



Ruhr Universität Bochum  
Wirtschaftswissenschaft  
Wirtschaftspolitik III

Bauhaus-Universität Weimar  
Bauingenieurwesen  
Siedlungswasserwirtschaft



# **Identifizierung der kosteneffizienten Maßnahmen bezüglich der Gewässerbelastung mit Schadstoffen zur Erfüllung der EG- Wasserrahmenrichtlinie unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen – Beispiel Rur**

**Schlussbericht  
Aktenzeichen  
IV-9-042 049 0010**

**Bearbeitung:** Prof. Dr. H. Karl,  
Prof. Dr.-Ing. J. Londong  
Prof. Dr.-Ing. W. F. Geiger  
Dipl.-Ing. P. Meyer  
Dipl.-Ing. S. Meusel

**Bochum, Dezember 2006**

## Inhalt

<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>vii</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Veranlassung	1
1.2 Ziel des Projektes und Vorgehensweise	2
1.3 Projektbearbeitung	4
<b>2 Methodische Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1 Maßnahmen gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie	5
2.2 Kosteneffizienz	8
2.3 Arbeitsmethodik zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmen	10
2.4 Berücksichtigung von Unsicherheiten	16
<b>3 Datengrundlage im Untersuchungsgebiet</b>	<b>20</b>
3.1 Allgemeine Beschreibung	20
3.2 Bestandsaufnahme	21
3.3 Umweltqualitätsziele und Emissionsgrenzwerte	22
3.4 Abflussdaten	23
3.5 Modellhintergrund von MOBINEG	25
3.6 Bilanzierung der Stoffeinträge	25
3.6.1 Einteilung von Bewirtschaftungseinheiten	25
3.6.2 Stickstoff und Phosphor	28
3.6.3 Atrazin, Diuron und Chloridazon	33
3.6.4 Blei, Cadmium und Zink	36
3.7 Baseline Scenario der wirtschaftlichen Analyse	40
<b>4 Technische Maßnahmen</b>	<b>43</b>
4.1 Vorbemerkungen	43
4.2 Maßnahmenkatalog	44
4.2.1 Einzelmaßnahmen	44
4.2.2 Mesoskalige Maßnahmengruppen	49

---

4.2.3	Anwendung der Katalogwerte	49
<b>5</b>	<b>Mesoskalige Anwendung der Arbeitsmethodik</b>	<b>53</b>
5.1	Vorbemerkungen	53
5.2	Schritt I	53
5.2.1	Auswertung der Bestandsaufnahme	53
5.2.2	Quantifizierung der Belastungsquellen	55
5.2.3	Berücksichtigung geplanter Maßnahmen	58
5.2.4	Auswirkungen des Baseline Szenarios	58
5.3	Schritt II	61
5.3.1	Defizitanalyse zu wasserrechtlichen Bescheiden	61
5.3.2	Defizitanalyse zu EG-Richtlinien und Abkommen	63
5.3.3	Identifizierung von Maßnahmen der Priorität I	66
5.3.4	Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen	69
5.3.5	Identifizierung verbleibender Defizite	70
5.4	Schritt III	74
5.4.1	Auswahl von Maßnahmengruppen	74
5.4.2	Abschätzung offensichtlicher Ausnahmetatbestände	76
5.5	Schritt IV	76
5.5.1	Kosteneffiziente Kombinationen von Maßnahmengruppen	76
5.5.2	Weitergehende Prüfung von Ausnahmetatbeständen	78
5.5.3	Vorschlag zur Vorrangigkeit von Maßnahmen	78
<b>6</b>	<b>Anwendung der Arbeitsmethodik im TEZG Inde</b>	<b>81</b>
6.1	Schritt I	81
6.1.1	Berücksichtigung geplanter Maßnahmen	81
6.1.2	Auswirkungen des Baseline-Szenarios	84
6.2	Schritt II	85
6.3	Schritt III	86
6.4	Schritt IV	86
6.5	Schritt V	88
<b>7</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>89</b>

<b>8</b>	<b>Methodik zur Identifizierung technischer Maßnahmen</b>	<b>93</b>
<b>9</b>	<b>Literatur</b>	<b>98</b>

---

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Gruppierung von Parametern zu Parametergruppen	17
Tabelle 2-2:	Vorrangfaktoren $f_v$ von Parametergruppen	18
Tabelle 3-1:	Zuordnung der projektrelevanten Parameter nach EG-WRRL	23
Tabelle 3-2:	Umweltqualitätsziele und Emissionsgrenzwerte der projektrelevanten Stoffe	24
Tabelle 3-3:	Übersicht Bewirtschaftungseinheiten	27
Tabelle 3-4:	Flächenanteile der Landnutzungskategorien	28
Tabelle 3-5:	Klassen der Erosionsgefährdung	29
Tabelle 3-6:	Berechnungsergebnisse der Nährstofffrachten je TEZG	30
Tabelle 3-7:	Berechnungsergebnisse der Nährstoffbelastungen für N und P im Rur-Einzugsgebiet mit MOBINEG	31
Tabelle 3-8:	Vergleich bilanzierter Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet	32
Tabelle 3-9:	Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Chloridazon und Diuron	35
Tabelle 3-10:	Mittlere Pb-, Cd- und Zn-Gehalte der Böden im Stolberger Raum nach (SCHNEIDER, 1982)	37
Tabelle 3-11:	Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Cadmium	38
Tabelle 3-12:	Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Blei	38
Tabelle 3-13:	Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Zink	39
Tabelle 3-14:	Vergleich der bilanzierten und gemessenen Schwermetallkonzentrationen	40
Tabelle 3-15:	Prognose der Frachten industrieller Direkteinleiter (Staatliches Umweltamt Aachen, 2005)	41
Tabelle 3-16:	Prognose der Frachten kommunaler Einleiter (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005)	41

---

Tabelle 3-17:	Frachten aus Regenwasserabflüssen 2002 und Prognose für 2015 (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005)	42
Tabelle 4-1:	Einzelmaßnahmen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden	46
Tabelle 4-2:	Zusammensetzung der Maßnahmengruppen	50
Tabelle 4-3:	Maßnahmengruppen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden	52
Tabelle 5-1:	Defizitäre Wasserkörper in Bezug auf projektrelevante Stoffe im Rur-EZG (Staatliches Umweltamt Aachen, 2005)	56
Tabelle 5-2:	Übersicht über die im Baseline-Szenario betrachteten Maßnahmen	58
Tabelle 5-3:	Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt I	60
Tabelle 5-4:	Wasserrechtliche Bescheide mit gefordertem Handlungsbedarf im Rur-Einzugsgebiet	62
Tabelle 5-5:	Mögliche Maßnahmen der Priorität I zu wasserrechtlichen Bescheiden	67
Tabelle 5-6:	Mögliche Maßnahmengruppen der Priorität I im Rur-Einzugsgebiet	68
Tabelle 5-7:	Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen Priorität I	71
Tabelle 5-8:	Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt II	72
Tabelle 5-9:	Mögliche defizitäre Wasserkörper in Bezug auf projektrelevante Stoffe im Rur-EZG nach Schritt II	73
Tabelle 5-10:	Mögliche Maßnahmengruppen mit Prüfung auf Priorität II im Rur-Einzugsgebiet	75
Tabelle 5-11:	Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen mit Prüfung auf Priorität II	77
Tabelle 5-12:	Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt IV	79

---

Tabelle 5-13:	Mögliche Vorrangigkeit von Maßnahmen der Priorität II	80
Tabelle 6-1:	Relevante Maßnahmen aus Abwasserbeseitigungskonzepten und Verbandsübersichten	83
Tabelle 6-2:	Tabellarische Zusammenfassung der Ausgangssituation und Frachten nach Schritt I im Inde-Einzugsgebiet:	85
Tabelle 6-3:	Mögliche Maßnahmen der Priorität I im Inde- Einzugsgebiet	86
Tabelle 6-4:	Mögliche Maßnahmen der Priorität II im Inde- Einzugsgebiet	87
Tabelle 6-5:	Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen der Priorität II	88
Tabelle 6-6:	Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen im Inde-EZG	88

---

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Arbeitsschema zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen im Projekt	15
Abbildung 3-1: Geografische Einordnung des Untersuchungsgebietes (Staatliches Umweltamt Aachen, 2004)	20
Abbildung 3-2: Wasserkörperereinzugsgebiete und Bearbeitungsgrenzen	26
Abbildung 3-3: Lage der Bewirtschaftungseinheiten	27
Abbildung 4-1: Vorgeschlagenes Maßnahmenprinzip	44
Abbildung 6-1: Schematische Darstellung der Bewirtschaftungseinheit Inde	82
Abbildung 8-1: Modifiziertes Arbeitsschema zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen	97



# 1 Einleitung

## 1.1 Veranlassung

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme der Gewässer Nordrhein-Westfalens aus dem Jahr 2004 zeigen eine erhebliche anthropogene Beeinflussung der meisten Oberflächengewässer, für die deshalb das Erreichen eines „guten Zustandes“ im Sinne der EG-Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) (EG-WRRL) unwahrscheinlich oder unklar erscheint. Hauptgründe sind:

- die häufig veränderte Hydromorphologie,
- die Befrachtung der Gewässer mit Nährstoffen aus punktuellen und diffusen Einleitungen,
- die Grenzwertüberschreitungen bei einigen prioritären Stoffen nach EG-WRRL sowie weiteren Schadstoffen (u.a. Pestizide und Schwermetalle)

Aufgrund dieser Indizien lässt sich schlussfolgern, dass eine signifikante Anzahl von Maßnahmen notwendig ist, um das Umweltziel der EG-Wasserrahmenrichtlinie zu erreichen oder sich diesem zumindest anzunähern. Gemäß EG-WRRL müssen diese Maßnahmen als "in Bezug auf die Wassernutzung kosteneffizienteste Kombinationen" in das Maßnahmenprogramm einer Flussgebietseinheit oder eines Teiles einer Flussgebietseinheit aufgenommen werden. Die Maßnahmenprogramme sind bis Ende des Jahres 2009 aufzustellen, sodass bereits heute eine konkrete Vorstellung über mögliche und sinnvolle Maßnahmen sowie deren Wirksamkeit und Kosten bzw. über eine Methodik zur Identifizierung der kosteneffizienten Kombinationen gewonnen werden muss. Nur so können die Maßnahmen im Hinblick auf das Erreichen des „guten“ Gewässerzustandes termingerecht umgesetzt werden.

Ziel des vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Vorhabens „Auswahl von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung zur Erfüllung der EG-WRRL – Beispiel Lippe“ (kurz: "Lippe-Projekt") war die Entwicklung einer einfachen und praktikablen Vorgehensweise für die Ableitung von Maßnahmen im Sinne der EG-WRRL auf der Basis von Teileinzugsgebieten von Flussgebietseinheiten. Zudem wurde die Bedeutung von Umwelt- und Ressourcenkosten bei der Auswahl von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen untersucht (LONDONG et al., 2005b).

Das Projekt wurde von Juni bis November 2004 durch die Lehrstühle Siedlungswasserwirtschaft der Universitäten Duisburg-Essen und Weimar sowie das Ruhr-Forschungsinstitut für Innovations- und Strukturpolitik (RUFIS) der Ruhr-Universität Bochum bearbeitet. In Anlehnung und in Weiterentwicklung des von

(BORCHARDT ET AL., 2004) vorgelegten, auf die Berichterstatterebene bezogenen Vorschlag konnte eine Systematik für die Teileinzugsgebietsebene entwickelt werden, kosteneffiziente Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen zu identifizieren. Für die Lippe wurde diese Systematik für die Parameter „Chlorid“ und „Temperatur“ erfolgreich angewendet. Zudem wurde ein Maßnahmenkatalog erarbeitet, der sowohl Funktionen für die Wirksamkeit im Gewässer als auch Betriebs- und Investitionskostenfunktionen enthält (LONDONG et al., 2005b).

Die im "Lippe-Projekt" erarbeitete Methodik stellte einen Weg dar, auf Ebene der Wasserkörper kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen bei feststehenden Zielen zu ermitteln. Das "Lippe-Projekt" zeigte, dass eine solche Methodik mit sehr hohem Aufwand verbunden ist und angepasst werden sollte.

