Der Oberflächenwasserkörper Emsbach erreicht somit zurzeit nicht den „guten ökologischen Zustand“.

4 Vorauswahl erheblich veränderter und künstlicher Wasserkörper

Bereits innerhalb der Bestandsaufnahme im Jahre 2005 wurden einige Wasserkörper als „erheblich verändert“ (HMWB) oder „künstlich“ (AWB) eingestuft. Der Wasserkörper Emsbach stellt keinen künstlichen Wasserkörper dar. Bei der vorläufigen Ausweisung erheblich veränderter Wasserkörper wurde in Hessen in mehreren Schritten vorgegangen:

- Erfassung erheblicher morphologischer Veränderungen: z.B. Gesamtstruktur sehr stark oder vollständig verändert, Verrohrungen > 20 m, Sohlenverbau, gerade und gestreckte Linienführung, Regelprofil,
- Erfassung des Nutzungsdrucks einschließlich einer Abschätzung, ob hier Sanierungsmaßnahmen in ausreichendem Umfang möglich sind, so dass ein guter ökologischer Zustand erreicht werden könnte (z.B. Verlauf durch Ortslagen, in Straßennähe, Bundeswasserstraßen) und
- Überprüfung durch Vor-Ort-Kenntnisse, ob die erheblichen Veränderungen in der Hydrologie und Morphologie umfassend und tiefgreifend sind sowie dauerhaft bzw. irreversibel (durch die nachhaltige Entwicklungstätigkeit des Menschen).

In den Fällen, in denen diese drei Voraussetzungen auf einen mindestens fünf Kilometer langen zusammenhängenden Abschnitt zutrafen, wurde dieser als eigener – erheblich veränderter – Wasserkörper aus den bereits gebildeten Wasserkörpern ausgegrenzt. Des Weiteren wurde ein Wasserkörper insgesamt als HMWB eingestuft, wenn 50% seiner Lauflänge die oben genannten Voraussetzungen erfüllten.

Die genannten Kriterien treffen alle nicht auf den Emsbach zu, der somit nicht bei der Vorauswahl erheblich veränderter Wasserkörper zu berücksichtigen ist.

5 Identifikation der Ursachen und Festlegung der Entwicklungsziele

5.1 Identifikation der Ursachen

Da der Oberflächenwasserkörper des Emsbachs den „guten Zustand“ nicht erreicht, gilt es, die Ursachen dafür zu benennen. Die chemischen und chemisch-physikalischen Komponenten weisen mit Ausnahme der Parameter Phosphor und Ammonium-Stickstoff einen „guten Zustand“ auf. Zusammen mit der Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten ergeben sich damit Hinweise auf die vorrangigen Belastungsursachen (Nährstoffeinträge aus punktuellen und diffusen Quellen, Gewässernutzung und -ausbau) für die vorhandenen ökologischen Defizite und somit Ansatzpunkte für Verbesserungsmaßnahmen.

In der Regel ist ein komplexes Ursache-Wirkungs-Gefüge für eine Verfehlung von Umweltzielen verantwortlich. Um zu einer einheitlichen und vergleichbaren Vorgehensweise der Ursachenermittlung zu gelangen, werden die Ursachen in fünf Kategorien aufgeteilt und in BASINFORM in sogenannten Modulen bearbeitet:

- Modul 1: Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel im Grundwasser
- Modul 2: Sonstige Belastungen des Grundwassers
- Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern
- Modul 4: Struktur und Hydromorphologie der Oberflächengewässer
- Modul 5: Sonstige Belastungen der Oberflächengewässer

Die Ursachen der Zielverfehlung im Wasserkörper können zunächst messstellenbezogen hinsichtlich ihrer Relevanz eingestuft werden. Die Einstufung der Ursachen für die Zielverfehlung des Wasserkörpers Emsbach erfolgt jedoch nicht messstellenbezogen separat, sondern hinsichtlich der Gefährdung des gesamten Wasserkörpers.

Es werden jeweils vier Relevanzklassen unterschieden:

A) *Dominant*: Ohne die Beseitigung dieser Ursache ist ein guter Zustand keinesfalls möglich.

B) *Hohe Relevanz*: Die Ursache hat einen hohen Einfluss auf die Zielverfehlung.

C) *Mittlere Relevanz*: Die Ursache trägt mit zur Zielverfehlung bei.

D) *Geringe oder keine Relevanz*: Die Ursache trägt kaum oder gar nicht zur Zielverfehlung bei.

5.1.1 Grundwasserkörper

Modul 1: Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel im Grundwasser

Die Grundwasserkörper Emsbach erreichen anhand der Ergebnisse aus dem hessischen Monitoring die Umweltziele. Lediglich aufgrund der Überschreitung des 75%-Wertes der Qualitätszielkonzentration an einigen Messstellen besteht eine Notwendigkeit zur Trendumkehr. Nährstoffeinträge sind somit keine Ursache für eine Zielverfehlung, dennoch besteht die Notwendigkeit, in einigen Gebieten Maßnahmen umzusetzen. Priorität haben jedoch zunächst Maßnahmen, die zur Zielverfehlung eines Wasserkörpers beitragen. Der Ursache „Einträge Stickstoff“ wird die Relevanzklasse D zugeordnet. Es werden keine

Maßnahmen zur Verminderung der Stickstoffeinträge in das Grundwasser ermittelt¹, jedoch die Wechselwirkung der Maßnahmen zur Verringerung der Phosphoreinträge in die Oberflächengewässer (s. Modul 3) auf den Parameter Stickstoff berücksichtigt.

Modul 2: Sonstige Belastungen des Grundwassers

Unter sonstigen Belastungen des Grundwassers können z.B. Wasserentnahmen oder Salzeinträge berücksichtigt werden. Diese Belastungen treten in den Grundwasserkörpern des Emsbachs jedoch nicht auf. Dem Modul 2 „Sonstige Belastungen des Grundwassers“ wird somit die Relevanzklasse D zugeordnet. Dieses Modul wird demzufolge nicht weiter betrachtet.

5.1.2 Ursachen für die Zielverfehlung der Oberflächenwasserkörper

Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern

- *Phosphor*: Der Nährstoff Phosphor (Gesamt-P und Orthophosphat-P) übersteigt an beiden Messstellen des Emsbaches deutlich die Orientierungswerte als Bedingung für das Erreichen des „guten Zustands“. Auch die biologischen Qualitätskomponenten Diatomeen und Makrophyten erreichen nur einen „mäßigen“ bis „schlechten Zustand“ und bestätigen damit die über die physikalisch-chemische Beschaffenheit getroffene Aussage zur erhöhten Belastung des Emsbachs mit Phosphor. Der Ursache „Einträge Phosphor“ wird somit die Relevanzklasse A zugeordnet, da ohne eine Reduzierung der Phosphoreinträge ein „guter Zustand“ am Emsbach nicht erreicht werden kann.

- *Ammonium-N*: Der Parameter Ammonium-Stickstoff übersteigt den vorgegebenen Orientierungswert geringfügig und nur an der mündungsnahen Messstelle. Diesem Parameter wird daher die Relevanzklasse C zugeordnet. Analog zum Grundwasser werden keine gesonderten Maßnahmen zur Verringerung der Stickstoffeinträge ermittelt, sondern die Wirkung der Phosphormaßnahmen berücksichtigt.

- *Organische Belastung*: Als Anzeiger einer organischen Belastung wurde an neun Probestellen des Wasserkörpers Emsbach der Saprobienindex bestimmt, wobei die Saprobie an vier Stellen nicht die Zustandsklasse „gut“ erreicht. Von einem Handlungsbedarf wurde in Hessen ausgegangen (Banning 2007; Stand August 2007), wenn mehr als 30% der Gewässerstrecke eines Wasserkörpers den „guten Zustand“ verfehlen. Wenn mehr als 0%, aber weniger als 30% der Gewässerstrecken mit „mäßig“ oder schlechter bewertet werden, ist der Handlungsbedarf zunächst noch ungeklärt. Der Wasserkörper Emsbach verfehlt auf knapp 30% der Gewässerstrecken den guten saprobiellen Zustand. Zudem ist die Überschreitung des Grenzwertes für den Saprobienindex von 2,0 an zwei Stellen nur sehr geringfügig. Da derzeit zudem noch Unsicherheit darüber besteht, ob der „nicht gute“ saprobielle Zustand primär durch die organischen Einleitungen oder vielmehr sekundär durch die verstärkte Eutrophie-

¹ Für die Belastungsbereiche Stickstoffeinträge in Grund- und Oberflächengewässer sowie organische Belastung, die gar nicht oder in geringem Maße zur Zielverfehlung beitragen, werden innerhalb dieses Vorhabens keine Verbesserungsmaßnahmen ermittelt. Dies muss nicht dem Vorgehen in Hessen entsprechen, welches sich zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung noch im Abstimmungsprozess hinsichtlich bestimmter Fragestellungen befand.

rung der Gewässer aufgrund hoher Phosphorkonzentrationen verursacht wird², erfolgt hier eine Zuordnung in die Relevanzklasse D. Es werden zunächst keine eigenen Maßnahmen zur Verminderung der organischen Belastungen abgeleitet, sondern, analog zur Belastungsursache Stickstoff, versucht, durch Synergieeffekte insbesondere mit Maßnahmen zur Gewässerstruktur und zur Verminderung der Phosphorfrachten eine ausreichende Verbesserung zu erzielen.

Modul 4: Struktur und Hydromorphologie der Oberflächengewässer

- *Gewässerstrukturgüte:* Der Emsbach und seine Nebengewässer zeigen deutliche hydromorphologische Beeinträchtigungen. Dies äußert sich auch in der Bewertung der „Allgemeinen Degradation“ zur Einstufung des Makrozoobenthos. Der beeinträchtigten Gewässerstrukturgüte wird somit die Relevanzklasse A zugeordnet.
- *Gewässerdurchgängigkeit:* Am Emsbach und seinen Nebengewässern befinden sich insgesamt 39 Querbauwerke, die in der Bestandsaufnahme als unpassierbar beurteilt wurden. Somit wird auch diese Beeinträchtigung der Relevanzklasse A zugeordnet.

Modul 5: Sonstige Belastungen der Oberflächengewässer

Am Wasserkörper Emsbach sind keine sonstigen Belastungen für das Verfehlen des „guten Zustands relevant“. Dieses Modul wird demzufolge der Relevanzklasse D zugeordnet und nicht weiter betrachtet.

Tabelle 8 zeigt eine Übersicht über die Relevanz der einzelnen Ursachen für die Zielverfehlung des Wasserkörpers.

Tabelle 8: Relevanz einzelner Ursachen für die Zielverfehlung der Grund- und Oberflächengewässerkörper Emsbach

Ursache für Zielverfehlung	Relevanz
Modul 1: Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel im Grundwasser	
Einträge Stickstoff	D
Modul 2: Sonstige Belastungen des Grundwassers	D
Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern	
Einträge Phosphat	A
Einträge Stickstoff	C
Organische Belastung	D
Modul 4: Struktur und Hydromorphologie der Oberflächengewässer	
Morphologie	A
Gewässerdurchgängigkeit	A
Modul 5: Sonstige Belastungen der Oberflächengewässer	D

² Durch Eutrophierung nimmt das Wachstum von Algen und sonstigen Wasserpflanzen zu. In der Vegetationsperiode steht ein ständig erhöhtes Angebot an organischem Kohlenstoff zur Verfügung, beim Absterben der pflanzlichen Organismen werden organische Stoffe in großer Menge kurzfristig freigesetzt und es können Sauerstoffmangel und Faulschlammabildung auftreten. Diese sogenannte Sekundärbelastung und deren Folgen können zu einer biologisch wirksamen Veränderung der Gewässerlebensgemeinschaften führen.

5.2 In begründeten Fällen vorgezogene Prüfung auf geringere Umweltziele

Es gibt keine Hinweise darauf, dass der Wasserkörper Emsbach den „guten Zustand“ bei entsprechend verlängerten Fristen nicht erreichen kann. Aus diesem Grund entfällt die Prüfung auf geringere Umweltziele.

5.3 Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf

Auf der vorangegangenen Ursachenfindung aufbauend werden für jede identifizierte Ursache (Klassen A-C) Bewirtschaftungsparameter ausgewählt und für diese die relevanten Entwicklungsziele und Zielwerte für den Wasserkörper festgelegt. Aus diesen wird der Handlungsbedarf abgeleitet.

Das *Entwicklungsziel* ist in BASINFORM so definiert, dass bei Erreichen dieses Ziels nach neuestem Erkenntnisstand und aktueller Datenlage eine Verfehlung des „guten Zustands“ aufgrund der jeweiligen Ursache mit hinreichender Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Aufbauend auf dem Entwicklungsziel wird der *Zielwert* für den jeweiligen Bewirtschaftungsparameter ermittelt. Nach der Berechnung der Zielwerte für den jeweiligen Wasserkörper wird auf Basis der Monitoringergebnisse der aktuelle Ist-Wert bestimmt. Ist- und Zielwert müssen in derselben Dimension und Berechnungsweise dargestellt werden.

Daneben sind noch solche Veränderungen zu berücksichtigen, die auch ohne zusätzliche Maßnahmen im Wasserkörper zu Veränderungen des Zustands führen. Solche Veränderungen können z.B. bereits beschlossene Maßnahmen, demographische Entwicklungen oder weitere, absehbare Veränderungen der Belastungssituation sein (= „Baseline Szenario“). Daneben sind geplante Maßnahmen in verbundenen Grundwasserkörpern oder Auswirkungen oberliegender Wasserkörper zu berücksichtigen. Aus der Differenz des Ist-Wertes, des Wertes für die zu berücksichtigenden Entwicklungen sowie des Zielwertes errechnen sich die *Handlungsziele* bzw. der Handlungsbedarf. Diese Differenz ist damit eine wichtige Grundlage für die Bewirtschaftung.

Baseline Szenario:

Bereits beschlossene Maßnahmen: Für den Oberflächenwasserkörper Emsbach liegt ein Gewässerentwicklungskonzept vor, in dessen Rahmen neben morphologischen Maßnahmen auch Maßnahmen zur Verbesserung der Durchgängigkeit geplant sind. Diese werden im Modul 4 berücksichtigt. Des Weiteren sind im stofflichen Bereich Maßnahmen umzusetzen, die u.a. eine Phosphorreduzierung zur Folge haben. Nach der kommunalen Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) sollte bis Ende 2005 auch das Abwasser aus Siedlungen kleiner 2.000 EW eine Behandlung in kommunalen Kläranlagen erhalten. Demzufolge wird hinsichtlich der Maßnahme „Anschluss von Streusiedlungen an kommunale Kläranlagen“ (vgl. Kapitel 5) nicht noch einmal gesondert entschieden, da die Maßnahme auf jeden Fall umgesetzt werden muss, die positive Auswirkung der Phosphorreduzierung wird jedoch berücksichtigt (vgl. Tabelle 9).

Bevölkerungsentwicklung: Die Bevölkerungsentwicklung in den nächsten Jahren im Einzugsgebiet Emsbach wird als nicht signifikant angesehen und daher nicht berücksichtigt³.

Weitere absehbare Veränderungen der Belastungssituation: Für den Wasserkörper Emsbach sind derzeit keine Veränderungen bekannt, die zu einer signifikanten Veränderung der Belastungssituation führen würden.

Maßnahmen in verbundenen Grundwasserkörpern: Für die Grundwasserkörper des Emsbachs werden innerhalb dieses Projektes keine Verbesserungsmaßnahmen geplant.

Auswirkungen oberliegender Wasserkörper: Im Fall des Wasserkörpers Emsbach existieren keine oberliegenden Wasserkörper, folglich entfällt dieser Punkt.

5.3.1 Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern

Innerhalb dieses Moduls werden Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsziele für den Parameter Phosphor abgeleitet.

Entwicklungsziele Phosphoreinträge

Entwicklungsziel für die Phosphoreinträge ist die P-Konzentration im Gewässer als Bedingung zum Erreichen des „guten Zustands“. Innerhalb der Bestandsaufnahme nach WRRL wurde in Deutschland zur Beurteilung der trophischen Situation eines Gewässers der Nährstoffparameter Phosphor herangezogen. Dabei wurden unterschiedliche statistische Werte herangezogen, häufig der Jahresmittelwert, das Vegetationsmittel, der 90-Perzentilwert sowie seltener der doppelte Mittelwert. Nach wie vor besteht Forschungsbedarf darüber, ab welcher Konzentration eine Limitierung der Eutrophierung wahrscheinlich ist und welcher Grenzwert demzufolge festgelegt werden sollte. Derzeit werden die LAWA-Vorgaben aus der Monitoringkonzeption als Zielvorgabe angesetzt (LAWA 2007).

Um zu überprüfen, welche Auswirkung die Festlegung der Entwicklungsziele für den Bewirtschaftungsparameter Phosphor letztendlich auf die Wahl der Verbesserungsmaßnahmen und die daraus entstehenden Kosten hat, wurden verschiedene Szenarien definiert und bearbeitet. Die Ergebnisse dazu wurden in Richter et al. (2009) veröffentlicht. Innerhalb dieses Berichts wird das Szenario vorgestellt, welches den in Deutschland aktuellen Stand wiedergibt und die Orientierungswerte zur Beurteilung der chemisch-physikalischen Gewässerqualität des LAWA-Ausschusses „Oberirdische Gewässer und Küstengewässer“ zugrunde legt (LAWA 2007). Diese Orientierungswerte berücksichtigen bereits den jeweiligen Gewässertyp, sind jedoch nur schwach differenziert. Es wird jedoch darauf hingewiesen, dass die Werte sich bis auf wenige Ausnahmen biologisch noch nicht belegen lassen. Sie können als eine akzeptable Ausgangsbasis angesehen werden, welche beim Vorliegen neuer Erkenntnisse entsprechend fortgeschrieben werden sollten. Der Wasserkörper Emsbach ist dem Fließgewässertyp 5 zuzuordnen, demzufolge wird folgendes Entwicklungsziel festgelegt:

³ In Thüringen wird eine Entwicklung im entsprechenden Sinn erst als signifikant angesehen, wenn sie > 10% beträgt. Die durchschnittliche Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Limburg/Weilburg beträgt weniger als 2% (<http://atlas.umwelt.hessen.de>).

- Gesamt-P $\leq 0,10$ mg/l (Mittelwert)
- Orthophosphat-P $\leq 0,07$ mg/l (Mittelwert).

Zielwerte für Phosphoreinträge

Der Bewirtschaftungsparameter zum Erreichen der Entwicklungsziele ist Gesamtphosphor⁴. Der Zielwert (= Grenzfracht) errechnet sich aus dem Jahresabfluss in 2005 und dem Entwicklungsziel. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass aufgrund von Nährstoffretentionen und –verlusten sowie Umsetzungsprozessen in den Fließgewässern die in der Stoffbilanz ermittelten Emissionen nicht den gemessenen Konzentrationen bzw. hieraus ermittelten Frachten im Gewässer entsprechen, was wiederum Einfluss auf den Zielwert hat. Um diese Prozesse zu berücksichtigen, wurde über ein empirisches Modell (Behrendt et al. 1999) die Retention von Stickstoff und Phosphor in Abhängigkeit der spezifischen Abflusssspende bzw. der hydraulischen Belastung abgeleitet (HMULV 2007B). Für das Gewässersystem Emsbach ergibt sich ein Phosphorretentionspotenzial von 54%. Somit errechnet sich der Zielwert folgendermaßen:

$$\text{Zielwert} = 46.165.946 \text{ m}^3/\text{a} * 0,10 \text{ mg/l} / (1 - 0,54) = 10 \text{ t P}_{\text{ges}}/\text{a}.$$

Handlungsziele für Phosphoreinträge

Am Gebietsauslass wurde für das Jahr 2005 eine Phosphorfracht (= Emission) von insgesamt 47 t ermittelt. Das Handlungsziel errechnet sich somit zu:

$$\text{Handlungsziel} = 47 \text{ t P}_{\text{ges}}/\text{a} - 10 \text{ t P}_{\text{ges}}/\text{a} = 37 \text{ t P}_{\text{ges}}/\text{a}.$$

In Tabelle 9 sind Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf für Modul 3 zusammengefasst.

Tabelle 9: Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf Modul 3

Ziele, Istwerte	
Ursache	Phosphor
Relevanzklasse	A
Bewirtschaftungsparameter	P _{ges}
Entwicklungsziel	0,10 mg/l
Berechnungsart des Zielwertes	Fracht P _{ges}
Einheit	[t/a]
Zielwert	10 t P _{ges} /a
Ist-Wert	47 t P _{ges} /a
Auswirkung von zu berücksichtigenden Entwicklungen	
Beschlossene Maßnahmen (Anschluss Streusiedlung an kommunale Kläranlagen, vgl.	0,86 t P _{ges} /a

⁴ Als Entwicklungsziel werden die beiden Parameter Gesamtphosphor und Orthophosphat festgelegt. Da die Informationen zu den Phosphoremissionen aus der Landwirtschaft und den Kläranlagen jedoch für Gesamtphosphor und nicht für Orthophosphat vorliegen, wird Gesamtphosphor als Bewirtschaftungsparameter herangezogen. Des Weiteren ist es aufgrund der in Abhängigkeit der Umgebungsbedingungen stattfindenden mikrobiologischen Umsetzungsprozesse nicht möglich, die Herkunft einzelner Stoffspezies zu quantifizieren. Der Jahresabfluss 2005 wurde gewählt, da für diesen Zeitraum detaillierte Gütemessung zur Verfügung standen, die für eine Konzentration-Abfluss-Beziehung herangezogen wurden.

Kap. 5)	
Veränderungen der Belastungssituation	-
Grundwassermaßnahmen	-
Maßnahmen in anderen Belastungsbereichen	-
Ermittlung des Handlungsbedarfs	
Handlungsziel = Ist - A ₁ - A ₂ - A ₃ - Zielwert	36,14 t P _{ges} /a

5.3.2 Modul 4: Struktur und Hydromorphologie der Oberflächengewässer

Entwicklungsziele für die Gewässermorphologie

Innerhalb des Pilotprojektes Fulda/Eder/Schwalm (HMULV 2007B) wurden morphologische Merkmalsausprägungen für Fließgewässer abgeleitet (vgl. Tabelle 10 und 11). Diese Merkmalsausprägungen wurden im Pilotprojekt hinsichtlich ihrer ökologischen Relevanz anhand der Ergebnisse des vorgezogenen Monitorings für die Fischfauna und das Makrozoobenthos verifiziert. Für beide biologischen Qualitätskomponenten sind sie als gewässerstrukturelle Mindestausstattung für das Erreichen des „guten Zustands“ zu interpretieren und stellen somit das *Entwicklungsziel für die Gewässermorphologie* dar. Dabei wurden verschiedene Fließgewässertypen, die sich hinsichtlich der Habitatansprüche der jeweiligen Leitfischarten ähneln, zu insgesamt sechs Gruppen zusammengefasst, für die jeweils leicht voneinander abweichende morphologische Ausprägungen ermittelt wurden. Im Wasserkörper Emsbach kommen die Gruppen 1 und 2 vor.

Tabelle 10: Gewässerstrukturelle Mindestausstattung, Gruppe 1 (Fließgewässer-Typen 5, 5.1, 7 mit Längszonierung Epirhithral, Metarhithral)

Einzelparameter	Ausprägung
Längsbänke	≥ 1
Querbänke	≥ 1
Strömungsdiversität	≥ mäßig
Tiefenvarianz	≥ mäßig
Breitenvarianz	≥ mäßig
Nur bei Gewässern mit einer Breite < 10 m zusätzlich:	
Sohlensubstrat	Sand, Kies, Schotter, Steine, Blockwerk, Fels (Codierung 5-12)
Substratdiversität oder besondere Sohlenstrukturen	≥ groß ≥ 2

Tabelle 11: Gewässerstrukturelle Mindestausstattung, Gruppe 2 (Fließgewässer-Typen 5, 5.1, 7, 9, 9.1 mit Längszonierung Hyporhithral)

Einzelparameter	Ausprägung
Längsbänke oder Querbänke	≥ 1
Rückstau	nicht vorhanden
Strömungsdiversität	≥ mäßig
Tiefenvarianz	≥ mäßig
Breitenvarianz	≥ mäßig
Nur bei Gewässern mit einer Breite < 10 m zusätzlich:	
Sohlensubstrat	Sand, Kies, Schotter, Steine, Blockwerk,

	Fels (Codierung 5-12)
Substratdiversität oder besondere Sohlenstrukturen	≥ mäßig ≥ 2

Diese Anforderungen sollen auf den Wasserkörper bezogen auf mindestens 35% der Gewässerstrecke erfüllt werden. Die Gewässerstrecke errechnet sich über alle Gewässer, die ein Einzugsgebiet > 10 km² aufweisen. Im Wasserkörper Emsbach sind dies die Gewässer Emsbach, Wörsbach, Stinkerbach, Schornbach, Kesselbach, Auroffer Bach, Laubusbach, Eisenbach, Dombach und Schlabach. Die größten Einzugsgebiete weisen der Emsbach und der Wörsbach auf. Fast alle Gewässer sind der Gruppe 1 zuzuordnen mit Fließgewässertyp 5 mit zugehöriger Fischregion Epirhithral oder Metarhithral, lediglich der Unterlauf des Emsbachs ist Gruppe 2 zuzuordnen, Fischregion Hyporhithral.

Zielwerte Gewässermorphologie

Der Zielwert entspricht dem Entwicklungsziel. Um das Handlungsziel und die notwendigen Maßnahmen berechnen zu können, wird der Zielwert nicht mehr in Prozent angegeben, sondern auf die Gewässerstrecke umgerechnet, die sich aus dem Entwicklungsziel ergibt. Bei einer Gewässerstrecke von insgesamt 123,1 km ergeben sich somit 43,3 km, auf denen die morphologischen Anforderungen erreicht werden müssen.

Handlungsziel Gewässermorphologie

Zur Beschreibung des Ist-Zustandes der morphologischen Bedingungen der einzelnen Gewässer und zur Ableitung des Handlungsbedarfs wird die sogenannte morphologische Gewässerkennlinie erstellt. Bei der Erstellung der Kennlinie werden Informationen zu den ökologisch relevanten Barrieren und den Gewässerstrecken mit gewässerstruktureller Mindestausstattung als Längsprofil kombiniert. Die Kennlinie entspricht gleichzeitig der Summe der Gewässerstrecken, die eine gewässerstrukturelle Mindestausstattung aufweisen (diese werden zwischen den Barrieren linear interpoliert). Die morphologische Gewässerkennlinie gibt somit Auskunft über die Verteilung der Gewässerstrecken zwischen den vorhandenen Querbauwerken, welche die morphologischen Mindestanforderungen erfüllen. Je „steiler“ die Kennlinie zwischen den Querbauwerken (vgl. Abbildung 1), desto mehr Habitatstrukturen sind in dem Gewässerabschnitt vorzufinden. Die morphologische Kennlinie ist somit auch eine Grundlage für die Ableitung von Prioritäten bei der Herstellung der Gewässerdurchgängigkeit.

Zum Abgleich hinsichtlich der Zielerreichung wird der zu erreichende Schwellenwert eingetragen (35% der Gewässerstrecken mit Merkmalsausprägungen für die gewässerstrukturelle Mindestausstattung).

Hinsichtlich der Einordnung eines Fließgewässers und der daraus abzuleitenden Handlungsoptionen lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

- Fließgewässer, die den Schwellenwert von 35% erreichen oder übersteigen. Für diese ist die Herstellung der linearen Durchgängigkeit notwendig.
- Gewässer, die ganz oder teilweise unterhalb des Schwellenwertes liegen (<35% Streckenanteil). Hier sind die Herstellung der linearen Durchgängigkeit und Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerstruktur notwendig, bis der Schwellenwert erreicht

wird. Der Nachweis kann durch den Vergleich der gewässermorphologischen Kennlinie im Ist- und Planungszustand geführt werden.

Der Handlungsbedarf errechnet sich somit über den Zielwert von 43,3 km abzüglich der Gewässerstrecke, auf der die morphologischen Anforderungen bereits erfüllt werden (21,5 km), zu 21,8 km, auf denen morphologische Verbesserungsmaßnahmen umgesetzt werden müssen.

Im Folgenden sind die Lage der Gewässer im Einzugsgebiet einschließlich der Querbauwerke und der Abschnitte, welche die morphologischen Mindestanforderungen erfüllen (vgl. Abbildung C, S. 26, Heftmitte), sowie die morphologische Kennlinie für den Wasserkörper Emsbach (vgl. Abbildung 1) dargestellt. Aus den Abbildungen wird erkenntlich, dass nur ein geringer Teil der Fließgewässerstrecken die morphologischen Mindestanforderungen erfüllt.

In Abbildung D (S. 26, Heftmitte) ist eine zusammenfassende Darstellung der morphologischen Gewässerkennlinie für alle Gewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km² des Wasserkörpers Emsbach dargestellt. Die Kennlinien der einzelnen Gewässer (Haupt- und Nebengewässer) werden hintereinander gereiht. Es ist zu erkennen, dass sich die Kennlinie für den Wasserkörper Emsbach unterhalb der 35%-Grenze befindet.

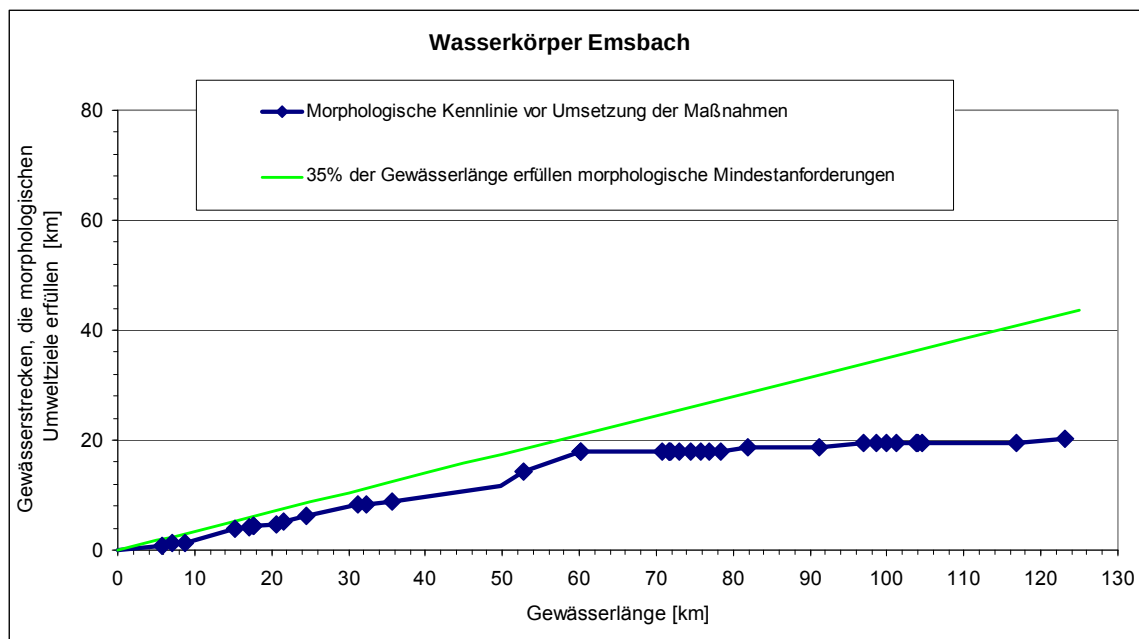


Abbildung 1: Morphologische Gewässerkennlinie für den Wasserkörper Emsbach (Ist-Zustand)

Entwicklungsziele Gewässerdurchgängigkeit

Die Gewässerdurchgängigkeit ist eine wichtige Voraussetzung für das Erreichen der Umweltziele. Die Vernetzung der Laich-, Aufwuchs- und Nahrungshabitate ist für viele Fischarten eine grundlegende Voraussetzung, damit sich selbst erhaltende Populationen existieren können. Innerhalb eines Flussgebietes werden unter Umständen weite Strecken in diese Wanderungen einbezogen und begründen die hohen ökologischen Anforderungen an die Durchgängigkeit. Die WRRL trägt diesem Sachverhalt durch die Benennung der Durchgängigkeit als unterstützende morphologische Qualitätskomponente für die ökologische Bewertung der

Fließgewässer Rechnung (HMULV 2007B). Die Durchgängigkeit muss zum Erreichen des guten ökologischen Zustands so beschaffen sein, dass „... die (oben) für die biologischen Qualitätskomponenten beschriebenen Werte erreicht werden können.“ (Anhang V WRRL). Dies stellt somit auch das *Entwicklungsziel hinsichtlich der Gewässerdurchgängigkeit* dar.

Die Methodik in Hessen sieht derzeit vor, dass als Mindestziel die Gewässerstrecken eines Wasserkörpers, auf denen die gewässerstrukturelle Mindestausstattung erreicht wird, miteinander vernetzt werden sollen. Diese Vorgehensweise setzt voraus, dass vor der Auswahl der umzugestaltenden Querbauwerke die morphologischen Verbesserungsmaßnahmen verortet werden. Eine über die lokale oder regionale Ebene hinausgehende Vernetzung mit anderen Gewässern und möglichen (Haupt-) Wanderrouuten (überregionale Ebene) ergibt sich im Einzelfall aus der Lage der Wasserkörper im Einzugsgebiet. Daneben sollen im Falle eines oberhalb liegenden „Anschlusswasserkörpers“ die Hauptverbindungsgewässer durchgängig gemacht werden. Im Falle des Emsbaches existiert kein oberhalb liegender Wasserkörper, somit sind in erster Linie die morphologisch wertvollen Strecken miteinander zu vernetzen.

Zielwerte Gewässerdurchgängigkeit

Der Zielwert bezieht sich auf den Bereich, den es zunächst zu vernetzen gilt, nämlich die Gewässerstrecken, die nach Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen die morphologischen Mindestanforderungen erreichen. Der Zielwert bedeutet insofern, dass sich kein unpassierbares Querbauwerk in diesem Bereich befinden darf.