Der vorliegende Abschlussbericht des Projektes "Identifizierung der kosten-effizienten Maßnahmen bezüglich der Gewässerbelastung mit Schadstoffen zur Erfüllung der EG-Wasserrahmenrichtlinie unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen – Beispiel Rur" (kurz: "Rur-Projekt") baut auf den Ergebnissen des "Lippe-Projektes" auf und verwendet im Hinblick auf die Aufstellung der Maßnahmenprogramme die dort entwickelte Methodik, um sie hinsichtlich verschiedener Problemstellungen zu ergänzen.

Insbesondere für die Überprüfung der Übertragbarkeit der Methodik ist die Untersuchung in einem Gebiet sinnvoll, das verschiedene güte- und strukturspezifische Defizite aufweist und zum Teil von der Datenlage her nicht vollständig dokumentiert ist. Daher wurde für die Anwendung der modifizierten Methodik das Bearbeitungsgebiet der Rur ( $A_E$  von ca. 2370 km<sup>2</sup>, ein Teileinzugsgebiet der Maas) ausgewählt. Dieses Gebiet ist den Bearbeitern aus anderen Untersuchungen gut bekannt und die Daten sind zugänglich.

## **1.2 Ziel des Projektes und Vorgehensweise**

Von den Auftragnehmern des Projektes wurde ein Vorschlag für die Verbesserung der im Projekt „Auswahl von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung zur Erfüllung der EG-WRRRL – Beispiel Lippe“ (LONDONG et al., 2005b) entwickelten Methodik erwartet. Für die Erhöhung der Praktikabilität sowie für eine Verminderung des Aufwandes sollte daher eine Reihe von Veränderungen vorgenommen werden.

Die Einführung einer Priorisierung innerhalb der grundlegenden Methodik sollte dazu dienen, die Bewirtschaftungsziele und die zu ihrer Erreichung notwendigen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Bedeutung und Möglichkeit der Realisierung einer Rangfolge zuzuführen. Eine wesentliche Aufgabe der Erarbeitungen war es somit, allgemein gültige Kriterien für die Priorisierung von Bewirtschaftungszielen zu entwickeln, mit denen die Maßnahmen für die Erreichung des guten Zustandes in

Gewässern ermittelt werden können. In diesem Zusammenhang soll die Methodik auch eine Hilfestellung für die Begründung von Ausnahmen liefern können.

Die im "Lippe-Projekt" entwickelte Vorgehensweise sollte ebenfalls hinsichtlich folgender Aspekte verbessert werden:

- Abschätzung der Wirksamkeiten der Parameter auf den guten Gewässerzustand,
- stärkere zeitliche Betrachtung,
- Berücksichtigung von Unsicherheiten bei Kosten und Wirkungen,
- Gruppierung von Parametern

Ferner war zu überlegen, wie detailliert technische Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen erarbeitet und kombiniert werden. Dabei bot sich an, eine variable Betrachtung der Maßnahmenebenen und eine geeignete Aggregation der Maßnahmen vorzunehmen.

Eine dementsprechende Untersuchung wurde im Rur-Einzugsgebiet exemplarisch für die Defizitparameter Stickstoff, Phosphor, die Schwermetalle Cadmium, Blei, Zink sowie die Pflanzenschutzmittel Atrazin, Diuron und Chloridazon (s. Protokoll 19.09.2005) angewendet.

Im Rahmen der Untersuchungen sollten folgende Punkte bearbeitet werden (gemäß geändertem (PROJEKTAUFTRAG KURZFASSUNG, 19.09.2005)):

1. Auswertung der Bestandsaufnahme zur Identifizierung der signifikanten Belastungsquellen mit Einfluss auf die betrachteten gütespezifischen Problemstellungen
2. Festlegung der Zielgrößen zur Kennzeichnung des „guten Zustandes“ für die betrachteten Stoffparameter unter kritischer Würdigung der Vorgaben des Unterliegers (Niederlande)
3. Identifizierung und Katalogisierung von Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen für die Vermeidung bzw. Reduzierung der Stoffeinträge unter Berücksichtigung der Vorschläge von (BORCHARDT ET AL., 2004)
4. Einschätzung der Wirkung von Maßnahmenkombinationen auf die gütespezifischen Problemstellungen im Hinblick auf das Erreichen des „guten Gewässerzustandes“

### 1.3 Projektbearbeitung

Die Bearbeitung des Vorhabens erfolgte durch den Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik III der Ruhr-Universität Bochum (Herrn Prof. Karl, Frau Meyer), durch die Professur Siedlungswasserwirtschaft der Bauhaus-Universität Weimar (Herrn Prof. Londong und Herrn Meusel) sowie Herrn Prof. Geiger.

Das Projekt wurde durch eine Arbeitsgruppe unter Federführung des Staatlichen Umweltamtes Aachen aktiv begleitet. Diese Arbeitsgruppe bestand aus folgenden Mitgliedern:

- Herr vom Kothen            Staatliches Umweltamt (StUA) Aachen  
  (ab 01.01.2007 Geschäftsstelle Bezirksregierung Köln)
- Herr Kalinka                 Staatliches Umweltamt (StUA) Aachen  
  (ab 01.01.2007 Geschäftsstelle Bezirksregierung Köln)
- Herr Pütz                     Staatliches Umweltamt (StUA) Aachen  
  (ab 01.01.2007 Geschäftsstelle Bezirksregierung Köln)
- Herr Dr. Jörrrens            Wasserverband Eifel-Rur (WVER)
- Herr Hoppmann              Wasserverband Eifel-Rur (WVER)

Die Arbeitsgruppe brachte eine Vielzahl von Ideen in die Projektbearbeitung ein.

Die letztlich ausgearbeiteten Vorschläge basieren auf den abgeleiteten Erkenntnissen der Autoren.

## 2 Methodische Grundlagen

### 2.1 Maßnahmen gemäß EG-Wasserrahmenrichtlinie

Gemäß Art. 11 der EG-WRRL hat jeder Mitgliedsstaat dafür zu sorgen, dass für jede Flussgebietseinheit oder für den in sein Hoheitsgebiet fallenden Teil einer internationalen Flussgebietseinheit ein Maßnahmenprogramm festgelegt wird, um die Ziele der Richtlinie (2000/60/EG) zu erreichen. Diese Maßnahmenprogramme sollen so genannte "grundlegende" und "ergänzende" Maßnahmen enthalten.

"Grundlegende" Maßnahmen sind laut EG-WRRL die zu erfüllenden Mindestanforderungen mit den nachfolgenden Handlungsschwerpunkten:

- Umsetzung bestehender gemeinschaftlicher Wasserschutzvorschriften und der Tochterrichtlinien der EG-WRRL (Prioritäre Stoffe, Grundwasser)
- Schrittweise Verringerung der Verschmutzung von Oberflächengewässern durch prioritäre und weitere Stoffe, welche die Erreichung der Ziele der EG-WRRL verhindern würden
- Verhinderung der Freisetzung signifikanter Mengen an Schadstoffen aus technischen Anlagen und Vorbeugung unerwarteter Verschmutzungen, wie etwa bei Überschwemmungen
- Schutz der Wasserqualität und -quantität bei Gewässern zur Trinkwassergewinnung
- Begrenzungen von hydromorphologischen Belastungen
- Entnahmebegrenzungen von Oberflächensüß- und Grundwasser und Begrenzung der Aufstauung von Oberflächensüßwasser
- Begrenzungen von künstlichen Anreicherungen oder Auffüllungen von Grundwasserkörpern und Verbot einer direkten Einleitung von Schadstoffen in das Grundwasser
- Verbot oder Emissionsbegrenzungen für Schadstoffe aus Punktquellen und diffusen Quellen
- Kostendeckung der Wasserdienstleistungen und Förderung einer effizienten Wassernutzung

Zur Umsetzung bestehender gemeinschaftlicher Wasserschutzvorschriften sind die folgenden Richtlinien und Gesetze zu berücksichtigen:

#### Emissionsseitig:

- Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (91/271/EWG)
- Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (96/61/EG)

- Grenzwerte und Qualitätsziele für Cadmiumableitungen (83/513/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen außer Alkalichloridelektrolyse (84/156/EWG) und aus der Alkalichloridelektrolyse (82/176/EWG)
- Verhütung und Verringerung der Umweltverschmutzung durch Asbest (87/217/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für die Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe (86/280/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von Hexachlorcyclohexan (84/491/EWG)

#### Immissionsseitig:

- Nitratrichtlinie (91/676/EWG)
- Richtlinie über Badegewässer (76/160/EWG)
- Richtlinie über Muschelgewässer (79/923/EWG)
- Trinkwasserrichtlinie (80/778/EWG) in der durch die Richtlinie (98/83/EG) geänderten Fassung
- Verschmutzung infolge Ableitung gefährlicher Stoffe (76/464/EWG)
- Fischgewässerrichtlinie (78/659/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für Cadmiumableitungen (83/513/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen außer Alkalichloridelektrolyse (84/156/EWG) und aus der Alkalichloridelektrolyse (82/176/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für die Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe (86/280/EWG)
- Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von Hexachlorcyclohexan (84/491/EWG)

#### Administrative Richtlinien:

- Richtlinie über schwere Unfälle (Sevesorichtlinie) (96/82/EG)
- Richtlinie über die Umweltverträglichkeitsprüfung (85/337/EWG)
- Richtlinie über Klärschlamm (86/278/EWG)
- Richtlinie über Pflanzenschutzmittel (91/414/EWG)

#### Naturschutz-Richtlinien:

- Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG)
- Habitatrichtlinie (92/43/EWG)

Weiterhin sollen im Rahmen des Projektes folgende internationale Abkommen betrachtet werden:

- Internationale Abkommen zum Schutz der Meere, hier: OSPAR-Übereinkommen der OSPAR-Kommission (OSPAR, 2003)
- Internationale Flussgebietsabkommen, hier: Maasabkommen
- Sonstige internationale Programme, hier: Wanderfischprogramm (soweit es Bestandteil des Maasabkommens ist)

Da gemäß Art. 11 EG-WRRL die Maßnahmenprogramme auf Maßnahmen verweisen können, die sich auf nationale Rechtsvorschriften stützen, fällt die Einhaltung des "Standes der Technik" unter den Bereich der „grundlegenden“ Maßnahmen:

#### Bundesrecht:

- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- Abwasserverordnung (ABWV, 2004)

#### Landesrecht:

- Landeswassergesetze
- Verordnungen für NRW

Falls diese Maßnahmen nicht zur Erlangung des guten Gewässerzustandes ausreichen, müssen zusätzliche "ergänzende" Maßnahmen ergriffen werden, die laut WRRL wie folgt angegeben werden:

- Rechtsinstrumente und administrative Instrumente, wirtschaftliche oder steuerliche Instrumente,
- Aushandlung von Umweltübereinkommen,
- Emissions- und Entnahmebegrenzungen,
- Verhaltenskodizes für die gute Praxis,
- Neuschaffung und Wiederherstellung von Feuchtgebieten,
- Maßnahmen zur Begrenzung der Nachfrage sowie zur Verbesserung der Effizienz und zur Förderung der Wiederverwendung,
- Bauvorhaben, Entsalzungsanlagen und Sanierungsvorhaben,
- künstliche Anreicherung von Grundwasserleitern,
- Fortbildungsmaßnahmen, Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben,
- andere relevante Maßnahmen

Im Hinblick auf technische Maßnahmen ist zu diskutieren, inwiefern der o.a. zweite Anstrich der "grundlegenden" Maßnahmen (schrittweise Verringerung der Verschmutzung) administrativ oder technisch zu sehen ist, da sich bei letzterer Interpretation eine Dopplung mit "Bauvorhaben, Entsalzungsanlagen und Sanierungsvorhaben" der "ergänzenden" Maßnahmen ergeben würde.

**In Ermangelung einer klaren Zuordnung schlagen wir deshalb in Bezug auf "grundlegende" Maßnahmen vor, mit Ausnahme des ersten Anstriches (Umsetzung bestehender EG-Richtlinien und Tochterrichtlinien der WRRL), unter diesen Maßnahmen administrative Maßnahmen zu verstehen.**

Unabhängig von dem Ziel der EG-WRRL, einen guten Zustand zu erreichen, ist in jedem Fall zu gewährleisten, dass nach Art. 4 Abs. 9 WRRL zumindest das gleiche Schutzniveau erreicht wird, das in sonstigen bestehenden gemeinschaftlichen Rechtsvorschriften gefordert wird (Mindestschutzniveau). Das heißt, für diesen Teil der "grundlegenden" Maßnahmen können keine Ausnahmetatbestände in Anspruch genommen werden, sofern diese nicht in den Richtlinien selbst enthalten sind.