Handlungsziele Gewässerdurchgängigkeit

Das Handlungsziel für die Gewässerdurchgängigkeit muss die Anzahl der Querbauwerke, die umgestaltet werden müssen, benennen. Es errechnet sich durch den Ist-Wert von 17 unpassierbaren Querbauwerken innerhalb der zu vernetzenden Gewässerstrecken abzüglich des Zielwertes, 0 unpassierbare Bauwerke. Somit besteht der Handlungsbedarf, 17 Bauwerke mit entsprechenden Maßnahmen zu versehen.

In Tabelle 12 sind Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsziele für das Modul 4 zusammengefasst.

Tabelle 12: Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf Modul 4

Ziele, Istwerte		
Ursache	Gewässermorphologie	Gewässerdurchgängigkeit
Relevanzklasse	A	A
Bewirtschaftungsparameter	Merkmalsausprägung	Wanderhindernisse
Entwicklungsziel	Morphologische Mindestanforderungen auf 35% der Gewässerstrecke	Vernetzung der wertvollen morphologischen Gewässerstrecken
Berechnungsart des Zielwertes	Gewässerstrecke	Anzahl Querbauwerke
Einheit	[km]	Querbauwerke
Zielwert	43,3	0
Ist-Wert	21,5	17
Auswirkung von zu berücksichtigenden Entwicklungen		
Beschlossene Maßnahmen	2 km*) Gewässerentwicklungskonzept	2 Bauwerke*) Gewässerentwicklungskonzept
Veränderungen der Belastungssituation	-	-

Grundwassermaßnahmen	-	-
Maßnahmen in anderen Belastungsbereichen	-	-
Ermittlung des Handlungsbedarfs		
Handlungsziel = Ist - A ₁ - A ₂ - A ₃ - Zielwert	20 km	15 Bauwerke

^{*)} Diese Werte sind Annahmen des Bearbeiters, um den Arbeitsschritt darzustellen. Es liegen keine Angaben aus Hessen über die tatsächlich im Rahmen des Gewässerentwicklungskonzeptes geplante Strecke bzw. umzugestaltenden Querbauwerke vor.

6 Maßnahmenvorauswahl und Abschätzung der Maßnahmenwirkungen

Eine erste Grundlage für die Auswahl möglicher Maßnahmen bietet, falls vorhanden, eine Maßnahmen-Datenbank. In Hessen wurde das „Fachinformationssystem **Maßnahmenprogramm** Hessen“ FIS MAPRO erarbeitet, welches für alle relevanten Belastungsbereiche Maßnahmenkataloge enthält. In dem vorliegenden Bericht wird für die stofflichen Maßnahmen (Bewirtschaftungsparameter Phosphor) auf die Ergebnisse des Pilotprojektes Emsbach (HMULV 2007A) zurückgegriffen, um potenziell geeignete Maßnahmen auszuwählen und für den betrachteten Wasserkörper zu konkretisieren, da sich die Erarbeitung der stofflichen Maßnahmen in Hessen derzeit noch im Prozess der Abstimmung befindet. Die Ergebnisse des Pilotprojektes Emsbach wurden für den vorliegenden Bericht, wo erforderlich, modifiziert. Die hydromorphologischen Verbesserungsmaßnahmen wurden auf der Grundlage des hessischen Maßnahmenkataloges selbständig abgeleitet und entsprechen demzufolge nicht den in Hessen ermittelten Maßnahmen.

6.1 Maßnahmenvorauswahl Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern

6.1.1 Phosphor

Das gewählte Vorgehen führte zu der Auswahl der in Tabelle 13 dargestellten Einzelmaßnahmen zur Reduzierung der Phosphorfrachten in den Oberflächenwasserkörper Emsbach. Neben den hier dargestellten Einzelmaßnahmen müssen ebenfalls Instrumente wie z.B. ordnungsrechtliche Maßnahmen zur Verringerung von Stoffeinträgen berücksichtigt werden. Diese wurden jedoch innerhalb des Pilotprojektes Emsbach nicht mitberücksichtigt und werden hier ebenfalls nicht herangezogen. Auch wenn sich diese Art von Maßnahmen schwer quantifizieren lässt, kann sie jedoch genutzt werden, um die Umsetzung von Einzelmaßnahmen zu unterstützen. Zur Vergleichbarkeit der für die Umsetzung der Maßnahmen entstehenden finanziellen Aufwendungen wurden die jeweiligen Jahreskosten ermittelt. Konnten keine Jahreskosten für Maßnahmen aus der Literatur abgeleitet werden, wurden diese über die Investitionskosten mit einem kalkulatorischen Zinssatz von 4% für eine Nutzungsdauer von 30 Jahren (Annuitätenfaktor 0,5) errechnet.

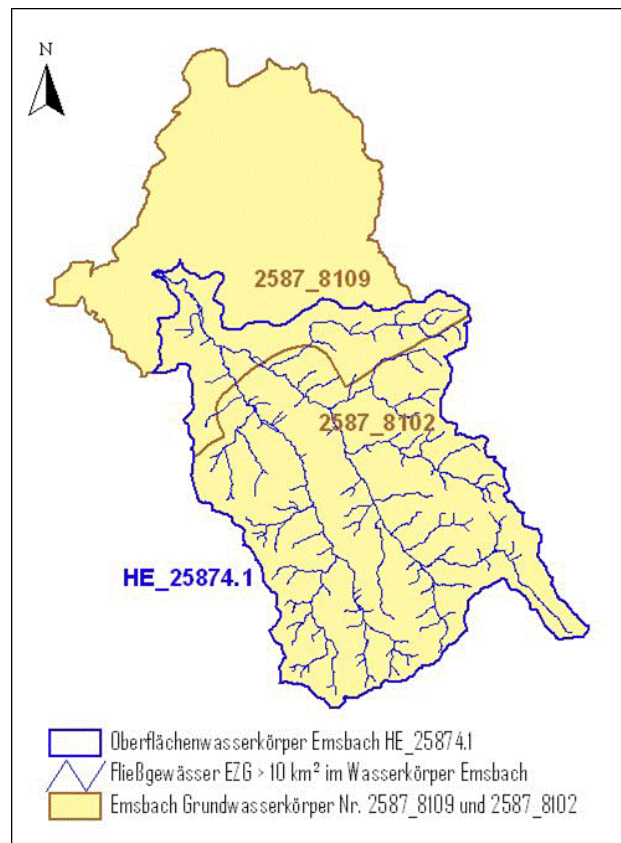


Abbildung A: Oberflächen- und Grundwasserkörper Emsbach

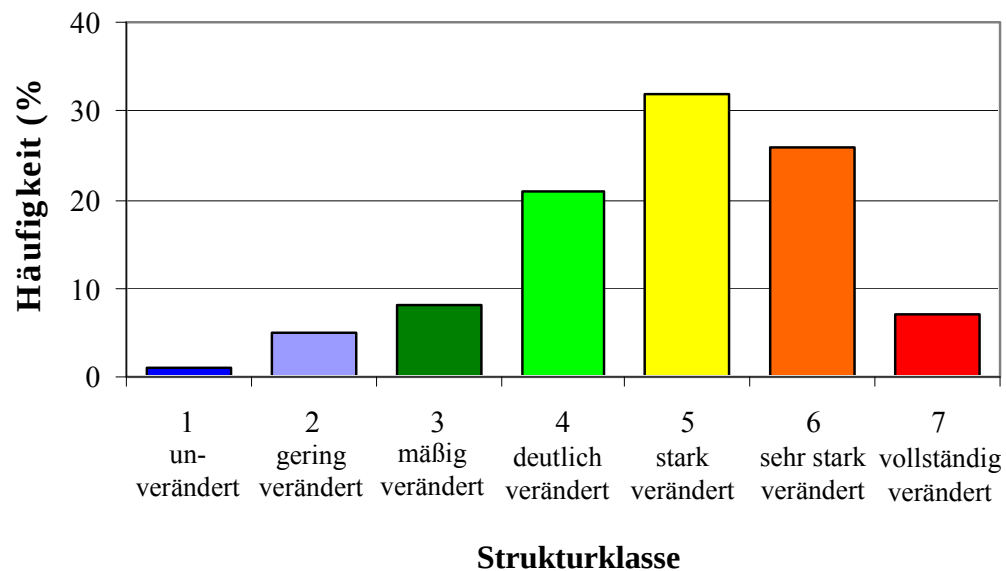


Abbildung B: Verteilung der Gewässerstrukturklassen im Wasserkörper Emsbach (HMULF 1999)

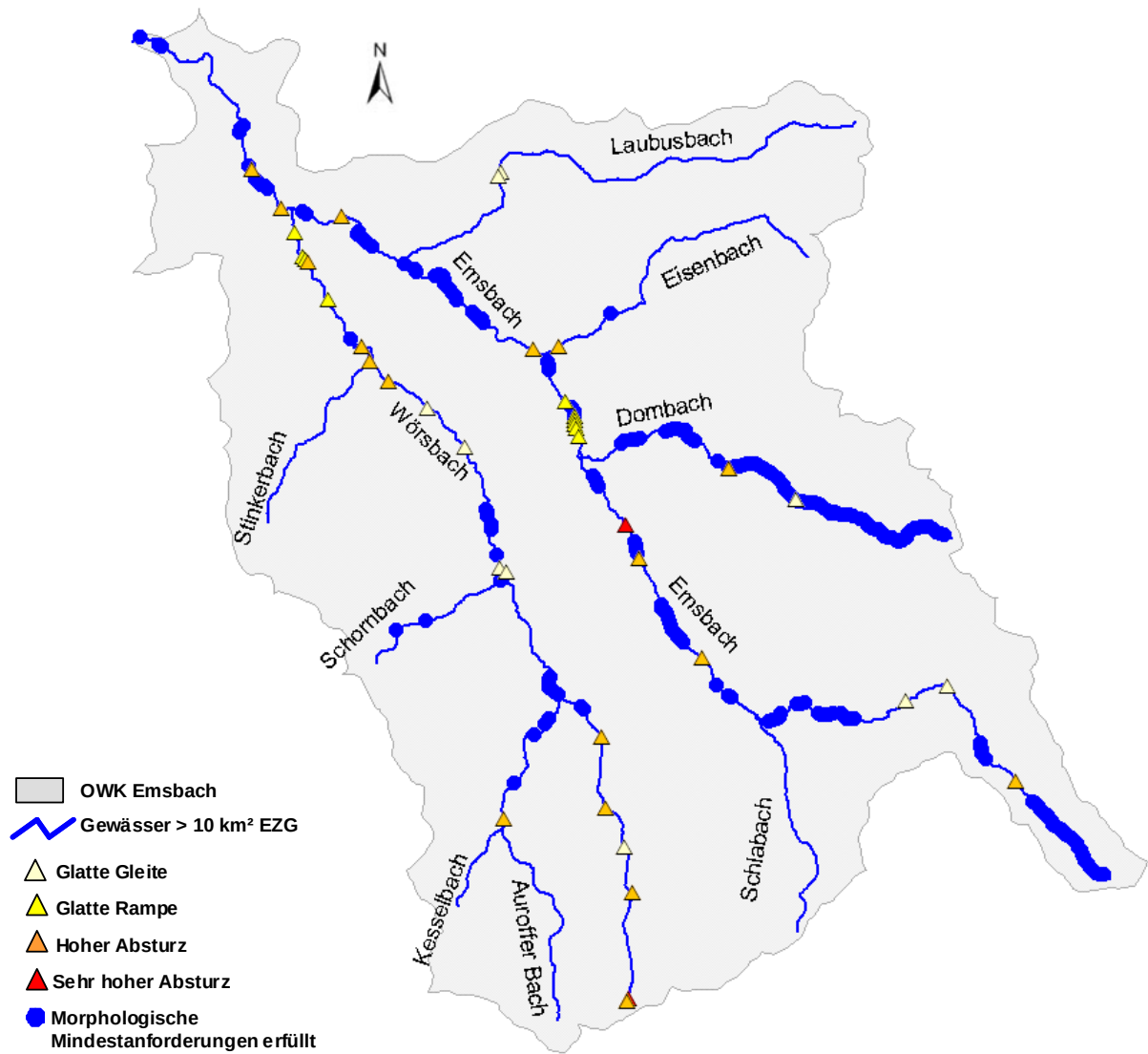


Abbildung C: Erfüllung der morphologischen Mindestanforderungen und Lage der Querbauwerke im Oberflächenwasserkörper Emsbach

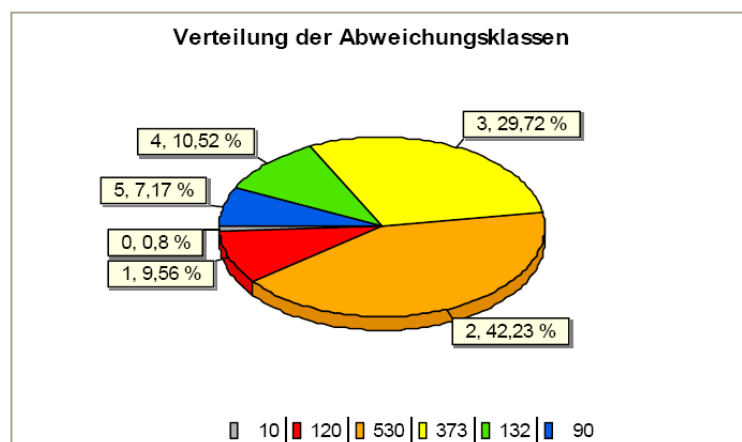


Abbildung D: Verteilung der Abweichungsklassen für alle Gewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km² des Wasserkörpers Emsbach (Abbildung zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)

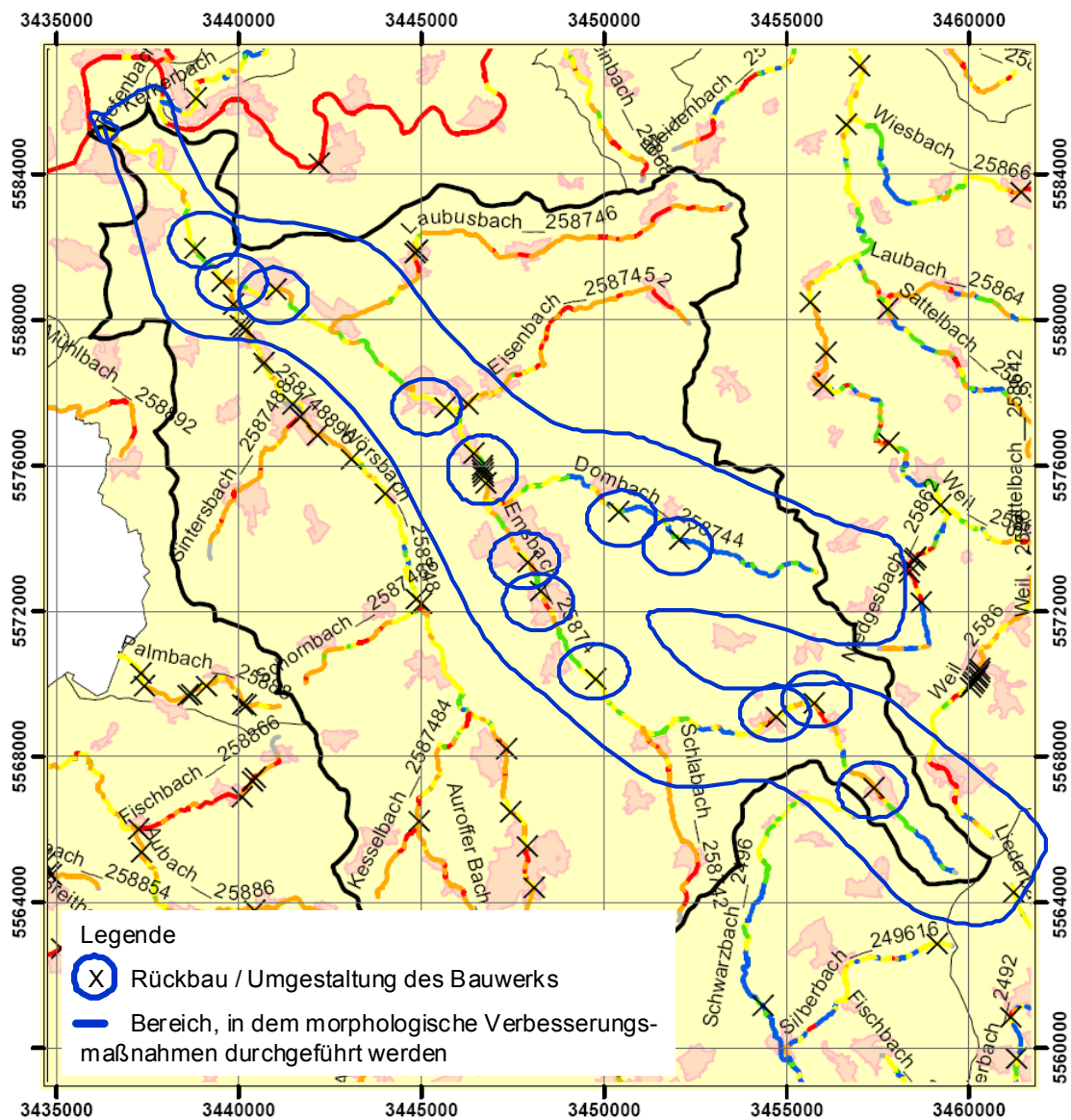


Abbildung F: Gewässerabschnitte im Wasserkörper Emsbach, an denen hydromorphologische Verbesserungsmaßnahmen vorgesehen werden (Abbildung zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)