## 2.2 Kosteneffizienz

Maßnahmen zur Verbesserung der Gewässerqualität sind mit Kosten verbunden und stiften einen Nutzen. Eine Maßnahmenbewertung kann nur bezogen auf angestrebte Ziele vorgenommen werden. Lautet die Zielvorgabe „Kosteneffizienz“, dann sind Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen einzusetzen, mit denen ein politisch vorgegebenes Reduktionsziel bzw. daraus folgend eine feste, bestimmte Wirksamkeit am kostengünstigsten erreicht werden kann.

Der Informationsbedarf bei der Zielgröße „Kosteneffizienz“ ist relativ gering. Es müssen von den Entscheidungsträgern Qualitätsziele formuliert bzw. Ziele von anderen Entscheidungsträgern übernommen und einzelne Maßnahmen oder Maßnahmenbündel identifiziert werden. Für diese Maßnahmen sind anschließend Kosten zu bestimmen, und es sind die Maßnahmen mit den geringsten Kosten zu wählen. Dieser Ansatz kann ebenfalls als pragmatischer Ansatz bezeichnet werden, bei dem die Zielgröße normativ durch einen politischen Konsens herbeigeführt wird.

Im Hinblick auf die Maßnahmenprogramme ist es sinnvoll, immer von einer Kombination technischer und administrativer Maßnahmen zu sprechen, da letztere die Kostenverteilung direkt beeinflussen. Administrative Maßnahmen (rechtliche Instrumente zur Umlage von Kosten etc. nach (BORCHARDT et al., 2004)) sind jedoch im Gegensatz zu den technischen Maßnahmen prinzipiell nach einem "Top Down"-Prinzip von administrativer Ebene umzusetzen (LONDONG et al., 2005b).



**Die folgenden Ausführungen des Abschlussberichtes beschäftigen sich jedoch nicht mit Instrumenten, sondern beschränken sich gemäß des Projektauftrags auf eine Betrachtung technischer Maßnahmen.**

Kosten sind gemäß (BÖHM ET AL., 2002) negative Konsequenzen einer Aktion, die im Hinblick auf ein bestimmtes Ziel auftreten. Bei der Abschätzung von Kosten sind einige methodischen Vereinbarungen zu treffen, die wie folgt festgehalten werden können:

- Die Kosten beinhalten sowohl die Investitionskosten als auch laufende Kosten für Vorleistungen, Betrieb, Wartung etc.
- Wenn möglich sollen die Kosten für Planung, Vorbereitung, Kodifizierung der Maßnahme (Transaktionskosten) einbezogen werden, nicht jedoch die Folgekosten bei Nicht-Akteuren.
- Kosten abstrahieren vom Einzelfall; sie sind für standardisierte Typen von Rahmenbedingungen zu ermitteln (Durchschnittsfall).
- Die Kosten der Maßnahme werden jeweils zu 100 % dem betrachteten Problem zugeordnet.

Grundlage für einen Vergleich von Maßnahmenkosten ist die dynamische Kostenvergleichsrechnung. Die LAWA-Leitlinien zu deren Durchführung (LAWA, 2005) sind eine wichtige Hilfe in den Planungs- und Entscheidungsprozessen der Wasserwirtschaft. Für die Kostenanalyse von Maßnahmen können mit Hilfe der Leitlinien Projektkostenbarwerte bestimmt werden. Bei dieser Berechnung werden alle anfallenden Kosten einer Maßnahme mit Hilfe von Umrechnungsfaktoren auf einen Bezugszeitpunkt umgerechnet (diskontiert). So können die Barwerte miteinander verglichen werden.

In diesem Zusammenhang kann es hinsichtlich der Beurteilung einer Kostenverhältnismäßigkeit, aber auch hinsichtlich der zeitlichen Reihung von Maßnahmen je Kostenträger von Vorteil sein, die Projektkostenbarwerte der Maßnahmenkombinationen in Annuitäten (€/a) auszudrücken.

Die (nicht-monetären) Wirksamkeiten von Maßnahmen können für einzelne Parameter oder Parametergruppen nach Literaturwerten angegeben werden. Im Hinblick auf die Wirksamkeit zur Erreichung eines guten ökologischen Zustandes muss jedoch deren Bedeutung und Einfluss abgeschätzt werden, da gegenwärtig Ursachen-Wirkungs-Zusammenhänge aufgrund ihrer Komplexität noch nicht hinreichend erforscht sind.

Für eine Vergleichbarkeit der Wirksamkeiten von Maßnahmen, müssen diese Wirksamkeiten im Hinblick auf das betrachtete Gewässer normiert werden. Eine übliche vergleichbare stoffliche Größe ist die Fracht in kg/a. Die Bezugsgröße im Gewässer ist aufgrund der Korrelation zur Wirkung auf die aquatische Umwelt

jedoch meist die Konzentration, so dass die Frachtreduktion im Hinblick auf die benötigte Konzentrationsverringering zu sehen ist.

Aufgrund der vielen Unsicherheiten hinsichtlich der Kosteneffizienz einer Maßnahme, beispielsweise bzgl. Kosten, Wirkungen auf eine Qualitätskomponente, Wirkungen auf den guten Zustand sowie der Umsetzbarkeit, schlagen die Projektbearbeiter vor, Unsicherheitsfaktoren für eine Kosteneffizienz unter Berücksichtigung von Unsicherheiten (Kapitel 2.4) einzuführen.

### **2.3 Arbeitsmethodik zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmen**

Auf der Basis der dargestellten Grundlagen für die Ableitung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen wurde mit dem Auftraggeber eine Methodik abgestimmt, die als Arbeitshypothese im weiteren Projektverlauf angewandt wurde.

#### 1. Schritt

In einem ersten Schritt sind auf Grundlage der Ergebnisse aus Bestandsaufnahme und Monitoring negative Soll-Ist-Abweichungen (Defizite) aller Qualitätskomponenten innerhalb aller Wasserkörper eines betrachteten Flusseinzugsgebietes zu identifizieren. Bei den heavily modified water bodies (HMWB) ist hierbei zu berücksichtigen, dass in der Bestandsaufnahme für diese Einstufung der defizitäre Zustand der morphologischen Komponente maßgebend war (MUNLV, 2005b). Hier muss ein gutes ökologisches Potential erreicht werden.

Als weiterer Bestandteil des ersten Schrittes sind bereits heute geplante Maßnahmen und die jeweiligen Auswirkungen ihrer Realisierung zu identifizieren (Baseline Scenario). Zu den hier zu betrachtenden Maßnahmen sollen vor allem die Maßnahmen gehören, die in den Abwasserbeseitigungskonzepten (rechtlich verbindlich) bzw. Wasserverbandsübersichten (teilweise rechtlich verbindlich) sowie Konzepten zur naturnahen Entwicklung von Fließgewässern (KnEF) (rechtlich unverbindlich) bereits festgelegt sind. Diese schon geplanten Maßnahmen werden als Maßnahmen der „Priorität 0“ bezeichnet. Auswirkungen dieser Maßnahmen sollen bei der Ermittlung von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen berücksichtigt werden.

Anschließend sind die Defizite inklusive ihrer Verursacherpfade zu ermitteln, die nach Realisierung dieser Maßnahmen verbleiben. Die Analyse ist auf Wasserkörper-Ebene durchzuführen, um eine wasserkörperscharfe Identifizierung der verbleibenden Defizite gewährleisten zu können. Hier sollten auch die Prognoseergebnisse der veränderten Landnutzungs- und Bevölkerungsstruktur sowie gewerblicher Strukturen aus der wirtschaftlichen Analyse der Bestandsaufnahme beachtet werden, damit sich verändernde Wassernutzungen und damit verbundene Defizite erkannt und abgeschätzt werden können.

## 2. Schritt

Maßnahmen, die das Ziel der Umsetzung einer bestehenden gemeinschaftlichen Vorschrift verfolgen (Art. 4 Abs. 9 (2000/60/EG)), sind nach Kap. 2.1 als vorrangig zu betrachten. Deshalb ist für das jeweilige EZG zu prüfen, ob und wo Defizite zur Erfüllung dieses Mindestschutzniveaus nach EG-WRRL vorhanden sind.

Außerdem können auch Ziele aus bestehenden internationalen Abkommen bzw. die Ergebnisse der Bestandsaufnahmen auf Ebene der Flussgebietseinheiten sowie die Umsetzung von bundes- bzw. landesweiten Rechtsvorschriften berücksichtigt werden. In Bezug auf bundes- oder landesweite Rechtsvorschriften sind in diesem Fall der "Stand der Technik" nach § 7a WHG, die "allgemein anerkannten Regeln der Technik" nach § 18b WHG sowie nach Auffassung des StUA Aachen bestehende wasserrechtliche Bescheidregelungen hinsichtlich weitergehender Anforderungen zugrunde zu legen.

Die sich aus diesen Defiziten ergebenden Maßnahmen werden als Maßnahmen der „Priorität I“ festgelegt.

Bei der ökonomischen Bewertung der genannten Maßnahmen innerhalb dieses Schrittes gelten lediglich Kriterien der Kosteneffizienz, da der sich ergebende Nutzen aus den hier zugrunde liegenden gesetzlichen Anforderungen nicht in Frage gestellt wird. Möglichkeiten der Fristverlängerungen sind hier nicht gegeben, da EU-Recht mit zwingenden Verpflichtungen umgesetzt werden muss.

Die Maßnahmen können aus einem landesweit geltenden und für das Bearbeitungsgebiet angepassten Maßnahmenkatalog ausgewählt werden. In diesem Katalog sollten Kosten der Einzelmaßnahmen (zweckmäßigerweise in Funktionen mit Abhängigkeit von mindestens einem Bemessungsparameter) sowie eine Angabe der Wirksamkeit auf Parameter, Parametergruppen und den guten Zustand enthalten sein.

Die potentiellen Maßnahmen werden aufgrund ihrer nicht-monetären Wirksamkeit und ihrer Kosten verglichen (Kosten-Effizienz-Analyse) und gebündelt. D.h. es werden die Maßnahmenkombinationen ausgewählt, welche bei vorgegebener, zwingender Zielerreichung die geringsten betriebswirtschaftlichen Kosten beanspruchen. Nach Analyse und Bündelung sind eine oder mehrere gleichwertige Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen identifiziert, mit deren Hilfe, unter Berücksichtigung der relevanten Kosten, die Erfüllung des Mindestschutzniveaus in Bezug auf die defizitären Parameter erreicht werden kann.

Nach der Identifikation der Priorität I-Maßnahmen ist abzuschätzen, wie sich die Umsetzung der Maßnahmen auf den Gewässerzustand auswirkt und ob ggf. der gute Zustand im betreffenden Gewässer bereits erreicht ist.

Deshalb ist zu ermitteln, in welchem Maße sich die aus Schritt 1 verbliebenen Defizite durch die Umsetzung der Maßnahmen der „Priorität I“ verringern bzw. welche quantifizierbaren Defizite verbleiben. Auch diese Analyse ist auf Wasserkörper-Ebene durchzuführen, um eine wasserkörperscharfe Identifizierung der verbleibenden Defizite gewährleisten zu können, die als Grundlage für den nächsten Schritt dient.

### 3. Schritt

Sollten nach Ausführung des zweiten Schrittes noch Defizite bzgl. des guten Zustandes in Oberflächengewässern bzw. des guten Zustandes im Grundwasser verbleiben, sind weitere Maßnahmen erforderlich und/oder es sind Ausnahmen zu begründen. Deshalb sind in einem dritten und vierten Schritt die aus den Schritten I und II verbliebenen Defizite einer weitergehenden Prüfung zu unterziehen. Dazu soll eine grobe (offensichtliche) Prüfung in Schritt 3 als auch genauere Prüfung in Schritt 4 durchgeführt werden.