Tabelle 13: Zusammenfassung der Einzelmaßnahmen für den Wasserkörper Emsbach

Einzelmaßnahmen	Beschreibung
Punktquellen, Maßnahme 1.1: Ertüchtigung von Kläranlagen	
Ertüchtigung von Kläranlagen hinsichtlich des Parameters P_{ges}	Kläranlage <10.000 EW: Errichtung einer P_{ges} -Elimination durch biologische P-Elimination, Filtrationstechnik Kläranlage >10.000 EW: Ausbau einer P_{ges} -Elimination durch biologische P-Elimination, Filtrationstechnik
Punktquellen, Maßnahme 1.3: Qualifizierte Entwässerung im Misch- und Trennverfahren	
Mischkanalisation	Anschluss der Streusiedlungen an die kommunale Abwasserentsorgung mit Druckleitung und Pumpwerk
	Vergrößerung des Volumens zur Zwischenspeicherung durch optimierte Nutzung von vorhandenen Kapazitäten; Errichtung von Entlastungsbauwerken und Retentionsbodenfiltern zur Verminderung von stofflichen und hydraulischen Belastungen
Punktquellen, Maßnahme 1.5: Bauwerke zur Misch- und Niederschlagswasserbehandlung	
Regenentlastungsanlagen	Errichtung von Retentionsbodenfiltern, Regenüberlaufbecken, Stauraumkanälen, Regenrückhaltebecken
Diffuse Quellen, Maßnahme 2.1: Einrichtung von Uferrandstreifen	
Uferrandstreifen	Einrichtung eines Uferrandstreifens mit extensiver Grünlandnutzung und erosionsmindernde Gehölzpflanzung
Diffuse Quellen, Maßnahme 2.2: Verbesserung der Ausbringungstechnik, Umwandlung in extensives Grünland	
Umwandlung	Umwandlung ausgewählter Ackerflächen in extensiv genutztes Grünland oder an den Grundregeln des ökologischen Landbaus nach EWG-Verordnung 2092/91 ausgerichtete Flächennutzung
Diffuse Quellen, Maßnahme 2.3: Verringerung von Phosphoreinträgen	
Erosionsmindernde Bodenbearbeitung	Konturbearbeitung, Direktsaat, Mulchsaat, Bearbeitung weitgehend quer zur Hangneigung
Erosionsmindernde Bodenbewirtschaftung	Ganzflächige und ganzjährige Bodenbedeckung (Feldbegrünung mit Zwischenfrüchten), Umwandlung ausgewählter Ackerflächen in extensiv genutztes Grünland oder an den Grundregeln des ökologischen Landbaus nach EWG-Verordnung 2092/91 ausgerichtete Flächennutzung

6.2 Abschätzung der Maßnahmenwirkungen Modul 3: Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern

6.2.1 Phosphor

Im nächsten Schritt wurden die Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen bezogen auf den Bewirtschaftungsparameter Gesamt-Phosphor, die zu erwartenden Jahreskosten zur Umsetzung der Maßnahme sowie die räumliche Zuordnung im Projektgebiet ermittelt.

Kommunale Kläranlagen

Ergänzend zu den vorhandenen abwassertechnischen Behandlungsstufen der kommunalen Kläranlagen wurde für die Anlagen Limburg/Eschhofen, Brechen/Niederbrechen, Selters/Niederselters sowie Hünstetten/Beuerbach eine Optimierung der Simultanfällung vorgeschlagen, da die Auswertungen der Zu- und Abauffrachten dieser Kläranlagen ein zusätzliches Potenzial zur Reduzierung der Phosphorkonzentrationen vermuten lässt. Durch den Fällmitteleinsatz bei der Simultanfällung erfolgt eine Erhöhung der Salzkonzentration im Kläranlagenablauf, die zu keiner Verschlechterung der Gewässerzustands führen darf. Die Maßnahmen beziehen sich vorrangig auf die verbesserte Ausstattung der vorhandenen Fällungsanlagen hinsichtlich Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Die Reduzierung der Phosphorfracht nach Umsetzung der Maßnahmen wurde mit 75% angesetzt (ATV-DVWK 2003). An der Kläranlage Idstein/Walsdorf wird die erstmalige Errichtung einer Simultanfällung vorgeschlagen, für die ebenfalls eine P-Frachtreduzierung von 75% angenommen wurde. Die Investitionskosten zur Errichtung der Simultanfällung (Lagerbehälter, Dosiereinrichtung) werden mit 100.000 Euro angesetzt (ATV 1997). Die Jahreskosten für die Errichtung einer Simultanfällung auf der Kläranlage Idstein/Walsdorf belaufen sich bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 4% und einer Nutzungsdauer von 30 Jahren (Annuitätenfaktor 0,05) auf 5.000 Euro. Als laufende Kosten für den Betrieb dieser Reinigungsstufe ist eine Spannweite von etwa 150 bis 1.500 Euro pro eliminiertes Kilogramm Phosphor aus der Literatur abzuleiten (Grünebaum 1993, Günthert & Reicherter 2001, UBA 2002). Dieser Betrag beinhaltet die Kosten der Anlagen zur Lagerung und Lösung der Fällmittel, Dosiereinrichtungen (Messen, Steuern, Regeln) und die Betriebskosten (Energie und Fällmittel). Aufgrund der vorhandenen baulichen, mess-, steuer- und regeltechnischen Einrichtungen der vier betrachteten kommunalen Kläranlagen dürften sich die Kosten pro eliminiertes Kilogramm Phosphor eher im unteren Drittel der oben genannten Kostenspannweite befinden. Die maximalen Kosten pro eliminiertes kg Phosphor wurden daher mit 500 Euro angesetzt. In Tabelle 14 sind die sich ergebenden Frachtreduzierungen sowie die Kostenkennzahlen an den jeweiligen Kläranlagen aufgelistet.

Tabelle 14: Wirkungsprognose und Spannweite der Jahreskosten der Maßnahme „Fällung an kommunalen Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphorfracht“ mit angenommenen spezifischen Jahreskosten von 150 bis 1.500 Euro pro eliminiertem Kilogramm Phosphor (keine Wirkung auf den Bewirtschaftungsparameter Stickstoff)

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Fracht- reduzierung	P-Fracht nach Umsetzung der Maßnahme	Jahreskosten [Euro/a]	
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	von	bis
Brechen	3,23	2,42	0,81	363.375	3.633.750
Hünstetten	4,30	3,23	1,08	363.375	4.837.500
Idstein	2,12	1,59	0,53	243.500	2.390.000
Limburg	1,26	0,95	0,32	141.750	1.417.500
Selters	3,59	2,69	0,90	403.875	4.038.750
Gesamt	14,50	10,88	3,64	1.631.250	16.312.500

Kanalisation – Retentionsvolumen und Retentionsbodenfilter (RBF)

Die Maßnahmen im Bereich der Kanalisation beziehen sich auf die Errichtung zusätzlichen Retentionsvolumens zur Mischwasserspeicherung (z.B. durch den Bau von Regenüberlaufbecken) und -reinigung (z.B. durch den Bau von Retentionsbodenfiltern). Die Abflussverhältnisse und der daraus resultierende Stofftransport in einem Kanalisationssystem sind durch dynamische Prozesse charakterisiert. Die Wirkung zweier Maßnahmen entspricht nicht der Addition der jeweiligen Wirkung der Einzelmaßnahme, daher wird die Wirkungsprognose der Maßnahmen Retentionsvolumen und -bodenfilter in Tabelle 15 zusammengefasst. Die Frachtreduzierung, die durch diese Maßnahmen erzielt wird, wurde auf der Grundlage einer Emissionsschätzung ermittelt. Für jede Gemeinde wurde das vorhandene Retentionsvolumen im Kanalsystem um einheitlich 15% erhöht. Dieses zusätzliche Retentionsvolumen wurde aus dem vorhandenen durchschnittlichen Ausbaugrad der Kanalisationssysteme im Emsbach-Gebiet abgeleitet. In Gemeinden mit geringem oder nicht vorhandenem Retentionsvolumen (Weilmünster, Glashütten, Runkel und Villmar) wurde der Neubau von 100 m³ Retentionsvolumen vorgesehen. Die Frachtreduzierung wurde für jede Gemeinde über die entlastete Wassermenge und den Stoffkonzentrationen im Mischwasser aus Entlastungsanlagen der Kanalisation (Regenüberlauf, Regenüberlaufbecken) ermittelt. Beide Größen wurden über entsprechende Schätzverfahren abgeleitet. Die Stoffkonzentrationen im Mischwasser wurden nach Brombach & Michelbach (1998) berechnet. Die Autoren haben auf der Basis von Literaturauswertungen und empirischen Untersuchungen ein Verfahren zur Abschätzung des Nährstoffaustrags aus Regenentlastungen entwickelt. Die Berechnungen beruhen auf einem funktionalen Zusammenhang zwischen dem jeweiligen Ausbaugrad der Regenwasserbehandlung nach dem ATV A 128 (ATV 1992) und den Stoffkonzentrationen im entlasteten Mischwasser. Die Kosten für die Herstellung dieser Anlagen entstammen der „Verordnung über pauschale Investitionszuweisungen zum Bau von Abwasseranlagen“ (HMULF 2002). Sie umfassen die Herstellung des Retentionsbauwerkes, die Aufwendungen für Drosseleinrichtungen, die Steuerung sowie den Beckenüberlauf und das Einmündungsbauwerk. Als weitergehende Maßnahme zur Behandlung von Mischwasserabflüssen wurde die Errichtung von Retentionsbodenfiltern in den Gemeinden vorgesehen, in denen ein signifikanter Phosphoreintrag in die Gewässer zu erwarten ist. In Gemeinden, in denen nur geringe Phosphorfrachten (0,15 t Phosphor pro Jahr, dieser Wert entspricht einer ersten Arbeitshypothese) über die Kanalisation in die Gewässer eingetragen

werden, wurde die Maßnahme „Errichtung eines Retentionsbodenfilters“ nicht vorgeschlagen (Weilmünster, Glashütten, Runkel und Villmar). Der Wirkungsgrad von Retentionsbodenfiltern wurde mit 85 bis 95% angesetzt (Born 1997, Handbuch Bodenfilter Nordrhein-Westfalen, MUNLV 2003). Die Grundlagen für die Ermittlung der Kosten wurden der „Verordnung über pauschale Investitionszuweisungen zum Bau von Abwasseranlagen“ (HMULF 2002) entnommen. Die Kosten enthalten die gesamten Aufwendungen für die Herstellung des Bodenfilters und die für den Betrieb notwendigen Einrichtungen. Die Ermittlung des erforderlichen Bodenfiltervolumens erfolgte nach MUNLV (2003).

Tabelle 15: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahmen „Errichtung von Retentionsvolumen und -bodenfiltern im Pilotgebiet Emsbach“

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Fracht-reduzierung	Jahreskosten	Spezifische Kosten pro Jahr
	[t/a]	[t/a]	[Euro/a]	[Euro/(kg*a)]
Bad Camberg	0,88	0,66	670.684	1.016
Brechen	0,31	0,22	490.574	2.229
Glashütten	0,07	0,04	120.240	3.006
Hünfelden	0,55	0,37	552.576	1.493
Hünstetten	0,39	0,27	493.724	1.828
Idstein	0,94	0,61	735.723	1.206
Limburg	0,45	0,27	511.054	1.892
Runkel	0,09	0,04	120.240	3.006
Selters	0,37	0,22	659.266	2.996
Villmar	0,06	0,03	120.240	4.008
Waldems	0,41	0,30	462.896	1.542
Weilmünster	0,15	0,06	120.240	2.004
Gesamt	4,67	3,09	5.057.458	2.185*

* Mittelwert

Streusiedlungen

Es wird hier nur die Wirksamkeit der Maßnahme „Anschluss der Streusiedlungen an kommunale Kläranlagen“ hinsichtlich des Parameters Gesamtphosphor dargestellt und auch im Weiteren mit berücksichtigt. Die Kosten werden nicht errechnet, da diese Maßnahmen nach der kommunalen Abwasserrichtlinie (91/271/EWG) umzusetzen sind und daher an dieser Stelle nicht über ihre Umsetzung entschieden werden muss. Durch den Anschluss der Streusiedlungen an die kommunalen Kläranlagen erhöhen sich die Ablauffrachten der Kläranlagen nur marginal, so dass keine gesonderte Berechnung der P-Emissionen aus Kläranlagen notwendig ist. Die spezifischen Kosten werden nur zu Vergleichszwecken mit angegeben.

Tabelle 16: Wirkungsprognose der Maßnahme „Anschluss der Streusiedlungen an die kommunale Abwasserentsorgung“

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Frachtreduzierung	Spezifische Kosten pro Jahr
	[t/a]	[t/a]	[Euro/(kg*a)]
Bad Camberg	0,14	0,14	9.618
Brechen	0,05	0,05	8.996
Glashütten	0,01	0,01	9.781
Hünfelden	0,08	0,08	9.659
Hünstetten	0,08	0,08	9.780
Idstein	0,24	0,24	9.417
Limburg	0,07	0,07	9.682
Runkel	0,01	0,01	5.547
Selters	0,08	0,08	9.712
Villmar	0,01	0,01	7.573
Waldems	0,07	0,07	9.218
Weilmünster	0,01	0,01	11.584
Gesamt	0,86	0,86	9.214*

* Mittelwert

Diffuse Quellen – Erosionsmindernde Bodenbearbeitung

Zur Identifizierung geeigneter Flächen, auf denen eine erosionsmindernde Bodenbearbeitung stattfinden kann, wurden in erster Näherung im geografischen Informationssystem Arc MapTM 8.3 von ESRI[©] diejenigen Ackerflächen ermittelt, die aufgrund ihrer Hangneigung potenziell erosionsgefährdet sind. Grundlage für die Identifizierung der Flächen war die Flächennutzung im Einzugsgebiet des Emsbachs nach CORINE Landcover (Bezugsjahr 2000) sowie das digitale Höhenmodell für den Emsbach. Ermittelt wurden die Ackerflächen mit einer Hangneigung > 2% (BFG 2003). Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Erosionsmindernde Bodenbearbeitung“. Im Einzugsgebiet des Emsbachs wurde eine Fläche von 55 km² ermittelt, die den oben genannten Kriterien entspricht. Mögliche Maßnahmen zur Verringerung der Erosion können konservierende Bodenbearbeitung, Direktsaat, Mulchsaat sowie Zwischenfruchtanbau sein. Die Phosphor-Einträge können durch Umsetzung entsprechender Maßnahmen um bis zu 30% vermindert werden (UBA 2004). Nach UBA (2002) liegt die Kostenspannweite zur Verringerung der Phosphor-Emission zwischen 120 und 245 Euro pro Kilogramm.

Tabelle 17: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Erosionsmindernde Bodenbearbeitung“ mit angenommenen spezifischen Jahreskosten von 120 bis 245 Euro (UBA 2002) pro eliminiertem Kilogramm Phosphor

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Fracht- reduzierung	Jahreskosten [Euro/a]		Spezifische Kosten pro Jahr [Euro/(kg*a)]	
	[t/a]	[t/a]	von	bis	von	bis
Bad Camberg	3,70	1,11	133.200	271.950	120	245
Brechen	1,41	0,42	50.400	102.900	120	245
Glashütten	0,14	0,04	4.800	9.800	120	245
Hünfelden	4,64	1,39	166.800	340.550	120	245
Hünstetten	2,79	0,84	100.800	205.800	120	245
Idstein	5,47	1,64	196.800	401.800	120	245
Limburg	0,86	0,26	31.200	63.700	120	245
Niedernhausen	0,23	0,07	8.400	17.150	120	245
Runkel	0,15	0,05	4.800	9.800	96	196
Schmitten	0,00	0,00	0	0	0	0
Selters	2,32	0,70	84.000	171.500	120	245
Taunusstein	0,00	0,00	0	0	0	0
Villmar	0,57	0,17	20.400	41.650	120	245
Waldems	2,40	0,72	86.400	176.400	120	245
Weilmünster	0,54	0,16	19.200	39.200	120	245
Weilrod	0,00	0,00	0	0	0	0
Gesamt	25,22	7,56	907.920	1.852.000	1.536	3.136

Diffuse Quellen – Errichtung eines Uferrandstreifens

Die Errichtung von 10 m Uferrandstreifen wird dort vorgeschlagen, wo erosionsgefährdete Ackerflächen identifiziert wurden und nach Informationen aus der Gewässerstrukturgüte keine Randstreifen vorhanden sind. Bei 10 m breiten Uferrandstreifen ist die relative Zunahme der Filterwirkung nach Fabis (1995) am größten. Diese kann bis zu 35% betragen. Breitere Uferrandstreifen bewirken demzufolge nur noch geringe Verbesserungen. Grundsätzlich „müssen Gewässerrandstreifen, die zur Rückhaltung von Nährstoffen von landwirtschaftlich genutzten Flächen führen sollen, an die unterschiedlichen Standortbedingungen angepasst sein (Raderschall et al. 1997). Somit hängt auch die Breite von den Pufferzonen von den lokalen Einzugsgebietsumständen ab (vgl. Haycock et al. 1993), sollte aber mindestens 10 m betragen (Bock 1992). Bei Gewässerabschnitten mit hohem Handlungsbedarf werden dagegen deutlich größere Breiten und komplexere Strukturen empfohlen als bislang üblich (Raderschall et al. 1997).“ (aus: Mewes 2006, S. 171). Für den Emsbach wurden dennoch Gewässerrandstreifen von 10 m Breite angenommen, da Erfahrungen aus der Erarbeitung der Gewässerentwicklungskonzepte zeigten, dass die Festlegung breiterer Randstreifen aus Akzeptanzgründen nicht umsetzbar ist. Grundlage für die Identifizierung der Gewässerabschnitte ohne Gewässerrandstreifen bildet die Gewässerstrukturkartierung (HMULF 1999). Die angesetzten Kosten von 2 Euro pro m² (UBA 2004) können regional unterschiedlich sein, bilden jedoch einen plausiblen Durchschnittswert für den Ankauf von Ackerflächen. In Tabelle 18 sind die berechneten Jahreskosten (angenommen wurden ein kalkulatorischer Zinssatz von 4% und eine Nutzungsdauer von 30 Jahren) dargestellt, die sich durch den Flächenkauf ergeben. Die Nutzungsdauer wurde u.a. angesetzt, um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Maßnahmen

zu erzielen, tatsächlich findet auf der Fläche keine Nutzung statt. Abbildung 2 zeigt die Maßnahmenräume, in denen die Errichtung eines Uferrandstreifens vorgeschlagen wird.

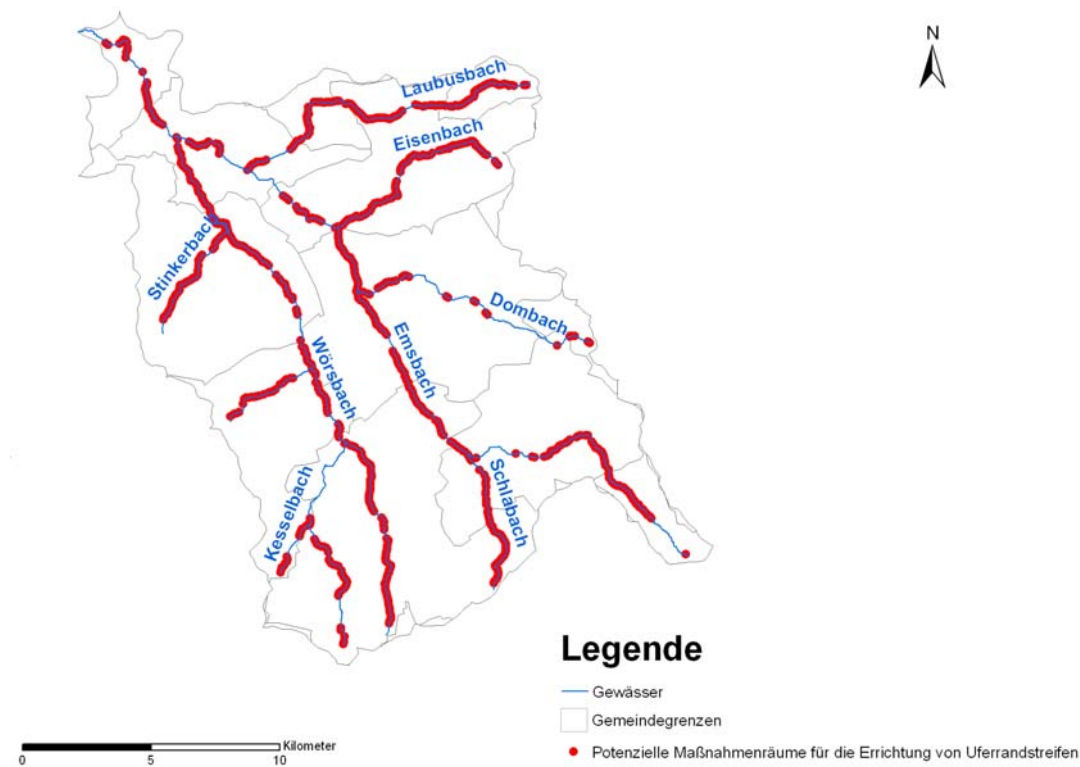


Abbildung 2: Potenzielle Maßnahmenräume für die Errichtung von Uferrandstreifen (aus: HMULV 2007A)

Diffuse Quellen – Kombination Ackerflächen und Uferrandstreifen

Zur Identifizierung geeigneter Flächen, auf denen eine erosionsmindernde Bodenbearbeitung oder die Umwandlung von Ackerland in extensives Grünland in Gewässernähe in Verbindung mit der Errichtung eines Uferrandstreifens stattfinden kann, wurden im geografischen Informationssystem Arc MapTM 8.3 von ESRI[©] diejenigen Ackerflächen ermittelt, die einen Abstand von maximal 300 m zu einem Oberflächengewässer haben und wo die Gewässer keinen Uferrandstreifen aufweisen. Betrachtet wurden dabei auch die Ackerflächen, die in der Nähe (< 300 m Abstand) kleiner Nebengewässer (Einzugsgebiet < 10 km²) liegen. Grundlage für die Identifizierung der Flächen war die Flächennutzung im Einzugsgebiet des Emsbaches nach CORINE Landcover (Bezugsjahr 2000) und die Gewässerstrukturgütekartierung (HMULF 1999).

Tabelle 18: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Errichtung von Uferrandstreifen“

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Fracht-reduzierung	Jahreskosten	Spezifische Kosten
	[t/a]	[t/a]	[Euro/a]	[Euro/kg]
Bad Camberg	3,70	1,29	54.493	419
Brechen	1,41	0,49	20.730	415
Glashütten	0,14	0,05	2.012	287
Hünfelden	4,64	1,62	68.214	426
Hünstetten	2,79	0,98	41.002	410
Idstein	5,47	1,91	80.555	424
Limburg	0,86	0,30	12.671	422
Niedernhausen	0,23	0,08	3.337	334
Runkel	0,15	0,05	2.236	319
Schmitten	0,00	0,00	0	-
Selters	2,32	0,81	34.186	427
Taunusstein	0,00	0,00	0	-
Villmar	0,57	0,20	8.385	419
Waldems	2,40	0,84	35.284	441
Weilmünster	0,54	0,19	7.937	397
Weilrod	0,00	0,00	0	-
Gesamt	25,22	8,81	371.041	396*

* Mittelwert

Diffuse Quellen – Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland

Dieselben Ackerflächen, auf denen eine erosionsmindernde Bodenbearbeitung vorgeschlagen wurde, dienen als potenzielle Flächen, auf denen eine extensive Grünlandnutzung erfolgen kann. Die Umwandlung von Ackerland in extensives Grünland auf erosionsgefährdeten Flächen kann zu einer vollständigen Reduzierung des Bodenabtrags (UBA 2004) führen. Der Wirkungsgrad dieser Maßnahme wird im ersten Jahr der Umwandlung mit 85% angenommen. Erst nach vollständiger Etablierung des Grünlandes wird eine Reduzierung um 100% angesetzt. Die Kosten für die Umwandlung von Ackerland in extensiv genutztes Grünland beinhalten die Ausgleichszahlungen aufgrund gesunkener Markterlöse. In Abhängigkeit der Nutzungsfähigkeit und der weiteren Nutzung der Fläche liegen die Ausgleichszahlungen zwischen 195 und 800 Euro pro Hektar (Land-Pflege-RL 1991).

Tabelle 19: Wirkungsprognose und Kosten der Maßnahme „Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland“

Gemeinde	P-Fracht Ist-Zustand	P-Fracht-reduzierung	Jahreskosten [Euro/a]		Spezifische Kosten [Euro/kg]	
	[t/a]	[t/a]	von	von	bis	bis
Bad Camberg	3,70	3,33	159.900	48	197	656.000
Brechen	1,41	1,27	60.450	48	195	248.000
Glashütten	0,14	0,13	5.850	45	185	24.000
Hünfelden	4,64	4,18	198.900	48	195	816.000
Hünstetten	2,79	2,51	120.900	48	198	496.000
Idstein	5,47	4,92	235.950	48	197	968.000
Limburg	0,86	0,77	37.050	48	197	152.000
Niedernhausen	0,23	0,21	9.750	46	190	40.000
Runkel	0,15	0,13	5.850	45	185	24.000
Schmitten	0,00	0,00	0	-	-	0
Selters	2,32	2,09	99.450	48	195	408.000
Taunusstein	0,00	0,00	0	-	-	0
Villmar	0,57	0,51	25.350	50	204	104.000
Waldems	2,40	2,16	103.350	48	196	424.000
Weilmünster	0,54	0,49	23.400	48	196	96.000
Weilrod	0,00	0,00	0	-	-	0
Gesamt	25,22	22,70	1.086.150	47*	195*	4.456.000

* Mittelwert

6.2.2 Stickstoff

Der Parameter Stickstoff wurde der Relevanzklasse C zugeordnet (Modul 3) und nicht mit gesonderten Maßnahmen zur Verringerung der Einträge belegt. Nachfolgend werden die Wechselwirkungen der vorgeschlagenen Maßnahmen zur Verringerung der Phosphoremissionen auf den Bewirtschaftungsparameter Stickstoff quantifiziert. Die Quantifizierung der Auswirkungen auf die Stickstoffemissionen kann als zusätzliches Kriterium zur Priorisierung von Maßnahmenkombinationen herangezogen werden (Kapitel 6) und beziffert die Größenordnung der Stickstofffrachten, die zum Schutz der Meere aus dem Einzugsgebiet des Emsbachs zurückgehalten werden.

Die Maßnahme „P-Fällung an kommunalen Kläranlagen“ wird nicht weiter berücksichtigt, da keine Wechselwirkungen auf die Reduzierung der Stickstoffemissionen stattfinden. In Tabelle 21 sind die zu erwartenden Stickstoffreduzierungen nach Maßnahmen und Gemeinden differenziert.

Tabelle 20: Allgemeine Wirkungsprognose der Phosphormaßnahmen auf die Reduzierung der Stickstoffemissionen

Maßnahme	Reduzierung der Stickstoffemissionen [%]
P-Fällung an kommunalen Kläranlagen	0
Errichtung von Retentionsvolumen	Einzelfallbetrachtung, Berechnung mit Schätzverfahren nach Brombach/Michelbach/ (1998)
Errichtung von Retentionsbodenfiltern	70
Anschluss der Streusiedlungen an die kommunale Abwasserentsorgung	100
Erosionsmindernde Bodenbearbeitung	10
Errichtung von Uferrandstreifen	Einzelfallbetrachtung, keine Düngung auf den Flächen
Umwandlung von Ackerflächen in extensives Grünland	80

Tabelle 21: Wirkungsprognose der Phosphormaßnahmen auf die Reduzierung der Stickstoffemissionen pro Gemeinde

Gemeinde	Retentions- volumen und - bodenfilter	Anschluss der Streu- siedlungen	Errichtung von Ufer- randstreifen	Erosions- mindernde Bodenbearbeitung	Extensives Grünland
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[t/a]
Bad Camberg	0,5	0,62	1,19	0,74	1,19
Brechen	0,33	0,25	0,45	0,28	0,45
Glashütten	0,03	0,05	0,04	0,03	0,04
Hünfelden	0,37	0,36	1,49	0,93	1,49
Hünstetten	0,39	0,36	0,89	0,56	0,89
Idstein	0,51	1,05	1,75	1,10	1,75
Limburg	0,39	0,31	0,28	0,17	0,28
Niedernhausen	-	-	0,07	0,05	0,07
Runkel	-	0,03	0,05	0,03	0,05
Selters	0,31	0,36	0,74	0,47	0,74
Villmar	0,03	0,04	0,18	0,11	0,18
Waldems	0,55	0,30	0,77	0,48	0,77
Weilmünster	0,03	0,05	0,17	0,11	0,17
Gesamt	3,44	3,78	8,07	5,05	8,08

6.3 Maßnahmenvorauswahl Modul 4: Struktur und Hydromorphologie von Oberflächengewässern

6.3.1 Hydromorphologie

In Hessen werden zur Verortung der Maßnahmen sogenannte Maßnahmenräume und -strecken festgelegt. Die Maßnahmenräume sind so abzugrenzen, dass die Umweltziele theoretisch auf 60% der Wasserkörperlänge erreicht werden könnten. Als Wert für die Ermittlung der mit Maßnahmen zu versiehenden Gewässerstrecke wird jedoch von einem zu erreichenden Anteil höherwertiger Gewässerstrecken auf mind. 35% ausgegangen (analog der morphologischen Gewässerkennlinie). Sofern weitere Monitoringergebnisse einen höheren %-Satz indizieren sollten, müssen die Maßnahmenstrecken innerhalb der Maßnahmenräume ggf. verlängert werden. Bei der Verortung der Maßnahmen sollte neben dem Grad der

Abweichung von den morphologischen Umweltzielen und bestehenden Restriktionen wenn möglich auch bereits die Möglichkeit der Herstellung der Gewässerdurchgängigkeit berücksichtigt werden, da es ein Ziel ist, die morphologisch wertvollen Bereiche miteinander zu vernetzen (s. auch Punkt Durchgängigkeit). Zur Lokalisierung defizitärer Bereiche bzw. von Bereichen mit Renaturierungsbedarf wird in Hessen folgendes Verfahren angewendet:

Für die Bewertungsparameter wird in den Abschnitten, die die Kriterien vollständig erfüllen, die Summe der positiven relativen Abweichungen gebildet, in den Abschnitten, die die Anforderungen nicht erfüllen, die Summe der negativen relativen Abweichungen.

Die Summe der relativen Abweichungen wird gemittelt und in folgenden Klassen kategorisiert:

Zustand	Farbe	Abweichung vom Mindestzielzustand (UWZ _{morph})*
Sehr gut	blau	> + 50 bis + 100%
Gut	grün	>= 0% bis 50%
Mäßig	gelb	> -33% bis 0%
Unbefriedigend	orange	> - 66% bis - 33%
Schlecht	rot	<= - 66% bis – 100%bis - 100%

* (UWZ_{morph}): Umweltziel im Bereich Morphologie

Dabei sollen zunächst die Bereiche identifiziert und mit Maßnahmen versehen werden, die von dem Zielzustand abweichen, aber möglichst nicht zu stark, da davon auszugehen ist, dass Maßnahmen in geringfügig vom Zielzustand abweichenden Bereichen einfacher und kostengünstiger umzusetzen sind als in sehr stark abweichenden Gebieten (häufig innerhalb von Siedlungen). In Abbildung D (S. 26 Heftmitte) ist die Verteilung der Abweichungsklassen für alle Gewässer mit einem Einzugsgebiet > 10 km² innerhalb des Wasserkörpers Emsbach dargestellt, in Abbildung E (S. 27, Heftmitte) die Verortung der Strecken.

Maßnahmen, die zur Verbesserung der morphologischen Strukturen grundsätzlich in Frage kommen, sind in Tabelle 22 aufgelistet.

Die Auswahl der grundsätzlich geeigneten Verbesserungsmaßnahmen hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Grundsätzlich würde es als eine zielführende Herangehensweise angesehen, die Auswahl der Verbesserungsmaßnahmen auf den Grad der Abweichung relevanter Einzelparameter vom Zielzustand anzupassen. Diese Vorgehensweise wird in Hessen (und auch innerhalb dieses Berichts) nicht verfolgt, da eine Information über die Abweichung der einzelnen Parameter vom Zielzustand im FIS MAPRO nicht enthalten ist und der Aufwand dieser detaillierten Herangehensweise für die hohe Anzahl der Wasserkörper, die mit Verbesserungsmaßnahmen zu belegen sind, innerhalb des Maßnahmenprogramms nur schwer geleistet werden kann. Zudem berücksichtigen die Maßnahmen in ihrem Detaillierungsgrad einzelne Strukturparameter nicht.

Tabelle 22: Ausschnitt aus dem Maßnahmenblatt „Hydromorphologie“; Maßnahmengruppe 1 und 2 (aus FIS MAPRO, Hessen, zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)

Nr.	Maßnahme
1	Bereitstellung von Flächen
1.1	Gewässerrandstreifen
1.2.	Entwicklungskorridor
1.3	Aueflächen
2	Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen
2.1	Wiederherstellung einer natürlichen Sohllage
2.2	Entfernung von Sicherungen (Entfesselung)
2.3	Strukturierung von Gewässerbett und Uferbereichen
2.4	Anlage eines neuen Gewässerlaufes
2.5	Aufwertung von Sohle/Ufer in Restriktionsbereichen
2.6	Aufwertung von Sohle/Ufer in Rückstaubereichen
2.7	Modifizierte extensive Gewässerunterhaltung
2.8	Entwicklung Ufervegetation
2.9	Abgrabung einer Tiefaue
2.10	Reaktivierung/Sanierung von Auengewässern
2.11	Anlage eines neuen Auengewässers
2.12	Strukturelle Aufwertung der Aue
2.13	Entwicklung Auenvegetation
2.14	Auenverträgliche Bewirtschaftung /Nutzung
2.15	Verbesserung der Feststoffverhältnisse

In Hessen werden bereits geplante strukturverbessernde Maßnahmen aus vorliegenden Konzepten (z.B. Gewässerentwicklungskonzepte) in die Auswahl der Maßnahmen mit einbezogen. Daneben hängt die Auswahl der Maßnahmen davon ab, ob Ortskenntnisse beim Bearbeiter vorhanden sind und demzufolge eine spezifizierte Aussage über eine geeignete Verbesserungsmaßnahme (z.B. „Entfernung von Sohlsicherungen“, Maßnahme 2.2) getroffen werden kann, oder ob die übergeordnete Maßnahme 2 „Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen“ ausgewählt wird. Als eine wichtige Voraussetzung für die Umsetzung und die Wirksamkeit der Verbesserungsmaßnahmen wird das Vorhandensein eines ausreichenden Gewässerrandstreifens angesehen.