Dazu sind zunächst potentielle Maßnahmen aus dem unter Schritt II beschriebenen Maßnahmenkatalog auszuwählen. Eine erste Einschränkung bei der Auswahl der Maßnahmen und -kombinationen wird durch eine Einschätzung der „technischen, örtlichen und rechtlichen Durchführbarkeit“ der Maßnahmen nach Expertenwissen der zuständigen Behörden vorgenommen. D.h. es erfolgt:

- eine Abschätzung der maximalen Wirkung potentieller Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen hinsichtlich der verbliebenen Defizite,
- eine Analyse der Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen in Bezug auf den Standort der Umsetzung (geologische, räumliche und topografische Bedingungen etc.),
- eine Prüfung der rechtlichen Machbarkeit der Maßnahmen im Hinblick auf geltendes Recht,
- eine Beurteilung der Marktsituation bezüglich vorhandener Unternehmen zur Maßnahmenumsetzung,
- eine Betrachtung alternativer Maßnahmen

Im Rahmen dieser Prüfung werden die Bewirtschaftungsziele (hier: Defizitbeseitigung in Bezug auf einen Parameter oder eine Qualitätskomponente) identifiziert, die inklusive Fristverlängerungen bis 2027 aus offensichtlichen rechtlichen, örtlichen und technischen Gründen sowie natürlichen Gegebenheiten nicht erreicht werden können.

Eine weitere Einschränkung bei der Auswahl der Maßnahmen und -kombinationen soll durch eine Einschätzung der „Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten“ vorgenommen werden. D.h. es ist zu beurteilen, ob die Kosten der Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen angemessen zu ihrem Nutzen erscheinen, oder

ob ein Erreichen des angestrebten Bewirtschaftungsziels ganz offensichtlich unverhältnismäßig teuer wäre. In diesem Zusammenhang können auch ggf. die Einstufungen als erheblich veränderte Wasserkörper überprüft werden.

Diese Prüfungen können jedoch erst erfolgen, wenn deren Kosten sowie Wirksamkeiten zumindest überschlägig abgeschätzt wurden.

Aus den genannten rechtlichen, örtlichen, technischen und ökonomischen Gründen können dann gemäß EG-WRRL weniger strenge Umweltziele festgelegt werden. Die Begründung muss ebenfalls den Anforderungen des § 25 d f. WHG entsprechen. Bei einer Inanspruchnahme des Ausnahmetatbestandes "weniger strenges Umweltziel" verbleiben Abweichungen zum Ziel des guten Zustandes, die in den nächsten Schritten berücksichtigt werden müssen.

#### 4. Schritt

Nach Abschluss des dritten Schrittes verbleiben Defizite, bei denen davon auszugehen ist, dass sie (spätestens bis 2027) offensichtlich behoben werden können. Es sind deshalb folgend die kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen bezüglich dieser Defizite, die umgesetzt werden können, zu ermitteln.

Diese Maßnahmen werden als Maßnahmen der „Priorität II“ definiert und von der zuständigen Behörde einer genaueren Prüfung unterzogen.

Hierzu wird analog zu den Maßnahmen der Priorität I eine Kosten-Effizienz-Analyse und eine Bündelung von Maßnahmen durchgeführt.

Ggf. müssen nach Ausarbeitung der Maßnahmen und Berechnung ihrer Wirkungen weitere Maßnahmen aufgrund mangelnder Wirksamkeit in Bezug auf das zu beseitigende Defizit ausgeschlossen werden, sodass sich die Anzahl möglicher Maßnahmenkombinationen weiter reduziert.

Im Idealfall sind mit den erhaltenen Kosten ökonomische Nutzen-Kosten-Bewertungen der gewählten Maßnahmenkombinationen durchzuführen und monetäre Nutzen-Kosten-Verhältnisse resp. der Verhältnismäßigkeit zu bestimmen. Solange keine anwendbaren Nutzen-Kosten-Bewertungen für ein Bewirtschaftungsziel oder den guten Zustand eines Gewässers auf Grund des mangelnden Wissens vorhanden sind, kann in Anlehnung an die gängige Praxis bei den ohnehin durchzuführenden Strategischen Umweltprüfungen (SUP) eine Abschätzung der "Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten" bzw. eine Abwägung der Vor- und Nachteile nach Expertenwissen der zuständigen Behörde erfolgen. Eine vorherige Katalogisierung der nicht-intendierten (nicht beabsichtigten) Gewässer- und Nichtgewässereffekte kann für diese Entscheidung hilfreich sein.

Aus den genannten, jetzt konkreten rechtlichen, örtlichen, technischen und ökonomischen Gründen können dann gemäß EG-WRRL ebenfalls weniger strenge Umweltziele festgelegt werden.

Die verbleibenden Maßnahmen werden nun unter Nennung der Träger der Maßnahmenkosten geordnet.

Die EG-WRRL fordert lediglich die Kosteneffizienz und die Kostenverhältnismäßigkeit der umzusetzenden Maßnahmen. Eine Vorgehensweise mit Berücksichtigung der Wirksamkeit im Hinblick auf den "guten Zustand" und der vorhandenen Unsicherheiten wird in Kapitel 2.4 beschrieben. Es kann ggf. hilfreich sein, die Maßnahmen der "Priorität II" zur Entscheidungshilfe zusätzlich nach bestimmten Vorrangkriterien zu beurteilen. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sollten dabei die folgenden Punkte beachtet werden:

- die räumlichen Wirkungen der Maßnahme im Gewässer (überregional, regional, lokal)
- die Umsetzungsdauer der Maßnahme und deren Wirkungsbeginn
- die Bedeutung des Gewässers im Hinblick auf die aquatische Umwelt (Laichgewässer, prioritäre Gewässer im Wanderfischprogramm, ggf. ökologische "Trittsteinfunktion")
- nicht-intendierte Gewässer- und Nichtgewässereffekte (oder -kosten) der favorisierten Maßnahmenkombinationen
- das Konfliktpotenzial der Maßnahmenkombinationen im Hinblick auf die verschiedenen Wassernutzer oder -nutzungsarten (ggf. in Form von so genannten "Stakeholder values" (HOSTMANN ET AL., 2004) für bevorzugte Lösungen der einzelnen Wassernutzer)

Da eine alleinige naturwissenschaftliche Begründung für die Vorrangigkeit bestimmter Maßnahmen oder Maßnahmengruppen aufgrund der hohen Komplexität des Prozesses weder möglich noch sinnvoll ist, muss diese in gesellschaftlichem Konsens und anschließender Festlegung über einen politischen Exkurs gefunden werden.

Falls die Umsetzung der Maßnahmen bis zum Jahr 2015 nicht realisiert werden kann, müssen Fristverlängerungen bis zum Jahr 2027 begründet werden.

## 5. Schritt

Nach Durchlaufen der ersten vier Schritte kann nun in einem fünften Schritt die festgesetzte Rangfolge der Maßnahmen für die stufenweise und flächendeckende Umsetzung der EG-WRRL in das Maßnahmenprogramm aufgenommen werden. Hierzu zählen die erarbeiteten Maßnahmen aus „Priorität I“ (Schritt II) sowie die

erarbeiteten Maßnahmen der „Priorität II“, die sich nach Durchlaufen der Schritte 3 und 4 im betrachteten Gewässersystem ergeben.

Die zuvor beschriebenen Schritte sind in der folgenden Abbildung 2-1 als Ablaufdiagramm dargestellt.

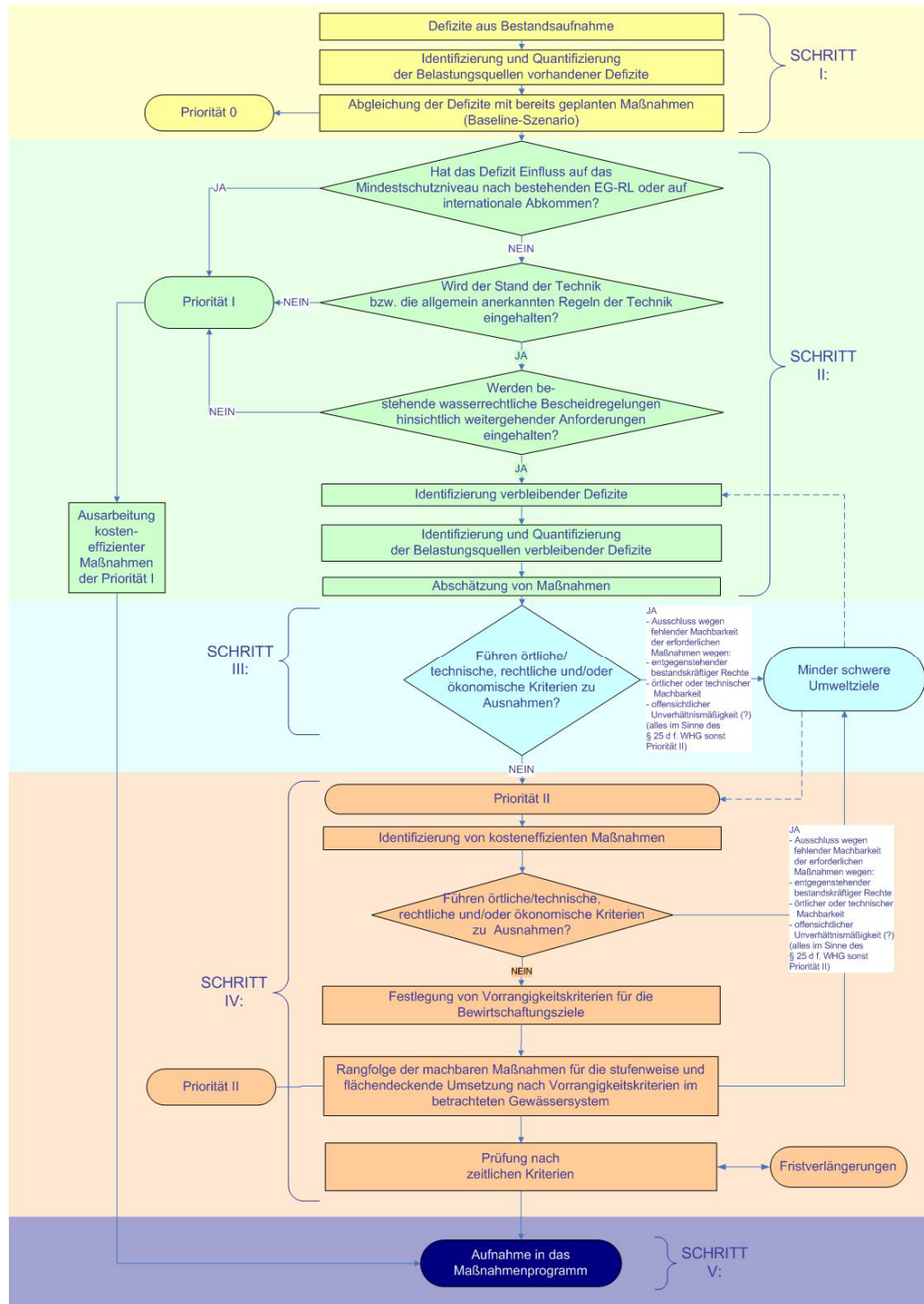


Abbildung 2-1: Arbeitsschema zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen im Projekt

## 2.4 Berücksichtigung von Unsicherheiten

Für eine Umsetzung technischer Maßnahmen ist eine Reihe von Unsicherheiten bei der Identifizierung der kosteneffizienten Kombinationen zu beachten. Die Einführung der folgenden Faktoren soll annähernd eine "unsicherheitsberücksichtigende" Kosteneffizienz der Maßnahmen erreichen und über eine Verknüpfung die Spannweite dieser Unsicherheit darstellen:

- Kostenunsicherheit  $f_k$
- Wirksamkeitsunsicherheit  $f_w$
- Vorrangfaktor für den ökologischen Zustand  $f_v$

Unsicherheiten der Maßnahmenkosten sind zu berücksichtigen, wenn auf einer höheren Ebene bei der Maßnahmenplanung mit Faustzahlen für die Kosten gearbeitet wird, wie z.B. in (BÖHM ET AL., 2002; BORCHARDT ET AL., 2004; ZUMBROICH, 2000).