Somit wird für das Fallbeispiel des Wasserkörpers Emsbach überall dort, wo bisher kein Gewässerrandstreifen vorhanden ist, zunächst Grunderwerb vorgesehen. Aus diesem Grund sollte bei der Verortung der Maßnahmen berücksichtigt werden, an welchen Stellen aufgrund der Umsetzung stofflicher Maßnahmen bereits der Erwerb von Gewässerrandstreifen geplant ist. Wenn die Möglichkeit dazu besteht, sollte in diesen Bereichen die Umsetzung morphologischer Maßnahmen vorgesehen werden⁵. Wie in Abbildung 2 ersichtlich ist, wird

⁵ Eine andere Möglichkeit ist es, zunächst die morphologischen Maßnahmen zu verorten, um dann in einem nächsten Schritt Flächen für die Umsetzung der stofflichen Maßnahmen vorzusehen. Um zu klären, welches Vorgehen kosteneffektiver ist, sind jedoch detailliertere Berechnungen notwendig, für welche nicht genügend Informationen vorlagen.

an den Gewässern mit einem Einzugsgebiet > 10 km² nahezu in voller Länge ein Gewässerrandstreifen vorgesehen. Insofern ist ein Flächenerwerb zur Umsetzung der morphologischen Maßnahmen im Wasserkörper Emsbach nicht notwendig. Die Maßnahmen werden an den Gewässern Emsbach und Dombach geplant, da diese beiden Gewässer zum Teil bereits morphologisch wertvolle Gewässerabschnitte aufweisen und das Ziel von 35% demzufolge mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand erreicht werden kann. In diesen Gewässern wird ebenfalls die Herstellung der linearen Durchgängigkeit vorgesehen (vgl. Abbildung E, S. 27, Heftmitte).

Es sind auf ca. 20 km Gewässerstrecke morphologische Verbesserungsmaßnahmen umzusetzen. Auf Grund der mangelnden Detailkenntnisse der Gewässersituation im Wasserkörper Emsbach wird die übergeordnete Maßnahme 2 „Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen“ ausgewählt. Die dafür angegebenen Kosten reichen von 100.000 bis 400.000 €/km (Investitionskosten). Die mittleren Kosten liegen bei 250.000 €/km. Da davon auszugehen ist, dass die Maßnahmen im Bereich der mittleren Abweichungsklasse ausgewählt werden, und da es sich im Einzugsgebiet des Emsbachs im Wesentlichen um mittelgroße Fließgewässer handelt, werden vereinfachend die mittleren Kosten angesetzt. Es fallen somit Kosten in Höhe von 20 km * 250.000 €/km = 5.000.000 € für die Umsetzung morphologischer Verbesserungsmaßnahmen an.

Denkbar wäre auch, das Gewässer durch das Zulassen einer eigendynamischen Entwicklung in den gewünschten Zustand zu überführen. Zusätzlich zu dem Gewässerrandstreifen könnte die Maßnahme „Entfernung von Sicherungen (Entfesselung)“ umgesetzt werden, um die eigendynamische Entwicklung der Gewässer zu ermöglichen. Die Kosten hierfür betragen 10.000 bis 100.000 €/km, im Schnitt 40.000 €/km (Investitionskosten). Im Gegenzug zu den geringeren Kosten ist mit einem längeren Zeitraum bis zum Erreichen des gewünschten Gewässerzustands zu rechnen als bei einer aktiven Umgestaltung ausgewählter Gewässerabschnitte. Eventuell wäre somit eine Fristverlängerung zum Erreichen der Umweltziele nach Artikel 4 WRRL notwendig. Die mittleren Kosten für diese Maßnahme betragen 20 km * 40.000 €/km = 800.000 €.

6.3.2 Durchgängigkeit

Das Ziel dieser Maßnahme ist die Herstellung eines natürlichen Gewässerkontinuums, welches Bedingung für ein intaktes und stabiles Ökosystem ist. Querbauwerke und Verrohrungen müssen so umgestaltet oder entfernt werden, dass die Durchgängigkeit für aquatische Organismen gewährleistet wird und, wenn möglich, ein natürlicher Totholz- und Geschiebetrieb entsteht. Es besteht die Möglichkeit, Maßnahmen mit ökologischer Ausrichtung im Rahmen von Kompensationsmaßnahmen für Eingriffe in Natur und Landschaft zu realisieren. Es sind insgesamt 15 Querbauwerke durchgängig zu gestalten (Abbildung F, S. 28, Heftmitte). Grundsätzlich in Frage kommende Maßnahmen zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit sind in Tabelle 23 aufgeführt.

Tabelle 23: Ausschnitt aus dem Maßnahmenblatt „Hydromorphologie“; Maßnahmengruppe 3 (FIS MAPRO, Hessen, zur Verfügung gestellt durch das Regierungspräsidium Kassel)

3	Herstellung der linearen Durchgängigkeit
3.1	Rückbau Querbauwerk
3.2	Errichtung/Umbau Fischaufstieg
3.3	Nebengewässer durchgängig anbinden

3.4	Errichtung/Umbau Fischabstieg
3.5	Fischschutz
3.6	Öffnung Verrohrung
7	Umgestaltung Durchlass

Aufgrund der nicht vorhandenen Detailkenntnisse über die Querbauwerke in Hessen (das neu erstellte Wanderhinderniskataster mit aktuellen Angaben ist derzeit noch nicht öffentlich einsehbar) wird wiederum pauschal von mittleren Kosten für die Umsetzung der Maßnahme 3 „Herstellung der linearen Durchgängigkeit“ ausgegangen. Demzufolge entstehen für die Herstellung der linearen Durchgängigkeit im Wasserkörper Emsbach durchschnittliche Investitionskosten in Höhe von $15 \text{ Querbauwerke} \cdot 35.000 \text{ €/Stck.} = 525.000 \text{ €}$.

6.3.3 Abschätzung der Maßnahmenwirkungen Modul 4: Struktur und Hydromorphologie von Oberflächengewässern

Die Wirkung der morphologischen Verbesserungsmaßnahmen und der Maßnahmen zur Herstellung der linearen Durchgängigkeit kann analog zur Feststellung des Ist-Zustands anhand der morphologischen Gewässerkennlinie veranschaulicht werden. In Abbildung 3 ist die morphologische Gewässerkennlinie für den Wasserkörper Emsbach vor (Ist-Zustand) und nach Umsetzung der Maßnahmen (Plan-Zustand) dargestellt.

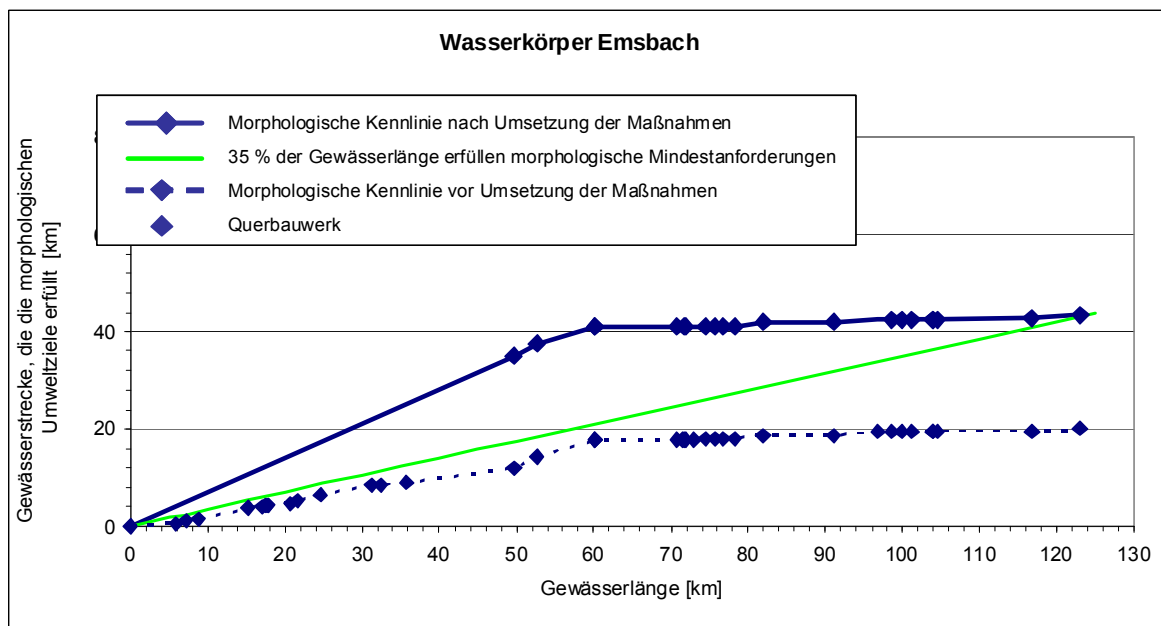


Abbildung 3: Morphologische Gewässerkennlinie für den Wasserkörper Emsbach(Ist- und Plan-Zustand)

7 Bildung und Auswahl der Maßnahmenkombinationen

In diesem Arbeitsschritt wird aus der vorhergehenden Liste möglicher Maßnahmen eine Kombination ausgewählt, mit der alle Handlungsziele erreicht werden und die als die „beste“ Maßnahmenkombination erscheint. Die Kriterien, welche Maßnahmenkombination als „beste“ angesehen wird, können unterschiedlich sein.

Für das Modul 3 „Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern“ wurde die kosteneffektivste Maßnahmenkombination ermittelt. Dies ist möglich, da sich die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen quantifizieren lässt. Die Akzeptanz und Umsetzbarkeit der Maßnahmen ist dabei ebenfalls ein wichtiges Kriterium, welches im Fall des Wasserkörpers Emsbach bereits in einem vorhergehenden Schritt abgeklärt wurde. Als Ziel der Maßnahmenwahl wurde die Einhaltung des Orientierungswertes nach LAWA (2007) für Gesamt-Phosphor von 0,1 mg/l gewählt. Bei einem Jahresabfluss in 2005 von 46.165.946 m³/a ergab sich eine notwendige Frachtreduzierung von ca. 36 t P_{ges}/a, um diesen Orientierungswert zu erreichen. Das Ziel wurde in eine Datenbankabfrage integriert und kann anhand verschiedener Kriterien ermittelt werden. Der Abfragealgorithmus stellt sicher, dass ein Maßnahmenraum nur mit einer Maßnahme belegt werden kann. Werden die kostenwirksamsten Maßnahmen bezogen auf die Phosphorreduktion gesucht, wird in der Datenbank das Kriterium „Spezifische Kosten [Euro/kg]“ abgefragt. Um die Frachtreduzierung von 36 t P_{ges}/a zu erreichen, ist demnach eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen im Einzugsgebiet des Emsbachs notwendig. Neben der Verminderung der Phosphorfrachten bewirken die Maßnahmen auch eine Verringerung der Stickstoffemissionen um ca. 11 t N_{ges}/a. Eine weitere positive Wechselwirkung wird durch die Maßnahme „Errichten von Uferrandstreifen“ erreicht, da diese ebenfalls für die Umsetzung der morphologischen Verbesserungsmaßnahmen notwendig ist und somit in Modul 4 nicht noch einmal zusätzlich ausgewählt werden muss, soweit sie in Modul 3 ausgewählt wird. Die gewählte Maßnahmenkombination für Modul 3 ist in Tabelle 24 dargestellt.

Die Wirkung der hydromorphologischen Maßnahmen (Modul 4) auf die biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL lässt sich nur insoweit quantifizieren, dass vorausgesetzt wird, dass bei Erreichen der „strukturellen Mindestausstattung“ auf 35% der Gewässerstrecke der „gute Zustand“ erreicht werden kann. Die Einzelmaßnahmen werden somit hinsichtlich ihrer Wirksamkeit nicht unterschieden. Die Auswahl kann somit hinsichtlich der Kosten („kostengünstig“) und der Umsetzbarkeit (Akzeptanz) vorgenommen werden. Kosteneffektivität soll zunächst dadurch erreicht werden, dass die Maßnahmen soweit möglich in den Gewässerabschnitten umgesetzt werden, in denen die Abweichung von den morphologischen Mindestanforderungen gering ist und somit zu erwarten ist, dass der Zielzustand sich einfacher und kostengünstiger erzielen lässt als in Gebieten mit starker Abweichung, was häufig in Siedlungen der Fall ist. Eine andere Herangehensweise könnte es sein, zunächst die Querbauwerke umzugestalten, welche die geringsten Kosten verursachen, und darauf aufbauend die Gewässerabschnitte zu ermitteln, die morphologisch aufzuwerten sind, oder den zu erwartenden Aufwand bei der Umgestaltung der Bauwerke mindestens in die Überlegungen mit einzubeziehen. Weitergehende Berechnungen konnten während dieses Vorhabens jedoch nicht durchgeführt werden, da keine ausreichenden Kenntnisse über die einzelnen Querbauwerke und die örtliche Gewässersituation vorliegen. Grundsätzlich wird ein hoher Detaillierungsgrad bei der Maßnahmenplanung aufgrund des hohen Arbeitsaufwandes und der knappen zeitlichen Vorgaben für die Erstellung des ersten Maßnahmenplanes schwer zu erreichen sein.

In Abbildung 4 ist die gewählte Maßnahmenkombination für den Wasserkörper Emsbach dargestellt.

	Modul 3		Modul 4
Handlungsziel	36 tP _{ges.} /a		20 km morph. Mindestanforderungen Umgestaltung von 15 Querbauwerken
Maßnahme	Erweiterung P-Elimination		Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen Herstellung der linearen Durchgängigkeit
	RÜB / Bodenfilter		
	Uferrandstreifen		Uferrandstreifen
	Extensivierung Grünland		

Abbildung 4: Gewählte Maßnahmenkombination für den Wasserkörper Emsbach

Die Jahreskosten für die hier gewählte Maßnahmenkombination für den Wasserkörper Emsbach errechnen sich für Modul 3 zu 3,2 Mio. €/a und für Modul 4 zu 320.000 €/a (aus Gründen der Vergleichbarkeit wurden auch die Kosten für die morphologischen Verbesserungsmaßnahmen in Jahreskosten umgerechnet). Somit entstehen Jahreskosten in Höhe von insgesamt ca. 3,5 Mio. Euro, um den guten Zustand für den Wasserkörper Emsbach zu erzielen.