Die mittleren Kosten werden aufgrund ihrer Schwankungsbreite mit einem Faktor  $f_k$  multipliziert, der die Unsicherheit der Maßnahmenkosten (auf Grundlage der halben Differenz zwischen Maximalwert und Mittelwert) beschreibt (Gleichung 2-1).

$$f_k = \frac{K_{\max} - \bar{K}}{2 \cdot \bar{K}} + 1 \quad [-] \quad \text{(Gleichung 2-1)}$$

$f_k$	Unsicherheitsfaktor für Maßnahmenkosten [-]
$K_{\max}$	Maximalwert der Kosten zur Umsetzung der Maßnahme [€], [€/a]
$\bar{K}$	Mittelwert der Kosten zur Umsetzung der Maßnahme [€], [€/a]

Da die Wirksamkeit einer Maßnahme auf einen oder mehrere Parameter oft nur unsicher abgeschätzt werden kann, wird die Einbeziehung von Unsicherheitsfaktoren für die Wirksamkeitsprognose  $f_w$  einer Maßnahme auf Parameter vorgeschlagen. Zur vereinfachten Handhabung werden hierfür die EG-WRRL-relevanten Parameter gruppiert (Tabelle 2-1). Die Unsicherheitsfaktoren  $f_w$  werden auf Basis von Expertenwissen für Maßnahmen angesetzt und liegen zwischen 0,1 (sehr hohe Unsicherheit bei der Quantifizierung der Wirksamkeit) und 1 (exakt quantifizierbare Wirksamkeit der Maßnahme). Sie beschreiben somit die mögliche Spannweite der Wirkungsgrade im Hinblick auf die Verringerung der gewässerbezogenen Belastung (Gleichung 2-2).

$$f_w = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\eta_{\min,i}}{\eta_i} \right)}{n} \quad [-] \quad \text{(Gleichung 2-2)}$$

$f_w$	Unsicherheitsfaktor für die Wirksamkeit der Maßnahme auf Parametergruppen [-]
$n$	Anzahl der <u>maßnahmerelevanten</u> Parametergruppen [-]
$\eta_{\min}$	minimaler Wirkungsgrad der Maßnahme [-]



$\bar{\eta}$  Mittelwert der Kosten zur Umsetzung der Maßnahme [€], [€/a]

Die zu berücksichtigenden Komponenten zur Bewertung des Gewässerzustandes werden in Nordrhein-Westfalen anhand einer umfangreichen Parameterliste beschrieben (MUNLV, 2005b). Diese Parameterliste enthält keine Wichtung, sodass das Überschreiten eines Kriteriums in der Bestandserfassung zur Bewertung "Zielerreichung unwahrscheinlich" führte. Dies könnte dazu verleiten anzunehmen, dass allein die Überschreitung eines Parameters ausreicht, den "guten Zustand" zu verfehlen.

Da die Parameter nicht gleichgewichtig für den ökologischen Zustand sind und in unterschiedlichen Gewässertypen eine andere Wichtung haben, wird ein Vorrangfaktor für den ökologischen Zustand  $f_v$  in Abhängigkeit des Gewässertyps eingeführt. Neben den Parametern werden auch die Gewässertypen zu Gruppen zusammengefasst, damit die Wichtung vereinfacht werden kann. Hierbei wird angenommen, dass die neu gebildeten Gruppen ausreichen, den Einfluss auf den ökologischen Zustand zu quantifizieren.

Tabelle 2-1: Gruppierung von Parametern zu Parametergruppen

Parameter	Parametergruppe
div. Strukturparameter	Hydromorphologie
Anzahl Querbauwerke	Durchgängigkeit
N	Nährstoff N
P	Nährstoff P
T, O <sub>2</sub> , pH, Cl, TOC	Randbedingung
NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub>	toxisch N
AOX	Hilfsgröße Industriechemikalien
Ag, As, Ba etc.	Metalle
Atrazin, Diuron etc.	Pflanzenschutzmittel
PCB 138 etc.	Industriechemikalien

Die Parametergruppen Pflanzenschutzmittel und Industriechemikalien können bei Anwendung auf die Priorisierung in Schritt II und IV entfallen, da sich die notwendige Reduzierung der Konzentrationen im Gewässer bei Umsetzung der EG-Richtlinien in Bezug auf das Mindestschutzniveau ergibt.

Es wird vorgeschlagen, zunächst nach 3 Gewässertypen (schnell fließende Gewässer (Mittelgebirgsgewässer), langsam fließende Gewässer (Tieflandgewässer) und stehende Gewässer) zu unterscheiden.

Insbesondere für den eutrophierungswirksamen Parameter P kann es notwendig werden, eine enger gefasste Gruppierung von Gewässertypen vorzunehmen und die Gruppierungsliste zu erweitern. Ein Vorschlag hierzu findet sich in der vom UBA in Auftrag gegebenen Studie (BORCHARDT ET VÖLKER, 2006). Hier wird zu 5 Fließgewässertypen und 3 Seentypen gruppiert.

Die Bedeutung der Parametergruppen für den ökologischen Zustand zielt im Wesentlichen auf die zur Beurteilung letztlich herangezogene Bewertung der biologischen Qualitätskomponenten des Zustandes ab. Parametergruppen mit großem Einfluss auf den ökologischen Zustand erhalten einen Vorrangfaktor  $f_v$  nahe oder gleich Eins (Tabelle 2-2).

Die hier angegebenen Zahlenwerte sind eine Abschätzung der Arbeitsgruppe und können (sollten) später in einem erweiterten Expertenkreis diskutiert werden. Mit fortschreitenden Erkenntnissen kann die Wichtungstabelle angepasst werden.

Tabelle 2-2: Vorrangfaktoren  $f_v$  von Parametergruppen

Parametergruppe	schnell fließende Gewässer	langsam fließende Gewässer	stehende Gewässer
Randbedingung	1,0	1,0	1,0
Hydromorphologie <sup>4</sup>	1,0	0,9	0,7 <sup>5</sup>
Durchgängigkeit	1,0	1,0	0,5
Nährstoff N <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,2
Nährstoff P <sup>3</sup>	0,3	0,5 <sup>7</sup>	1,0
toxisch N <sup>1,6</sup>	1,0	0,9	0,9
Metalle <sup>2</sup>	0,8	0,6	0,9

Anmerkungen:

- <sup>1</sup> Im Hinblick auf die Parametergruppe „toxisch N“ kann es von Bedeutung sein, wie gut ein Gewässer gepuffert ist, ob es also eine karbonatische oder silikatische Ausprägung besitzt. Bei ungepufferten Systemen kommt dem  $\text{NH}_4$  eine höhere Bedeutung zu.
- <sup>2</sup> Anreicherung in stehenden Gewässern und in großen Fließgewässern, wo die Strömung geringer wird und es zu Sedimentationen kommt.
- <sup>3</sup> Nur direkte Wirkung bewertet, nicht Nordsee etc., in Binnengewässern für Primärproduzenten nicht limitierend
- <sup>4</sup> Eigenständiges Kriterium Anhang V WRRL
- <sup>5</sup> Ufer als Lebensraum
- <sup>6</sup>  $\text{NO}_2$  und  $\text{NH}_3$  wurden gruppiert, da im Gewässer der Ursprung der Ionen im Wesentlichen Ammonium ist.  $\text{NO}_2$  entsteht als Zwischenschritt der Ammoniumoxidation, Ammoniak bei pH-Erhöhung. Die Wirkung ist unterschiedlich.
- <sup>7</sup> eine geringe oder fehlende Geschiebedynamik insbesondere in stauregulierten Fließgewässern, hat eine Anreicherung von Phosphor und damit einhergehend eine erhöhte Eutrophierung zur Folge.

Die Priorisierung P führt zu einer Rangfolge von Maßnahmen durch Verknüpfung der abgeschätzten mittleren Kosten mit  $f_k$ ,  $f_v$  sowie  $f_w$  und wird in der Einheit Euro angegeben (Gleichung 2-3). Die Priorisierung wird für jede Maßnahme bzw. Maßnahmenkombination und deren Wirksamkeit auf n Parametergruppen ermittelt.

$$P = \frac{f_k}{\sum_{i=1}^n (f_w \cdot f_v)} \cdot \bar{K} \quad [\text{€}] \quad (\text{Gleichung 2-3})$$

P	Priorisierung der betrachteten Maßnahme [(fiktive) €]
$f_k$	Unsicherheitsfaktor für Maßnahmenkosten [-]
$f_w$	Unsicherheitsfaktor für die Wirksamkeit der Maßnahme auf Parametergruppen [-]
$f_v$	Unsicherheitsfaktor für die Wirksamkeit der Parametergruppen auf den ökologischen Zustand [-]
$n$	Anzahl der <u>maßnahmerelevanten</u> Parametergruppen [-]
$\bar{K}$	Mittelwert der Kosten zur Umsetzung der Maßnahme [€], [€/a]

### 3 Datengrundlage im Untersuchungsgebiet

#### 3.1 Allgemeine Beschreibung

Das Einzugsgebiet der Rur (als Teileinzugsgebiet der Maas) ist grenzüberschreitend. Es hat seine größten Gebietsanteile in Deutschland (NRW), erstreckt sich teilweise aber auch auf niederländisches und belgisches Staatsgebiet. Die räumliche Einordnung des Einzugsgebietes der Rur zeigt Abbildung 3-1.

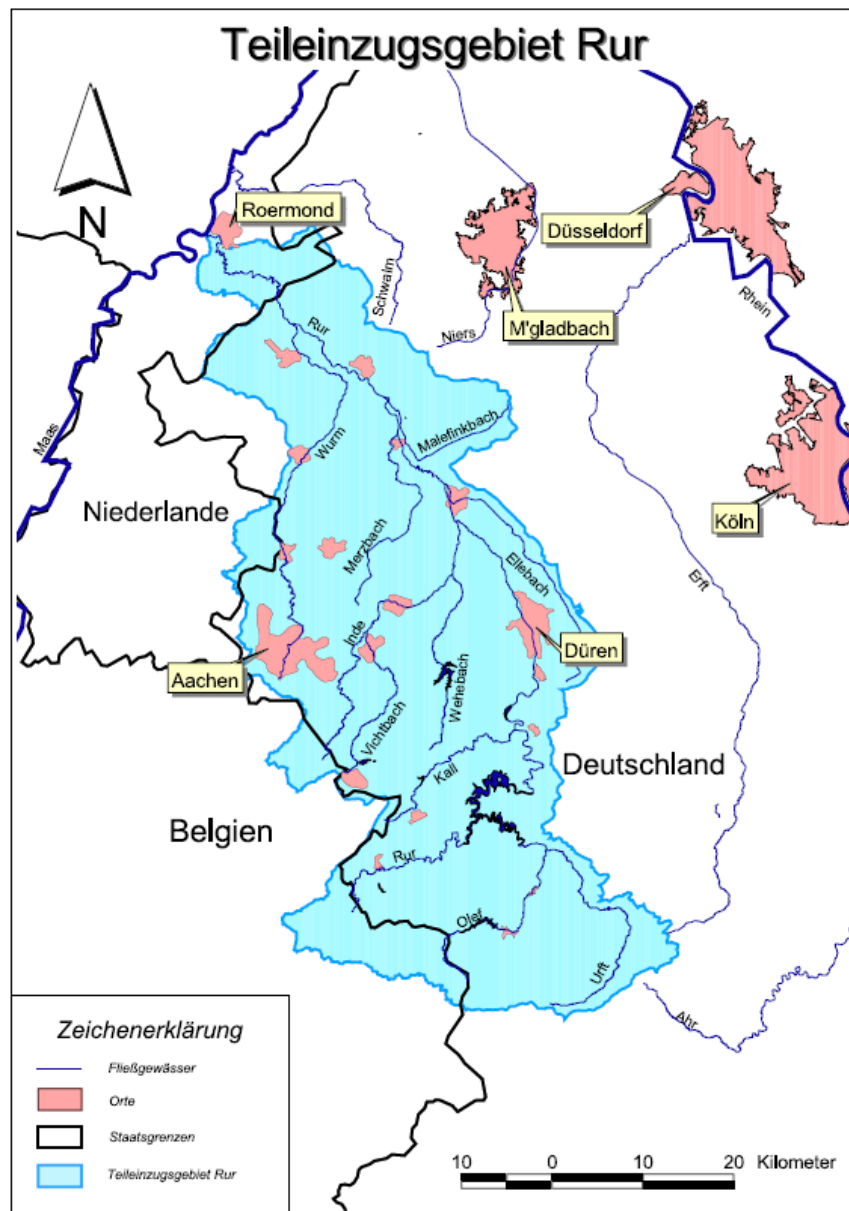


Abbildung 3-1: Geografische Einordnung des Untersuchungsgebietes (Staatliches Umweltamt Aachen, 2004)

Die Lauflänge der Rur beträgt 163 km, wobei auf dieser Strecke etwa 630 Höhenmeter überwunden werden. Die bedeutendsten Zuflüsse sind die Wurm, der Merzbach, die Inde mit Vicht- und Wehebach, die Kall, die Urft mit Olef, der Ellebach und der Malefinkbach.

Im deutschen Bereich des Teileinzugsgebiets Rur liegen die Hauptnutzungen nach Flächenanteilen in der Land- und in der Forstwirtschaft. Dabei nehmen Ackerflächen knapp ein Drittel, Grünland fast ein Fünftel und Wälder bzw. Forstflächen knapp ein Drittel der Gesamtfläche ein. Siedlungsflächen nehmen rd. 10 % der Gesamtfläche (deutscher Anteil) des Teileinzugsgebiets Rur in Anspruch.

Diese Nutzungen sind jedoch nicht gleichmäßig über das Teileinzugsgebiet verteilt. Vielmehr findet in der wald-, aber auch grünlandreichen südlichen Hälfte (Mittelgebirgsbereich) kaum Ackerbau statt. Dagegen werden die nördliche Hälfte und das südlich von Düren gelegene Gebiet (Niederungsbereich) vom Ackerbau geprägt.

Eine weitere bedeutende Landnutzung liegt im Abbau von Bodenschätzen in Tagebauen. Zwar ist der Flächenanteil nur gering, sie erhält aber insbesondere bei der Braunkohlegewinnung ihre Bedeutung aus der erforderlichen Umgestaltung der Landschaft (z. B. Schaffung neuer Geländeformen, Umsiedlungen, Umlegung von Gewässerläufen) und der weit reichenden Grundwasserabsenkung.

In den niederländischen Bereichen des Teileinzugsgebiets Rur liegt eine vorwiegend landwirtschaftliche Nutzung vor. Der belgische Bereich des Teileinzugsgebiets Rur wird hingegen durch einen großen Anteil (57 %) an Wald- und Forstflächen gekennzeichnet. Der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche ist in letzterem Bereich mit ca. 25 % deutlich geringer (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005).

Für das Einzugsgebiet ergeben sich für die Fließgewässer insgesamt 116 Oberflächenwasserkörper, von denen 38 vorläufig als erheblich verändert und 5 als künstlich eingestuft wurden. Die OWK haben eine durchschnittliche Länge von ca. 7,25 km. Neben den Fließgewässern wurde ein Stillgewässer mit einer Seefläche > 0,5 km<sup>2</sup> als Wasserkörper ausgewiesen.

### 3.2 Bestandsaufnahme

Zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Nordrhein-Westfalen erfolgt die Bearbeitung und Berichterstattung in drei Ebenen, d.h. in Flussgebietseinheiten (z.B. Rhein), die aus arbeitstechnischen Gründen weiter in Bearbeitungsgebiete (z.B. Niederrhein) und noch kleinere Arbeitsgebiete (z.B. Emscher, Wupper etc.) unterteilt sind. NRW ist an den Flussgebietseinheiten Rhein, Ems, Weser und

Maas beteiligt und hat insgesamt 12 Arbeitsgebiete zu bearbeiten. Für das Arbeits- und Einzugsgebiet der Rur wird diese Bearbeitung unter der Leitung des Staatlichen Umweltamtes Aachen durchgeführt.

Die Bestandsaufnahme ist in NRW gemäß den Fristen für die Umsetzung der EG-WRRL im Jahr 2004 abgeschlossen worden und dokumentiert. Damit liegt auch für das Einzugsgebiet der Rur die systematische Zusammenstellung aller vorhandenen wasserwirtschaftlichen Basisdaten, deren Einschätzung und eine vorläufige Einschätzung hinsichtlich der Erreichung der Ziele der Wasserrahmenrichtlinie vor.

Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme wurden in so genannten "Dokumentationen der wasserwirtschaftlichen Grundlagen" (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2004) aufbereitet und im Internet veröffentlicht. Die in den Dokumentationen dargestellten wasserwirtschaftlichen Fakten und Zusammenhänge wurden nachfolgend in "Ergebnisberichten" (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005) zusammengefasst.

Beide Dokumente bildeten die Datengrundlage für die Anwendung der in Kapitel 2.3 entwickelten Methodik im Einzugsgebiet, d.h. alle Ausführungen zu Defiziten und sich daraus ergebende Maßnahmen basieren grundsätzlich auf den Ausführungen in der Dokumentation und im Ergebnisbericht.

Die Berichte enthalten allerdings noch Datenlücken, die erst in dem zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung noch andauernden Monitoring geschlossen werden. Da die Maßnahmenplanung stark vom Vorhandensein der Daten abhängig ist bzw. teilweise erst ermöglicht wird, musste für die Projektbearbeitungen bei noch bestehenden Datenlücken der Bestandsaufnahme mit eigenen Berechnungen oder Annahmen gearbeitet werden. Unter Bezug auf den Projektauftrag (s. Kapitel 1.2) wurden die Einträge der Stoffe Stickstoff, Phosphor, Atrazin, Chloridazon, Diuron sowie Blei, Cadmium und Zink, falls notwendig, bilanziert, genähert bilanziert oder abgeschätzt. Diese Berechnungen wurden in Abstimmung mit dem Staatlichen Umweltamt Aachen und dem Wasserverband Eifel-Rur (WVER) durchgeführt.

### **3.3 Umweltqualitätsziele und Emissionsgrenzwerte**

Die im Projekt betrachteten Stoffe werden gemäß EG-WRRL in unterschiedlichen Komponenten zur Einstufung der Gewässerzustände berücksichtigt. In Tabelle 3-1 werden die Stoffe zugeordnet.

Nach dem entwickelten Arbeitsschema zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmen sind den Prioritäten I und II verschiedene Immissions- und Emissionsgrenzwerte zugrunde zu legen. Während die Maßnahmen der Priorität I sich aus Defiziten bei Überschreitung der Grenzwerte aus nationalem Recht

(Abwasserverordnung) und bestehenden EG-Richtlinien ergeben, gelten für Maßnahmen der Priorität II die Umweltqualitätsziele für den guten Zustand als maßgebend. Letztere Werte werden im Rahmen der Bearbeitung mit den in der Bestandsaufnahme für Nordrhein-Westfalen angesetzten Werten zur Abschätzung der Zielerreichung gleichgesetzt.

Tabelle 3-1: Zuordnung der projektrelevanten Parameter nach EG-WRRL

Parameter	Zustand OF-Gewässer	Qualitätskomponente
Stickstoff	ökologischer Zustand	allgemeine chemisch-physikalische Parameter
Phosphor		
Chloridazon		Schadstoffe
Zink		Schadstoffe
Atrazin	chemischer Zustand	Prüfung auf prioritär gefährliche Stoffe
Diuron		
Blei		prioritär gefährliche Stoffe
Cadmium		

Es ist darauf hinzuweisen, dass sich insbesondere die Werte zur Einstufung des ökologischen Zustandes (vor allem Phosphor und Stickstoff) verändern können und damit auch die Maßnahmenplanung anzupassen wäre. In Tabelle 3-2 werden den projektrelevanten Stoffen die maßgebenden Umweltqualitätsziele und Emissionsgrenzwerte für Priorität I und II zugeordnet.

### 3.4 Abflussdaten

Eine weitere Grundlage zur Berechnung der zu reduzierenden Frachten sind die Abflussdaten bzw. MQ für die Metalle und Pflanzenschutzmittel (aufgrund der geforderten Mittelwerte) sowie MNO für die Stickstoffparameter und Phosphor (vereinfacht aufgrund der geforderten Einhaltung von 90-Perzentilwerten).

Da diese Daten nur teilweise in der Dokumentation der wasserwirtschaftlichen Grundlagen (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2004) angegeben sind, mussten die Abflüsse vom zuständigen StUA nachgereicht werden. Problematisch ist die gewässerspezifische Verfügbarkeit der Abflüsse hinsichtlich einer wasserkörperbezogenen Betrachtungsweise der Konzentrationen. Einige Abflüsse mussten deshalb linear interpoliert werden.

Tabelle 3-2: Umweltqualitätsziele und Emissionsgrenzwerte der projektrelevanten Stoffe

	Priorität II (weitergehende Maßnahmen)		Priorität I (Umsetzung bestehender EG-Richtlinien und nationalen Rechts)									
	NRW Bestandsaufnahme	Entwurf Prioritäre Stoffe (IRMER, 2005)	(78/659/EWG) Fischgewässer-Richtlinie (nur für EG-Fischgew.)	(76/160/EWG) Badegewässer-Richtlinie (nur für EG-Badegew.)	(76/464/EWG) (Richtlinie Gefährliche Stoffe; (GEWQV NRW, 2001))	(91/676/EWG) Nitrat-Richtlinie	(98/83/EG) Trinkwasser-Richtlinie (nur TW)	(83/513/EWG) Cadmium-Richtlinie	(96/61/EG) IVU-Richtlinie (ABWASSER-EMISSIONSERKLÄRUNGSVO NRW, 2002)	(91/271/EWG) Kommunal-abwasser-Richtlinie	(AbwV, 2004) Abwasser-verordnung	(AGA, 1991) (AGA NRW)
		AA-EQS   MAC-EQS										
Nges	6 mg/l								50.000 kg/a Em.	10 bzw. 15 mg/l <sup>++</sup> Em.	10...18 mg/l Em. <sup>****</sup>	
NO3-N				(indirekt über Sichttiefe, O2-Sättigung und pH- Wert)			11,3 mg/l (GW) oder Eutroph.	11,3 mg/l*			10 mg/l Em. <sup>****</sup>	8 mg/l
NO2-N	0,1 mg/l							0,15 mg/l*			5 mg/l Em. <sup>****</sup>	
NH4-N	0,6 mg/l			0,8 mg/l							10 mg/l Em. <sup>****</sup>	1 mg/l
Pges	0,3 mg/l								5.000 kg/a Em.	1 bzw. 2 mg/l <sup>****</sup> Em.	1...2 mg/l Em. <sup>****</sup>	0,3 mg/l
Zn	800 mg/kg Schwebstoff			0,03...2,0 mg/l gesamt (nach Wasserhärte)					100 kg/a Em.		1...2 mg/l Em. <sup>****</sup>	0,3 mg/l
Pb	100 mg/kg Schwebstoff	0,4 µg/l + geo (gelöst)	2,0 µg/l + geo (gelöst)					10 µg/l		20 kg/a Em.	0,1...0,5 mg/l Em. <sup>****</sup>	20 µg/l
Cd	1 µg/l gelöst	0,08...0,25 µg/l <sup>****</sup> + geo gelöst (je Wasserhärte)	0,45...1,5 µg/l <sup>****</sup> + geo gelöst					5 µg/l	5 µg/l UQN <sup>+</sup> gesamt 0,2-5 mg/l Em.	5 kg/a Em.	0,1...0,2 mg/l Em. <sup>****</sup>	1 µg/l
Atrazin	0,1 µg/l	0,6 µg/l	2,9 (0,1) <sup>***</sup> µg/l					0,1 µg/l <sup>**</sup>			bis 0 mg/l Em. <sup>****</sup>	
Diuron	0,1 µg/l	0,2 g/l	1,8 (0,1) <sup>***</sup> µg/l					0,1 µg/l <sup>**</sup>			bis 0 mg/l Em. <sup>****</sup>	
Chloridazon	0,1 µg/l	---	---			0,1 µg/l		0,1 µg/l <sup>**</sup>				

\* Bedingung: NO3-N/11,3 + NO2-N/0,9 <= 1  
 \*\* Summe aller PSM <= 0,5 µg/l  
 \*\*\* Zahl in Klammern für Trinkwasserentnahme  
 \*\*\*\* bis 2020: geogene Belastung + 0 (prioritär gefährlicher Stoff)

+ Wert gilt für Binnengewässer  
 ++ in Abhängigkeit der angeschlossenen EW und 70 - 80 % Mindestverringering  
 +++ in Abhängigkeit der angeschlossenen EW und 80 % Mindestverringering  
 ++++ in Abhängigkeit der Nutzung bzw. Branche

GW Grundwasser  
 RW Richtwert  
 Cyp Cyprinidengewässer,  
 Sal Salmonidengewässer

Em. Emissionswert  
 +geo + geogene Belastung



### 3.5 Modellhintergrund von MOBINEG

Da im Rahmen des bearbeiteten Projektes die diffusen Nährstoffeinträge bzw. wichtige Grundparameter für die diffusen Einträge von PSM und Schwermetallen mit Hilfe von MOBINEG berechnet wurden, soll dieses Modell im Folgenden kurz erläutert werden.

Das Programm MOBINEG (Modell zur Bilanzierung von Nährstoffeinträgen in Gewässer) wurde von der Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH Aachen entwickelt und liegt gegenwärtig in der Version 3.1.0 (build 3.1.0.20) vor. Die vorliegenden Ausführungen beziehen sich auf diese Version.