Tabelle 24: Priorisierung der stofflichen Maßnahmen nach dem Kriterium „spezifische Kosten“ (angenommen wurde jeweils die untere Grenze der Kostenspannweiten)

Gemeinde	P-Frachten Ist-Zustand [t/a]	Maßnahme	P-Fracht-reduzierung [t/a]	P-Frachten nach Maßnahmen [t/a]	Summe P-Fracht-reduzierung [t/a]	Jahreskosten [Euro/a]	spezifische Kosten [Euro/kg]	Summe Jahreskosten [Euro]	N-Fracht-reduzierung [t/a]	Summe N-Fracht-reduzierung [t/a]
Runkel	0,15	ExtGrünland	0,13	0,02	0,13	5.850	45	5.850	0,05	0,05
Glashütten	0,14	ExtGrünland	0,13	0,01	0,26	5.850	45	11.700	0,04	0,09
Niedernhausen	0,23	ExtGrünland	0,21	0,02	0,47	9.750	46	21.450	0,07	0,17
Selters	2,32	ExtGrünland	2,09	0,23	2,56	99.450	48	120.900	0,74	0,91
Hünfelden	4,64	ExtGrünland	4,18	0,46	6,74	198.900	48	319.800	1,49	2,40
Brechen	1,41	ExtGrünland	1,27	0,14	8,01	60.450	48	380.250	0,45	2,85
Weilmünster	0,54	ExtGrünland	0,49	0,05	8,50	23.400	48	403.650	0,17	3,02
Waldems	2,40	ExtGrünland	2,16	0,24	10,66	103.350	48	507.000	0,77	3,79
Idstein	5,47	ExtGrünland	4,92	0,55	15,58	235.950	48	742.950	1,75	5,54
Bad Camberg	3,70	ExtGrünland	3,33	0,37	18,91	159.900	48	902.850	1,19	6,73
Limburg	0,86	ExtGrünland	0,77	0,09	19,68	37.050	48	939.900	0,28	7,00
Hünstetten	2,79	ExtGrünland	2,51	0,28	22,19	120.900	48	1.060.800	0,89	7,90
Villmar	0,57	ExtGrünland	0,51	0,06	22,70	25.350	50	1.086.150	0,18	8,08
Bad Camberg	0,88	Errichtung RÜB/Bofi*	0,66	0,22	23,36	38.766	59	1.124.916	0,50	8,58
Idstein	0,94	Errichtung RÜB/Bofi*	0,61	0,33	23,97	42.525	70	1.167.440	0,51	9,08
Hünfelden	0,55	Errichtung RÜB/Bofi*	0,37	0,18	24,34	31.939	86	1.199.379	0,37	9,45
Waldems	0,41	Errichtung RÜB/Bofi*	0,30	0,11	24,64	26.755	89	1.226.135	0,55	10,00
Hünstetten	0,39	Errichtung RÜB/Bofi*	0,27	0,12	24,91	28.537	106	1.254.672	0,39	10,40
Limburg	0,45	Errichtung RÜB/Bofi*	0,27	0,18	25,18	29.539	109	1.284.211	0,39	10,79
Weilmünster	0,15	Errichtung RÜB/Bofi*	0,06	0,09	25,24	6.950	116	1.291.161	0,03	10,82
Brechen	0,31	Errichtung RÜB/Bofi*	0,22	0,09	25,46	28.355	129	1.319.516	0,33	11,15
Limburg	1,26	Erweiterung P-Elimination	0,95	0,32	26,41	141.750	150	1.461.266	0,00	11,15
Brechen	3,23	Erweiterung P-Elimination	2,42	0,81	28,83	363.375	150	1.824.641	0,00	11,15
Selters	3,59	Erweiterung P-Elimination	2,69	0,90	31,52	403.875	150	2.228.516	0,00	11,15
Hünstetten	4,30	Erweiterung P-Elimination	3,23	1,08	34,75	483.750	150	2.712.266	0,00	11,15
Idstein	2,12	Errichtung P-Elimination	1,59	0,53	36,34	243.500	153	2.955.766	0,00	11,15
Selters	0,37	Errichtung RÜB/Bofi*	0,22	0,15	36,56	38.106	173	2.993.871	0,31	11,46
Glashütten	0,07	Errichtung RÜB/Bofi*	0,04	0,03	36,60	6.950	174	3.000.821	0,03	11,49
Villmar	0,06	Errichtung RÜB/Bofi*	0,03	0,03	36,63	6.950	232	3.007.771	0,03	11,52
Runkel	0,01	Anschluss an Kommunale	0,01	0,00	36,64	3.206	321	3.010.977	0,03	11,54
Glashütten	0,02	Uferrandstreifen	0,01	0,01	36,64	2.326	332	3.013.303	0,00	11,55
Runkel	0,02	Uferrandstreifen	0,01	0,01	36,65	2.585	369	3.015.888	0,00	11,55
Niedernhausen	0,02	Uferrandstreifen	0,01	0,01	36,66	3.858	386	3.019.746	0,00	11,56
Villmar	0,01	Anschluss an Kommunale	0,01	0,00	36,67	4.377	438	3.024.123	0,04	11,59
Weilmünster	0,05	Uferrandstreifen	0,02	0,03	36,69	9.175	459	3.033.298	0,01	11,60
Hünstetten	0,28	Uferrandstreifen	0,10	0,18	36,79	47.399	474	3.080.696	0,06	11,66
Brechen	0,14	Uferrandstreifen	0,05	0,09	36,84	23.963	479	3.104.660	0,03	11,69
Bad Camberg	0,37	Uferrandstreifen	0,13	0,24	36,97	62.993	485	3.167.653	0,08	11,77
Villmar	0,06	Uferrandstreifen	0,02	0,04	36,99	9.692	485	3.177.346	0,01	11,78
Limburg	0,09	Uferrandstreifen	0,03	0,06	37,02	14.647	488	3.191.993	0,02	11,80

*Errichtung RÜB/Bofi: Errichtung von Regenüberlaufbecken oder Retentionsbodenfiltern

8 Nachträgliche Optimierung

Der Schritt der „nachträglichen Optimierung“ sieht vor, für das Modul 3 „Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern“ zu prüfen, ob durch eine andere räumliche Verteilung der Maßnahmen innerhalb eines Bundeslandes Kosten eingespart werden können. Dieser Arbeitsschritt kann am Beispiel eines einzelnen Wasserkörpers (in dem Fall des Wasserkörpers Emsbach) nicht durchgeführt werden.

9 Prüfung auf Ausnahmetatbestände und Priorisierung

Abschließend ist zu prüfen, ob so genannte Ausnahmetatbestände nach Artikel 4 WRRL in Betracht kommen. Die WRRL sieht mehrere Tatbestände vor, bei deren Zutreffen der gute Zustand bzw. das gute ökologische Potential nicht bis 2015 erreicht werden muss. Die beiden wichtigsten sind die Fristverlängerung nach Artikel 4 Abs. 4 und die Festsetzung geringerer Umweltziele nach Artikel 4 Abs. 5 WRRL.

Im Projektgebiet Emsbach können für die Handlungsfelder „Reduzierung stofflicher Belastungen“, „Durchgängigkeit und Vernetzung“ und „Verbesserung der Strukturgüte“ Ausnahmetatbestände relevant werden, weil die Defizite erheblich und folglich die Maßnahmen sehr umfangreich sind, so dass derzeit nicht sicher ist, ob die Umweltziele nach Artikel 4 WRRL bis 2015 zu erreichen sind. Auf der anderen Seite ergeben sich keine Hinweise, dass der „gute ökologische Zustand“ bei entsprechend längeren Fristen nicht erreicht werden kann. Somit stellt sich die Frage nach der Festsetzung geringerer Umweltziele für den Emsbach nicht.

In folgenden Fällen kann die Frist zur Erreichung des guten Zustandes von 2015 um 6 bzw. 12 Jahre⁶ verlängert werden:

1. Eine fristgerechte Erreichung (bis 2015) der Umweltziele ist technisch nicht durchführbar.
2. Sie ist aufgrund von natürlichen Gegebenheiten nicht möglich.
3. Die Kosten einer fristgerechten Erreichung der Umweltziele sind unverhältnismäßig hoch.

Für den Emsbach sind der erste und der letztgenannte Grund einer genaueren Überprüfung zu unterziehen.

Eine fristgerechte Erreichung der Umweltziele könnte unter Umständen aufgrund genehmigungsrechtlicher Vorgaben scheitern. Zudem ist der Zeitraum, der zur Umsetzung der Maßnahmen (von 2009 bis 2012) zur Verfügung steht, recht kurz, demgegenüber steht jedoch eine hohe Anzahl von umzusetzenden Maßnahmen, was zu personellen Engpässen bei den Genehmigungsbehörden führen könnte. Des Weiteren könnte eine Fristverlängerung notwendig sein, sollte in Modul 4 die Maßnahme „Eigendynamische Gewässerentwicklung“ anstelle einer aktiven Umgestaltung umgesetzt werden.

⁶ Falls natürliche Gegebenheiten auch eine Zielerreichung bis 2027 nicht zulassen, ist darüber hinaus eine Verlängerung um jeweils 6 Jahre möglich.

Für die Begründung der gegebenenfalls notwendigen Fristverlängerung ist ein Stufenkonzept zu erstellen, welches für den ersten Maßnahmenplan für alle Handlungsfelder die kostenwirksamsten Maßnahmen benennt und Abschneidekriterien definiert (z.B. Kosten, zeitliche Umsetzung, technische Aspekte). Aus diesen kostenwirksamen Maßnahmen ist nun eine Rangfolge zu erstellen, welche Maßnahmen zuerst umgesetzt werden sollen.

Ein mögliches Vorgehen für den Wasserkörper Emsbach könnte sein, zunächst morphologische Maßnahmen umzusetzen, um mögliche positive Auswirkungen auf die stoffliche Situation der Fließgewässer (z.B. Gewässerrandstreifen, Beschattung) nutzen zu können. Im stofflichen Bereich könnten zunächst die Maßnahmen, die weniger Kosten verursachen und zudem einen Mehrfachnutzen (ebenfalls Gewässerrandstreifen wegen zusätzlicher Stickstoffreduzierung) haben, vorgesehen werden.

Die weiteren Maßnahmenprogramme der zweiten und dritten Stufe sind anhand der nachgeordneten Prioritäten zu beschreiben. Ihre Umsetzung wird aber erst dann zwingend, wenn das zukünftige Monitoring das Verfehlen der Umweltziele bis 2015 tatsächlich bestätigen sollte.

10 Bewertung der Anwendung und Übertragbarkeit des Verfahrens BAS/FORM auf den Wasserkörper Emsbach

In diesem Kapitel wird die Anwendbarkeit der einzelnen Schritte des Verfahrens BASINFORM auf den Wasserkörper Emsbach bewertet.

1. Zustandsbewertung

Die Zustandsbewertung des Oberflächenwasserkörpers Emsbach und der beiden Grundwasserkörper war problemlos durchzuführen, da die Bewertung der Wasserkörper auf Grundlage der Bestandsaufnahme im Rahmen der Umsetzung der WRRL bereits durchgeführt wurde. Zudem wurde in Hessen ein vorgezogenes Monitoring durchgeführt, so dass aktuelle Daten zur Beurteilung der WRRL-relevanten Komponenten vorlagen.

2. Vorauswahl erheblich veränderter und künstlicher Wasserkörper

Für diesen Arbeitsschritt gilt das für Schritt 1 gesagte ebenfalls, da ein Bestandteil der Bestandsaufnahme die Ausweisung erheblich veränderter und künstlicher Wasserkörper war und es somit grundsätzlich möglich ist, eine Einschätzung zu treffen. Der Emsbach ist jedoch weder erheblich verändert noch künstlich, so dass dieser Schritt nicht bearbeitet werden musste.

3. Identifikation der Ursachen

Eine erste Identifikation der Ursachen für eine mögliche Zielverfehlung ließ sich auf Basis der Daten, die in der Bestandsaufnahme erhoben wurden, ebenfalls vornehmen. Diese basiert zum Teil auf Kriterien, die unter Umständen bundesländerspezifisch und möglicherweise verschieden festgelegt wurden. Zur Beurteilung der Kenngröße Phosphor zum Bsp. gibt es Richtwerte (Orientierungswerte), die von der LAWA erarbeitet und die in der Regel einheitlich übernommen wurden. Wird ein solcher Wert überschritten, ist von einer Verfehlung des guten Zustands auszugehen. Die Morphologie eines Gewässers wurde jedoch zum Teil unterschiedlich beurteilt. Die Schwierigkeit lag darin, dass Zusammenhänge zwischen Belastungen und dem Gewässerzustand zum Teil noch unerforscht sind und somit nicht immer eine sichere Aussage über die Ursache einer Zielverfehlung möglich ist. Daher

ist es nötig, Kenngrößen zur Beurteilung heranzuziehen, evtl. Spannweiten anzunehmen, und bestehende Unsicherheiten deutlich zu machen, um möglicherweise im nächsten Planungszyklus gewonnene Erkenntnisse nutzen zu können.

4. Entwicklungsziele, Zielwerte und Handlungsbedarf

Die Festlegung der Entwicklungsziele ist analog zu Schritt 3 auf geltenden Grenzwerten für die unterschiedlichen Belastungsbereiche basiert. Auch zur Bestimmung der Zielwerte und des Handlungsbedarfs lag für den Wasserkörper Emsbach eine gute Datengrundlage vor, die voraussichtlich in den meisten Bundesländern vorhanden ist. Auch in diesem Schritt gilt, dass bestehende Unsicherheiten kenntlich gemacht werden sollten. Für den Wasserkörper Emsbach konnte Schritt 4 problemlos umgesetzt werden.

5. Maßnahmenvorauswahl

Die Grundlage für die Maßnahmenvorauswahl Emsbach basierte für die stofflichen Maßnahmen auf der Grundlage des vorangegangenen Pilotprojektes. In Hessen liegt zudem eine Maßnahmendatenbank, das „Fachinformationssystem Maßnahmenprogramm Hessen“ vor, in der für alle relevanten Belastungsbereiche Maßnahmenkataloge enthalten sind. Auf Grundlage dieser Maßnahmendatenbank konnten morphologische Maßnahmen abgeleitet werden. In den meisten Bundesländern liegen ähnliche Maßnahmenkataloge vor, die eine Auswahl von bekannten und häufig umgesetzten Maßnahmen enthalten. Maßnahmen für unterschiedliche Belastungsbereiche sind in der Regel bekannt – so z.B. die Ertüchtigung von Kläranlagen oder Maßnahmen im Bereich der Landwirtschaft zur Reduzierung von Phosphoreinträgen. Gute Vor-Ortkenntnisse sind von großem Vorteil bei der Auswahl und Verortung der Maßnahmen (z.B. im Bereich Hydromorphologie und Durchgängigkeit). Da diese im Falle der Anwendung auf den Wasserkörper Emsbach nicht vorhanden war, wurden in der Regel übergeordnete Maßnahmen (z.B. „Entwicklung naturnaher Gewässer-, Ufer- und Auenstrukturen“) ausgewählt. Bei einer besseren Ortskenntnis wäre die Auswahl der Maßnahmen u.U. detaillierter ausgefallen.

6. Abschätzung der Maßnahmenwirkung

Die Abschätzung der Maßnahmenwirkung ist ein Bereich, der viele Unsicherheiten enthalten kann. Im Fall des Wasserkörpers Emsbach lagen auf Grundlage des Pilotberichtes Quantifizierungen der Phosphoreinträge auf Gemeindeebene vor. So war es möglich, die Verringerung des Phosphoreintrags durch verschiedene Maßnahmen zu quantifizieren und die Wirkung der Maßnahme auf den Bewirtschaftungsparameter abzuschätzen. Dabei existieren zum Teil jedoch große Unsicherheiten, da Wirksamkeiten von Maßnahmen z.B. durch unterschiedliche Literaturangaben, die zum Teil voneinander variieren, abgeschätzt werden müssen. Außerdem sind nicht für alle Einzugsgebiete Abschätzungen mit einem solchen Detaillierungsgrad vorhanden. Liegen solche detaillierten Angaben nicht vor, sollte wenigstens eine Stoffbilanzierung auf Wasserkörperebene durchgeführt werden, um die Verursacherbereiche ermitteln zu können.

Die Maßnahmenwirkung in Bezug auf die morphologischen Maßnahmen konnte am Emsbach relativ einfach abgeschätzt und durch die in Hessen entwickelte Gewässerkennlinie anschaulich dargestellt werden. Bei der Abschätzung der Maßnahmenwirkung ist grundsätzlich zu beachten, dass trotz der noch bestehenden Unsicherheiten im Bereich von Wirkungszusammenhängen relativ sicher vorauszusagen ist, dass durch die Umsetzung verschiedener Maßnahmen die Entwicklungsziele für die einzelnen Bewirtschaftungs-

parameter (hier Phosphor und Hydromorphologie) erreicht werden, jedoch nicht, ob dies tatsächlich ausreichend für das Erreichen des „guten Zustands“ ist.

7. Bildung von Maßnahmenkombinationen

Die Maßnahmenkombination für den Wasserkörper Emsbach wurde für Modul 3 „Nährstoffe, organische Stoffe und Pflanzenschutzmittel in Oberflächengewässern“ anhand der Kosteneffektivität ermittelt. Dies war gut möglich, da sich die Wirksamkeit der einzelnen Maßnahmen quantifizieren ließ. Akzeptanz und Umsetzbarkeit der Maßnahmen wurden bereits innerhalb des vorangegangenen Pilotprojekts geprüft. Dieser Schritt würde ohne eine vorausgegangene Quantifizierung der Wirksamkeit der Einzelmaßnahmen größere Unsicherheiten enthalten, die entsprechend zu dokumentieren sind. Hinsichtlich der hydromorphologischen Maßnahmen (Modul 4) wird vorausgesetzt, dass bei Umsetzung der „gute Zustand“ erreicht wird. Aufgrund der fehlenden Kenntnisse der Örtlichkeit wurden die hydromorphologischen Maßnahmen nicht mehr hinsichtlich ihrer Wirksamkeit oder Kosten differenziert.

Die Abschätzung der Kosten für den Wasserkörper Emsbach ist mit Unsicherheiten behaftet. Dies ist im Wesentlichen mit Unsicherheiten in der Wirkungsprognose der Maßnahmen, mit der Qualität der Eingangsdaten, mit teilweise nicht mehr aktuellen Literaturangaben (neuere Untersuchungen zur Phosphateliminierung in Kläranlagen, die jedoch zum Zeitpunkt des Projektes noch nicht veröffentlicht waren, lassen wesentlich geringere Kosten erwarten), sowie mit mangelnder Kenntnis der örtlichen Verhältnisse begründet (insbesondere hydromorphologische Maßnahmen). Auch bei diesem Punkt ist es wieder von großer Bedeutung, Unsicherheiten kenntlich zu machen und mit Spannweiten zu arbeiten, wenn keine genauen Kenntnisse vorliegen.