Die Berechnung der Einträge mit MOBINEG erfolgt flächengenau. Hierzu werden deshalb flächengenaue GIS-Daten (ArcView) über die Landnutzung, nutzbare Feldkapazität, Grundwasserneubildung und Erosionsgefährdung benötigt, ebenso wie Angaben über die angebauten Kulturarten, Düngemittelgaben und Erntemengen.

Die verschiedenen Eintragspfade der Nährstoffe werden über eine Wasserbilanz abgebildet. Die Wasserbilanz gründet sich auf die Wasserhaushaltsgleichung, die in MOBINEG in weitere Komponenten zerlegt wird.

Im Einzelnen erfasst MOBINEG die diffusen Einträge aus:

- Auswaschung von Phosphor und Stickstoff und den Eintrag über die unterirdischen Abflusspfade
- Erosion von Boden
- Direkteinträgen durch:
  - Atmosphärische Deposition
  - Waldstreu
  - Mineraldünger bei der Ausbringung
  - Weidetiere
  - Landwirtschaftliche Betriebe.

Die meisten Einträge werden mit Hilfe empirischer Werte beschrieben, die im Einzelnen unter (HYDROTEC, 2004) nachzulesen sind.

### 3.6 Bilanzierung der Stoffeinträge

#### 3.6.1 Einteilung von Bewirtschaftungseinheiten

Für die vorliegende Einteilung der Oberflächenwasserkörper im Einzugsgebiet konnte keine Bestimmung der diffusen Einträge in jedem einzelnen Wasserkörper

durchgeführt werden, da die notwendigen Pegelmessstellen für eine Bilanzierung nicht an allen Auslässen der Oberflächenwasserkörper vorhanden sind. Falls diese rein hypothetisch vorhanden gewesen wären, hätte eine Einzelberechnung aller 117 Oberflächenwasserkörper einen immens hohen Arbeitsaufwand bedeutet, deren Ergebnisse im Hinblick auf die mesoskaligen Modellansätze für nicht sinnvoll erachtet werden.

Aus diesen Gründen wurde eine Einteilung des Einzugsgebietes in 10 Bilanzierungsgebiete / Bewirtschaftungseinheiten vorgenommen. Die Abgrenzung erfolgte anhand der Pegelmessstellen, aber auch annähernd gleicher Gebietseigenschaften (Gewässer-, Naturraumtypologien und Belastungscharakteristika) in Anlehnung an die Gruppierung von Wasserkörpern nach einer Definition im Leitfaden der IMPRESS-Arbeitsgruppe (IMPRESS, 2002). (Hinweis: Die aus dem hier benutzten Begriff resultierenden Wasserkörpergruppierungen sind nicht identisch mit den Wasserkörpergruppen, die nach NRW-Leitfaden im Rahmen der Aufstellung der Monitoringkonzepte gebildet wurden.)

Räumliche Grundlage für die Bewirtschaftungseinheiten insgesamt war die aus der Bestandsaufnahme bekannte Abgrenzung des Einzugsgebietes, wobei die in den Nachbarstaaten (Belgien und Niederlande) liegenden Bereiche des Rur-Einzugsgebietes ebenfalls eingeschlossen wurden. Eine Ausnahme bildet der nördliche Bereich des Einzugsgebietes in den Niederlanden, da hierfür keine Daten vorhanden waren und es im Sinne einer Maßnahmenplanung von Nordrhein-Westfalen auch nicht für notwendig erachtet wurde, die Flächenansätze wie in den anderen ausländischen Bereichen abzuschätzen.

Das so berücksichtigte Gebiet umfasst eine Fläche von etwa 2.273 km<sup>2</sup>, wovon etwa 191 km<sup>2</sup> außerhalb Deutschlands liegen.

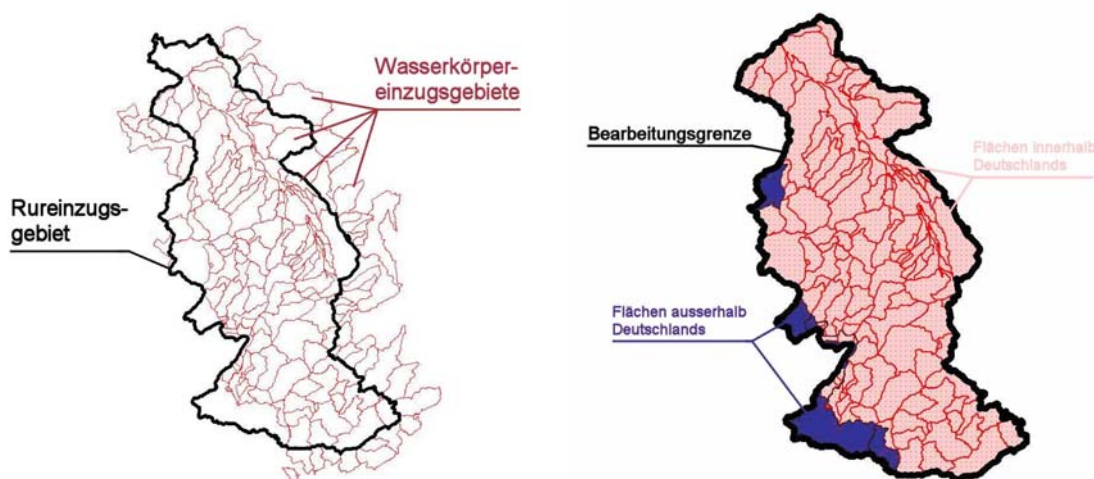


Abbildung 3-2: Wasserkörpereinzugsgebiete und Bearbeitungsgrenzen

Tabelle 3-3: Übersicht Bewirtschaftungseinheiten

Nr.	Bezeichnung	Flaeche [km <sup>2</sup> ]	Bilanzpegel
1	Untere Rur	383	Stah
2	Ellebach; Mühlenteich	166	Linnich 1
3	Merzbach	98	Welz
4	Wurm	305	Randerath
5	Mittlere Rur	172	Altenburg 1
6	Inde	355	Kirchberg
7	Kall	77	Zerkall 2
8	Obere Rur/Erkensruhr	229	Zerkall 1
9	Urft	341	Gemünd
10	Obere Rur/Perlenbach	147	Monschau
<b>Summe</b>		<b>2.273</b>	

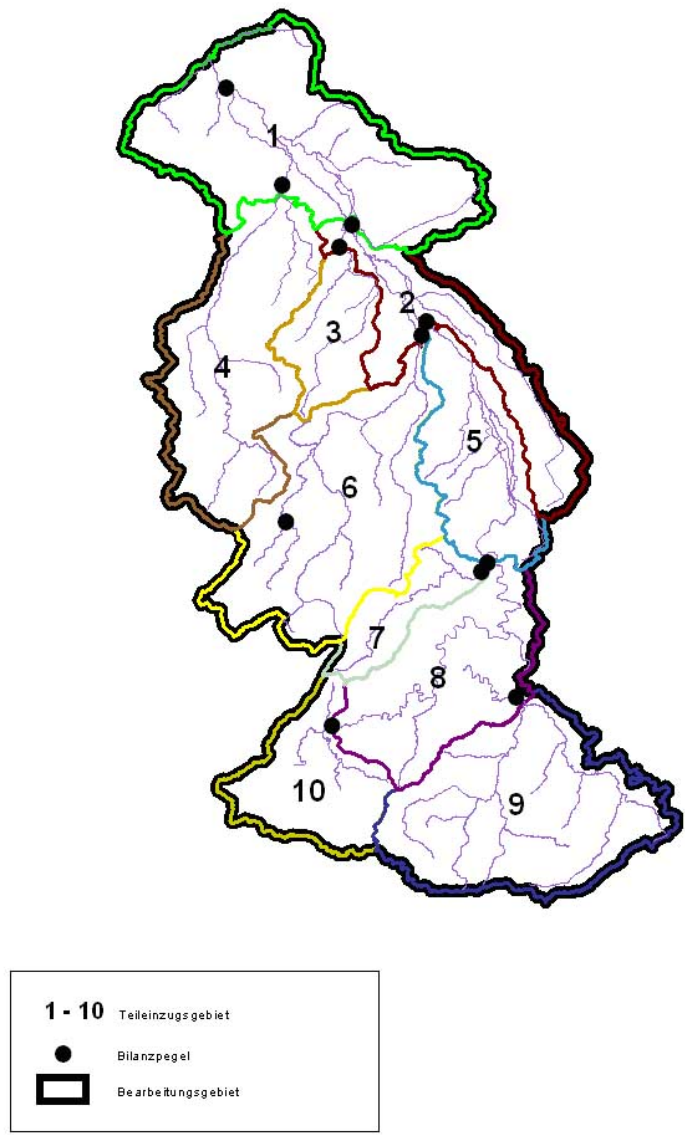


Abbildung 3-3: Lage der Bewirtschaftungseinheiten

### 3.6.2 Stickstoff und Phosphor

Die Bilanzierung der im Projekt zu untersuchenden Nährstoffe Stickstoff und Phosphor wurde mit Hilfe des beschriebenen Bilanzierungsmodells MOBINEG durchgeführt.

#### Berechnung

Zur Ermittlung der Flächennutzung wurden die durch das Staatliche Umweltamt Aachen zur Verfügung gestellten Flächendaten des Amtlich Topografisch Kartografischen Informationssystems (ATKIS) herangezogen.

Da MOBINEG mit CORINE-Daten in geringerem Detaillierungsgrad arbeitet, mussten die Nutzungsarten in geeigneter Weise zusammengefasst werden. Insgesamt ergaben sich die in Tabelle 3-4 dargestellten Flächenanteile der Landnutzungskategorien. Die abweichende Fläche des Einzugsgebietes nach Analyse der ATKIS-Daten rührt offensichtlich aus Flächenüberlagerungen her, die für die hier durchzuführenden Betrachtungen nicht eliminiert werden konnten und deren Einfluss auf die Berechnungsergebnisse der diffusen Einträge zu berücksichtigen ist.

Tabelle 3-4: Flächenanteile der Landnutzungskategorien

<b>NS</b>	<b>Atkis.NSMOBINEG</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	<b>[%]</b>
111	town	197.364.329	7,97
112	suburb	91.241.401	3,68
121	paved area	80.385.297	3,25
131	barren land	5.424.524	0,22
132	heathland	21.542.541	0,87
133	green urban areas	28.197.813	1,14
211	arable land	755.390.201	30,51
231	pastures	489.410.387	19,77
311	forest	694.692.010	28,06
411	moors	381.187	0,02
511	water	23.933.439	0,97
600	Fehlstelle	88.109.146	3,56
	Summe	2.476.072.276	

Die Erosionsdaten wurden durch das Staatliche Umweltamt Aachen als Polygon-shape übergeben, wobei den jeweiligen Polygonen immer eine der sechs Klassen der Erosionsgefährdung zugeordnet ist, wie sie im Ergebnisbericht zur Bestandsaufnahme aufgeführt sind (siehe Tabelle 3-5).

Zur flächengenauen Beschreibung der nutzbaren Feldkapazität nFKWe wurden durch das Staatliche Umweltamt Aachen digitale Bodenkarten übergeben. Durch die Verbindung der zugeschnittenen Karten mit Tabellen der Bodenparameter (dBase-kompatible Dateien) war eine räumliche Zuordnung der nFKWe möglich. Da die nFKWe sehr genau angegeben wurden, war es notwendig, die Werte zur Verringerung der Anzahl der Datensätze in Klassen von jeweils 20 mm (bzw. 20 l/m<sup>2</sup>)–Schritten zusammenzufassen.

Tabelle 3-5: Klassen der Erosionsgefährdung

<b>GRIDCODE</b>	<b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b>	<b>Fläche [%]</b>
1	1.767.221.822	71,37
2	599.643.004	24,22
3	70.484.524	2,85
4	20.425.612	0,83
5	14.776.414	0,60
6	3.640.985	0,15
Summe	2.476.192.360	

Der Ergebnisbericht zur Bestandsaufnahme für das Rur-Einzugsgebiet enthält die Grundwasserbilanzen der Grundwasserkörper. Zur räumlichen Zuordnung wurden die Grundwasserkörper als Polygon-shape zur Verfügung gestellt. Die jeweiligen Grundwasserneubildungsraten wurden per Hand zugeordnet.