8. „Nachträgliche Optimierung“ und „Prüfung auf Ausnahmetatbestände und Priorisierung“

Zu den Schritten „Nachträgliche Optimierung“ und „Prüfung auf Ausnahmetatbestände und Priorisierung“ konnten anhand des Fallbeispiels Emsbach noch keine umfangreichen Aussagen getroffen werden. Der Arbeitsschritt „Nachträgliche Optimierung“ kann am Beispiel eines einzelnen Wasserkörpers nicht durchgeführt werden. Evtl. wird für den Wasserkörper Emsbach der Ausnahmetatbestand „Fristverlängerung“ relevant, dies war zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung jedoch noch schwer abzuschätzen. Aufgrund der zwischenzeitlich vorliegenden Information in allen Bundesländern, die einen Überblick über die Zustände der Wasserkörper erlauben, wird dieser Punkt auf Grundlage einer besseren Datenbasis abzuarbeiten sein.

11 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der vorliegenden Studie war es, das vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ in einem Kooperationsprojekt mit der Flussgebietsgemeinschaft Elbe und den Bundesländern Thüringen, Sachsen und Sachsen-Anhalt entwickelte Verfahren BASINFORM (Klauer et al. 2008) zur Identifizierung und Priorisierung von Maßnahmen hinsichtlich seiner Übertragbarkeit zu testen und unter dem Aspekt der Wechselwirkung von Maßnahmen weiter zu entwickeln. Als Beispiel wurde der hessische Wasserkörper Emsbach ausgewählt, für den aufgrund eines in den Jahren 2005 und 2006 durchgeführten Pilotprojektes eine ausführliche Datengrundlage zur Verfügung stand und welcher aufgrund seiner Belastungssituation repräsentativ für einen großen Teil der Gewässer in Hessen ist.

Die Zustandsbewertung des Wasserkörpers Emsbach aus der Bestandsaufnahme konnte mit einer erweiterten Datengrundlage aus dem Gewässermonitoring verifiziert werden. Die einzelnen Arbeitsschritte des Verfahrens BASINFORM konnten ohne Anpassungen mit der gegebenen hessischen Datengrundlagen abgearbeitet werden. Die Unterteilung der Ursachen für eine mögliche Zielverfehlung in fünf Module innerhalb des Verfahrens BASINFORM stimmt im Wesentlichen mit der hessischen Vorgehensweise überein. Als Ursachen für die Zielverfehlung wurden am Emsbach insbesondere erhöhte Phosphoreinträge als auch Beeinträchtigungen der Gewässermorphologie und der Durchgängigkeit identifiziert. Die Festlegung von Entwicklungszielen und Zielwerten hat einen großen Einfluss auf die Auswahl der Verbesserungsmaßnahmen. Für die Ermittlung der Entwicklungsziele existieren zum Teil Leitlinien, die alle Bundesländer gleichermaßen betreffen, zum Teil werden bundesländerspezifische Ziele festgelegt. So werden für die Variable Phosphor, welche als Bewirtschaftungsparameter verwendet wird, von der LAWA entsprechende Richtwerte empfohlen. In einer ergänzenden Veröffentlichung wurde detailliert betrachtet, zu welchen Maßnahmen und Kosten unterschiedliche Entwicklungsziele für die Variable Phosphor führen und wie mögliche Wechselwirkungen mit der Gewässermorphologie berücksichtigt werden können.

Als Entwicklungsziel für die Gewässermorphologie wird in Hessen das Erreichen sogenannter „morphologischer Mindestanforderungen“ auf mindestens 35% der Gewässerstrecke gefordert. Anhand einer „morphologischen Gewässerkennlinie“, die neben der Verteilung der morphologisch-ökologisch wertvollen Gewässerabschnitte auch die Querbauwerke in einem Wasserkörper darstellt, können die vorhandenen Defizite, aber auch die Wirksamkeit von morphologischen Maßnahmen veranschaulicht werden.

Für die Ermittlung der Verbesserungsmaßnahmen war das in Hessen im Vorfeld durchgeführte Pilotprojekt Emsbach eine wichtige Grundlage. In Abhängigkeit der Eintragspfade sowie der Akzeptanz und Umsetzbarkeit der jeweiligen Einzelmaßnahmen wurde die Vorauswahl der grundsätzlichen Maßnahmen für den Bewirtschaftungsparameter Phosphor gemeinsam mit einem projektbegleitenden Beirat abgestimmt. Letztlich identifiziert wurden die Maßnahmen zur Verringerung der Phosphoreinträge anhand der Kosteneffektivität. Grundlage für die Ermittlung der hydromorphologischen Verbesserungsmaßnahmen war die Liste möglicher Maßnahmen aus dem hessischen Maßnahmenprogramm FIS MAPRO. Kosteneffektivität wurde dadurch berücksichtigt, dass die Maßnahmen in den Gewässerbereichen verortet werden, die nicht stark von den Zielen abweichen und somit in der Regel einfacher und kostengünstiger morphologisch aufgewertet werden können.

Positive Wechselwirkungen von Maßnahmen wurden durch die Ermittlung der Stickstoffretention durch Maßnahmen zur Verminderung der Phosphoreinträge sowie durch die positive Wirkung sowohl auf die Stoffeinträge als auch auf die morphologischen Bedingungen der Maßnahme „Einrichten eines Gewässerrandstreifens“ berücksichtigt.

Unsicherheiten bestehen bei der Kostenermittlung wie auch bei der Wirkungsprognose der Maßnahmen. So werden Uferrandstreifen in der Fachliteratur Retentionswirkungen für Phosphor in einer Spannweite von 0% bis 35% zugeschrieben. Die Wirkung der hydromorphologischen Maßnahmen auf die biologischen Qualitätskomponenten nach WRRL lässt sich nur insoweit quantifizieren, dass vorausgesetzt wird, dass bei Erreichen der „strukturellen Mindestausstattung“ auf 35% der Gewässerstrecke der „gute Zustand“ erreicht werden kann. Ob die morphologischen Verbesserungsmaßnahmen als Grundlage für das

Erreichen des „guten Zustands“ ausreichen, wird das Monitoring nach der Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen zeigen müssen. Die innerhalb der vorliegenden Arbeit ermittelten Kosten beruhen hinsichtlich der morphologischen Verbesserungsmaßnahmen auf der Annahme der jeweils mittleren Kosten, was u.a. darin begründet ist, dass keine Vor-Ort-Kenntnis vorlag und somit vorgeschlagene Maßnahmen in der Praxis zum Teil höhere oder auch niedrigere Kosten verursachen können. Zur Verminderung der Phosphorfrachten in die Gewässer wurde die Maßnahme „Extensivierung von Grünland“ als die kostengünstigste identifiziert. Zwischenzeitlich liegen in Hessen neuere Untersuchungen vor, die zu der Einschätzung führen, dass die Maßnahme „Erweiterung der Phosphor-Elimination auf Kläranlagen“ möglicherweise deutlich geringere Kosten verursacht als bisher erwartet. Diese Ergebnisse wurden jedoch noch nicht veröffentlicht und konnten daher innerhalb dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Unter Umständen verringern sich dadurch die Gesamtkosten zur Umsetzung der Verbesserungsmaßnahmen für den Wasserkörper Emsbach.

Die Prüfung auf Ausnahmetatbestände nach Artikel 4 WRRL führt für den Emsbach zu der Einschätzung, dass möglicherweise eine Fristverlängerung notwendig wird. Ob ein Ausnahmetatbestand mit den entstehenden Kosten begründet werden kann, kann innerhalb des Projektes nicht beurteilt werden. Weitere Kenntnisse sind hierfür notwendig, wie z.B. die Kosten, die in anderen Wasserkörpern entstehen oder die Gesamtkosten zur Umsetzung der Anforderungen der WRRL für das Bundesland Hessen (vgl. Ammermüller et al. 2008).

Es lässt sich abschließend festhalten, dass sich das Verfahren BASINFORM, das ursprünglich mit dem Fokus auf die spezifische Situation in Thüringen entwickelt wurde, problemlos auf den hessischen Wasserkörper Emsbach übertragen ließ. Bei der Bearbeitung und Diskussion der Ergebnisse stellte sich zudem heraus, dass insbesondere der Faktor Unsicherheit von großer Bedeutung für den Planungsprozess ist. Unsicherheiten betreffen z.B. die Eingangsdaten, Zielwerte, die Wirksamkeit von Maßnahmen, Kosten, und sollten durchweg z.B. durch die Verwendung von Spannweiten kenntlich gemacht werden. Priorität bekommen in der Regel Maßnahmen, bei denen vor allem die Wirksamkeit weitgehend bekannt oder bestimmbar ist. Grundsätzlich muss die Zeit bis zum nächsten Zyklus (2015-2021) genutzt werden, um die Forschung voran zu treiben und ein zielgerichtetes Monitoring durchzuführen, um Unsicherheiten zu verringern oder zu beheben und so im nächsten Zyklus effizienter vorgehen zu können. Das Monitoring sollte auf die Quantifizierung von Wechselwirkungen ausgerichtet werden, um eine bessere Belastbarkeit der Datengrundlagen zu bekommen und Einsparpotentiale genauer beziffern zu können.

Die WRRL sieht sechsjährige Zyklen vor; die zur Verfügung stehende Zeit kann und sollte zielgerichtet genutzt werden, um die Wirksamkeit und Wechselwirkungen von Maßnahmen zu quantifizieren. Besonders bei dem Zusammenhang zwischen stofflichen und biologischen Komponenten besteht noch Forschungsbedarf. Es wäre z.B. zu prüfen, inwieweit Gütemodelle zur Berücksichtigung von Wechselwirkungen zwischen morphologischen und stofflichen Komponenten entwickelt und zielführend eingesetzt werden können. Bessere und abgesicherte Informationen helfen bei der Priorisierung und Umsetzung von Maßnahmenprogrammen.

12 Literatur

- Ammermüller, B., Fälsch, M., Holländer, R., Klauer, B., Sigel, K., Mewes, M., Bräuer, I., Grünig, M., Ehlers, M.-H. & Borchardt, D. (2009): *Entwicklung einer Methodik zur nicht-monetären Kosten-Nutzen-Abwägung im Umsetzungsprozess der EG-Wasserrahmenrichtlinie*. Abschlussbericht eines Projektes für das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, das Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland Pfalz und das Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt des Freistaates Thüringen
- ATV (Abwassertechnische Vereinigung) (1992): Arbeitsblatt 128 – Richtlinie für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischkanälen. St. Augustin.
- ATV (1997): Biologische und weitergehende Abwasserbehandlung, 4. Auflage; Berlin.
- ATV-DVWK (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) (2003): Leitfaden Nr. 2-13 Betrieb von Abwasseranlagen; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser. Landesverband Bayern, München.
- BfG (Bundesanstalt für Gewässerkunde) (2003): Bedeutung der Nebenflüsse für den Feststoffhaushalt der Elbe, BfG-Bericht Nr. 1382.
- Banning, M. (2007): Defizitanalyse Saprobie & Trophie, Auswertung Monitoringergebnisse. Präsentation im Rahmen einer Arbeitsgruppensitzung, Stand August 2007.
- Bock, A. (1992): Differenzierte Landnutzung aus wasserwirtschaftlicher Sicht – Konzeption und Planungen. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 33, S. 216-221.
- Born, W. (1997): Bodenfilterbecken – eine sinnvolle Ergänzung zur konventionellen Regenwasserbehandlung? In: Wasser-Abwasser-Abfall, Schriftenreihe Gesamthochschule Kassel, Bd. 18, Kassel.
- Brombach, H. & Michelbach, S. (1998): Abschätzung des einwohnerbezogenen Nährstoffausstrags aus Regenentlastungen im Einzugsgebiets des Bodensees (Studie). In: Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee/IGKB-Berichte Nr. 49. Blaue Berichte.
- Diekmann, M., Dußling, U., & Berg, R. (2006): Handbuch zum fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer (FIBS). LAWA-Projekt O 1.04 und Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg; (in Zusammenarbeit mit dem VDFF-Arbeitskreis „Fischereiliche Gewässerzustandsbewertung“).
- Dußling, U. & Blank, S. (2004): Software-Testanwendung zum Entwurf des Bewertungsverfahrens im Verbundprojekt: Erforderliche Probenahmen und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Fließgewässern anhand der Fischfauna gemäß WRRL. Webseite der Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg: www.LVVG.bwl.de/FSS.
- Dußling, U. et al. (2004): Handbuch zum fischbasierten Bewertungssystem für Fließgewässer (FIBS). Hinweise zur Anwendung. Fischereiforschungsstelle Baden-Württemberg. Langenargen. gefördert durch: LAWA. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg.

- Dußling, U. et al. (2005): Entwurf eines fischbasierten Bewertungssystems für Fließgewässer (FIBS) – Kurzbeschreibung. Erarbeitet für das Verbundprojekt: Erforderliche Probenahmen und Entwicklung eines Bewertungsschemas zur ökologischen Klassifizierung von Flüssen anhand ihrer Fischbestände gemäß WRRL.
- Europäische Gemeinschaften (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Nr. L 327/1, vom 22.12.2000.
- Europäische Kommission (2003): CIS Leitfaden Nr. 2 A, Generelle Vorgehensweise für die Einstufung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials (ECOSTAT). November 2003.
- Europäisches Parlament & Europäischer Rat (2006): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Europäischen Rates zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung. Amtsblatt L 372 vom 27.12.2006, 19-31.
- Fabis, J. (1995): Retentionsleistung von Uferstreifen im Mittelgebirgsraum. Dissertation Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Landeskultur, Boden und Landeskultur.
- Grünebaum, T. (1993): Stoffbezogene Kosten der kommunalen Abwasserreinigung. In: 26. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft, GWA Bd. 139, Aachen.
- Günther, F.W. & Reicherter, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserentsorgung, Oldenbourg-Industrieverlag, München.
- Haycock, N. E., Pinay, G. & Walker, C. (1993): Nitrogen Retention in River Corridors: European Perspective. *Ambio* Vol. 22 (6), S. 340-346.
- HMULF (Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten) (1999): Gewässerstrukturgüte Informationssystem (GESIS) – landesweite Gewässerstrukturgütekartierung. Wiesbaden.
- HMULF (2002): Verordnung über pauschale Investitionszuweisungen zum Bau von Abwasseranlagen. Wiesbaden.
- HMULV (Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz) (2007A): Umsetzung der WRRL in Hessen – Pilotprojekt: „Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen unter Berücksichtigung der Umweltziele und Ausnahmen nach Artikel 4 WRRL anhand ausgewählter Wasserkörper im hessischen Teil des Bearbeitungsgebiets Mittelrhein – Fallbeispiel Emsbach“. Abschlussbericht.
- HMULV (2007B): Umsetzung der WRRL in Hessen – Pilotprojekt: „Ableitung von Prioritäten bei Maßnahmen zur Verbesserung der aquatischen Durchgängigkeit in Gewässersystemen des Koordinierungsraumes Fulda/Eder/Schwalm“. Abschlussbericht.
- Klauer, B., Mewes, M., Dienes, H. & Lagemann, T. (2008): BASINFORM – Verfahren zur Aufstellung von Maßnahmenprogrammen nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. In: Klauer, B., Rode, M. & Petry, D. (Hrsg.): Flussgebietsmanagement nach EG-Wasserrahmenrichtlinie. Metropolis-Verlag, Marburg, S. 301-360.
- Land-Pflege-RL (1991): Gemeinsames Arbeitsblatt des Landes Baden-Württemberg Nr.4/39 vom 8. Februar 1991: Richtlinie des Umweltministeriums und des Ministeriums

Ländlicher Raum für die Gewährung von Zuwendungen für Maßnahmen der Biotop und Landschaftspflege, des Artenschutzes und der Biotopgestaltung, für Nutzungsbeschränkungen aus Gründen des Naturschutzes und für die Biotopvernetzung (Landschaftspflegeleitlinie).

- LAWA (2007): Hintergrund- und Orientierungswerte für physikalisch-chemische Komponenten. LAWA-AO, Rahmenkonzeption Monitoring, Teil B: Bewertungsgrundlagen und Methodenbeschreibungen. Stand: März 2007.
- Mewes, M. (2006): Die volkswirtschaftlichen Kosten einer Stoffausträge in die Ostsee minimierenden Landnutzung. Diss. Uni Greifswald, Shaker-Verlag, Aachen.
- MUNLV (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen) (2003): Retentionsbodenfilter – Handbuch für Planung, Bau und Betrieb. Düsseldorf.
- Raderschall, R., Behrendt, H., Frielinghaus, Mo., Pagenkopf, W. & Winnige, B. (1997): Ein modulares Konzept zur variablen Gestaltung von Gewässerrandstreifen – 1. Teil: Grundlagen. Z. f. Kulturtechnik und Landentwicklung 38, S. 76-81.
- Richter, S., Funke, M., Borchardt, D., Klauer, B. & Mewes, M. (2009): Phosphorbelastung von Fließgewässern – Einfluss unterschiedlicher Zielwerte auf die Priorisierung und Kosten von Maßnahmen. Wasser und Abfall Heft 1-2, S. 45-50.
- UBA (Umweltbundesamt) (2002): Kosten-Wirksamkeitsanalyse von nachhaltigen Maßnahmen im Gewässerschutz; erstellt vom Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe, im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 12/02. Berlin.
- UBA (Interwies, E., Kraemer, R.A., Kranz, N., Görlach, B., Dworak, T., Borchardt, D., Richter, S., Willecke, J.) (2004): Grundlagen für die Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen zur Aufnahme in das Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie – Handbuch. UBA-Texte 02/04. Berlin.