Die Grundwasserentnahmen lagen für jeden Grundwasserkörper als absoluter Wert vor. Dieser Wert wurde auf die Fläche des Grundwasserkörpers umgerechnet. Der so erhaltene Wert wurde mit der im jeweiligen Teileinzugsgebiet betroffenen Fläche des Grundwasserkörpers multipliziert. Die angesetzten Werte können daher nur ein grober Richtwert sein. Eine genauere Erfassung muss späteren Betrachtungen vorbehalten bleiben.

Die Zuordnung der Flächen zu Gemeinden ist bei der Berechnung mit MOBINEG von großer Bedeutung. Die Kulturarten werden vom Landesamt für Statistik jeweils gemeindebezogen herausgegeben. Daher war es erforderlich, den Berechnungsflächen die Gemeindefürnummern zuzuordnen.

Zu den in den Niederlanden und in Belgien liegenden Bereichen des Bearbeitungsgebietes lagen nur lückenhafte Informationen vor. Nach punktueller Vor-Ort-Besichtigung wurde eingeschätzt, dass die im Ausland liegenden Flächen von der Landnutzung, der Erosionsgefährdung, der Grundwasserneubildung und der nutzbaren Feldkapazität her den jeweiligen Grenzgebieten auf deutscher Seite entsprechen. Daher wurde in das deutsche Grenzgebiet ein Puffer in der Tiefe des betreffenden ausländischen Gebietes gelegt und von diesem die jeweiligen Parameter bestimmt. Dem ausländischen Grenzgebiet wurden dann die im deutschen Puffer berechneten Werte anteilmäßig zugewiesen.

Gemäß Vorgabe des Auftraggebers wurden die Einleitmengen und –frachten aus Kläranlagen und Regenwassereinleitungen für die Berechnung mit MOBINEG dem Ergebnisbericht zum Rur-Einzugsgebiet unverändert entnommen. Hinsichtlich der Phosphorfrachten aus Regenwassereinleitungen ist anzumerken, dass die in Dokumentation und Ergebnisbericht enthaltenen Werte den Projektarbeitern als zu hoch erscheinen. Hier müssen im Rahmen des Monitorings noch Überprüfungen erfolgen.

Die Niederschlags- und Abflussdaten lagen in sehr hoher Auflösung vor. Zur Berechnung mit MOBINEG mussten jeweils Monatsmittelwerte gebildet werden.

### Ergebnisse der Bilanzierung

Die berechneten Nährstofffrachten sind in Bezug auf die Eintragspfade in Abhängigkeit der Nutzungsintensität des Gewässers und der Landnutzung sehr unterschiedlich. Grund dafür ist gemäß den Berechnungsergebnissen vor allem die intensive landwirtschaftliche Nutzung im unteren Einzugsgebiet. Eine Ausnahme stellen Wurm und Inde mit sehr hohen punktuellen Stickstoffeinträgen über Kläranlagen und Regenwassereinleitungen dar.

Abweichend davon dominieren bei den Phosphoreinträgen neben Erosion und Direkteinträgen die in jedem Fall zu verifizierenden Regenwassereinleitungen bzw. in der Wurm die Kläranlagen mit dem Schwerpunkt Niederlande.

Die Ergebnisse für die einzelnen Bewirtschaftungseinheiten sind in Tabelle 3-6 zusammengefasst und in Tabelle 3-7 für die einzelnen Eintragspfade aufgeschlüsselt dargestellt.

Tabelle 3-6: Berechnungsergebnisse der Nährstofffrachten je TEZG

<b>TEZG</b>	<b>Fracht N<sub>ges</sub> [t/a]</b>	<b>Fracht P<sub>ges</sub> [t/a]</b>
1	1645,46	76,45
2+3	884,01	47,52
4	1431,29	122,11
5	506,23	39,41
6	676,54	50,26
7	82,94	8,35
8	191,7	16,18
9	370,46	33,04
10	55,77	10,16
<b>Gesamt</b>	<b>5844,4</b>	<b>403,48</b>

Tabelle 3-7: Berechnungsergebnisse der Nährstoffbelastungen für N und P im Rur-Einzugsgebiet mit MOBINEG

Eintragspfade	1- Untere Rur		2+3 - Ellebach, Merzbach		4 - Wurm		5 - Mittlere Rur		6 - Inde		7 - Kall		8 - Talsperren, Erkersruhr		9 - Urft		10 - Obere Rur	
	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]	N [t/a]	P [t/a]
<b>Punktuelle Einträge</b>																		
<b>Kläranlagen gemäß Bestandsaufnahme</b>	129,52	5,32	60,06	3,89	700,14	67,12	101,50	5,82	291,46	13,27	4,86	0,56	36,81	1,20	54,12	1,33	5,85	0,39
<b>RW+MW-Einleitungen gemäß Bestandsaufnahme</b>	89,80	22,46	71,06	17,77	96,44	24,10	55,96	13,99	63,88	15,97	8,95	2,24	18,43	4,61	38,55	9,63	9,54	2,39
<b>Industrielle Einleitungen gemäß Bestandsaufnahme</b>	54,07	1,33	9,82	0,23	0,00	0,00	48,42	4,77	6,55	0,01	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Diffuse Einträge</b>																		
<b>Direkteinträge ins Gewässer</b>	47,29	16,02	18,18	5,11	28,30	10,33	18,18	2,73	60,19	11,83	12,21	3,15	56,71	5,22	55,13	9,79	22,22	5,82
<b>Erosion</b>	76,36	29,21	50,20	19,21	50,04	19,11	29,59	11,29	17,98	6,85	4,57	1,74	10,42	3,96	25,91	9,86	0,33	0,13
<b>Zwischenabfluss</b>	917,77	1,49	506,73	0,95	383,43	0,95	190,78	0,59	202,96	1,96	49,33	0,61	52,99	0,91	168,64	2,07	16,88	1,35
<b>Dränabfluss</b>	18,56	0,03	10,23	0,01	7,67	0,02	3,72	0,00	3,44	0,02	0,86	0,01	0,67	0,01	2,72	0,03	0,06	0,02
<b>Grundwasser</b>	312,09	0,59	157,73	0,35	165,27	0,48	58,08	0,22	30,08	0,35	2,16	0,04	15,61	0,27	25,39	0,33	0,89	0,06
<b>Gesamtsummen</b>	1645,46	76,45	884,01	47,52	1431,29	122,11	506,23	39,41	676,54	50,26	82,94	8,35	191,7	16,18	370,46	33,04	55,77	10,16

## Plausibilitätsprüfung

Zur Plausibilitätsprüfung der mit MOBINEG ermittelten diffusen Einträge erfolgte ein Vergleich mit einer Bilanzierung, welche die Internationale Maaskommission (IMK, 2005) im übergeordneten Bestandsaufnahmebericht für die verschiedenen Teilgebiete des Maaseinzugsgebietes mit dem Bilanzierungsmodell MONERIS durchführte (Tabelle 3-8).

Tabelle 3-8: Vergleich bilanzierter Nährstoffeinträge im Einzugsgebiet

<b>Frachten [kg/a]</b>	<b>MOBINEG N</b>	<b>MONERIS* N</b>	<b>MOBINEG P</b>	<b>MONERIS* P</b>
Industrieabwasser	118.920	110.890	6.340	6.260
Behandeltes Abwasser	1.384.320	1.071.720	98.900	44.460
Unbehandeltes Abwasser	452.610**	361.600	113.160**	90.400
Landwirtschaft	3.508.510***	2.801.000	167.890***	53.700
Rest	380.040	90.400	17.190	-
<b>Gesamt</b>	<b>5.844.400</b>	<b>4.435.610</b>	<b>403.480</b>	<b>194.820</b>

\* einschließlich der südlichen sonstigen Maas-Zuflüsse (D)

\*\* nur RW-Einleitungen (Mengen der Bestandsaufnahme)

\*\*\* einschließlich Direkteinträge durch Dünger, Weidewirtschaft und landwirtschaftl. Betriebe

Der Vergleich beider Bilanzierungen offenbart große Unterschiede hinsichtlich der Frachten aus diffusen Einträgen. Die eingetragenen Gesamtfrachten stimmen nicht mit den Mittelwerten der gemessenen Frachten von 2.815,3 t N/a (aus 3,57 mg/l N und 788,6 Mio. m<sup>3</sup>/a) sowie 134,1 t P/a (aus 0,17 mg/l P) in Vlodrop überein.

Nach (HYDROTEC, 2004) sind die berechneten Daten bei einem Vergleich gemessener und bilanzierter Werte für Stickstoff um 25 % aufgrund der Denitrifikation im Gewässer und um 50 % für Phosphor abzumindern. Gemäß der P-Bilanzierung eines Gutachtens, das an der oberen Rur durchgeführt wurde (LONDONG ET AL., 2005), ist ein Rückhalt von 75 % Gesamtposphor in den Talsperren realistisch. Jedoch sind die unter Verwendung der genannten Ansätze entstehenden Werte von 4.383,3 t N/a und 179,5 t P/a am Gebietsauslass weiterhin erheblich zu hoch.

Problematisch erscheinen ebenfalls die Frachten aus den niederländischen Kläranlagen Kaffeberg und Rimborg sowie vor allem aus den Regenwassereinleitungen des Misch- und Trennsystems, die im Rahmen der Bestandsaufnahme ermittelt wurden (LONDONG et al., 2005a; WENDE, 2006). Für das Einzugsgebiet der oberen Rur ergab sich ca. ein Zehntel der angesetzten Einträge bzgl. der Phosphorfrachten. Hingegen stimmen die mit MOBINEG berechneten Phosphoreinträge relativ genau mit Messdaten aus dem oberen Einzugsgebiet überein.

Die von MOBINEG berechneten N-Frachten der Eintragspfade "Zwischenabfluss", "Dränabfluss" und "Grundwasserabfluss" erscheinen jedoch zu hoch.



Alle Werte sind deshalb nicht ohne eine kritische Überprüfung für die Maßnahmenplanung anzuwenden. In Ermangelung verifizierter diffuser Nährstofffrachten wird im Rahmen dieses Pilotprojektes unter Vorbehalt mit den vorliegenden Werten von MOBINEG weitergerechnet.

### 3.6.3 Atrazin, Diuron und Chloridazon

#### Ermittlung / Berechnung

Eine genaue bzw. hinreichend genaue Bilanzierung über mittlere Jahresfrachten der projektrelevanten Pflanzenschutzmittel Atrazin, Chloridazon und Diuron ist im Rahmen dieses Projektes weder möglich, noch steht vor Abschluss des Monitorings die nach (BACH ET AL., 2000) notwendige Datengrundlage in Kläranlagen und im Gewässer zur Verfügung. Es wird daher eine Abschätzung der Chloridazon- und Diuron-Einträge nach den vorhandenen Literaturwerten für das Gebiet vorgenommen. Der Stoff Atrazin wird in Bezug auf eine Bilanzierung nicht weiter betrachtet, da diese im Hinblick auf sein Anwendungsverbot nicht sinnvoll erscheint.

Die Einteilung der Bewirtschaftungseinheiten aus der Nährstoffberechnung wurde für die Abschätzung der PSM übernommen, da eine kleinräumigere Einteilung noch größere Unsicherheiten der Ergebnisse bewirken würde und so auch wichtige Randdaten der Berechnung von MOBINEG übernommen werden konnten.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) wurde an der Universität Giessen ein Forschungsprojekt zur Schätzung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer Deutschlands durchgeführt (BACH ET AL., 2000). Die Studie verwendete vorliegende Daten von Mitte der 1990er Jahre, sodass die Datengrundlage im Hinblick auf die Bestandsaufnahme nur bedingt zutreffen dürfte. Für den späteren realen Anwendungsfall sind hier noch weitergehende Abgleichungen mit aktuellen und auf das konkrete Teileinzugsgebiet bezogenen Daten - so weit dann vorhanden - erforderlich.

Gemäß den Ergebnissen der Studie werden im langjährigen Mittel:

- 5 kg/a Chloridazon und
- 0 kg/a Diuron in das Einzugsgebiet diffus eingetragen.

Die Chloridazonfracht gelangt zum überwiegenden Teil über Oberflächenabfluss (Runoff) ins Gewässer; die Eintragspfade "Drainagen" und "Abdrift" sind dagegen unbedeutend. (BACH ET AL., 2000)

Über die Rübenanbaufläche von ca. 16.300 ha im Einzugsgebiet ergeben sich nach (BACH ET AL., 2000) mit 23 Feldspritzen pro 1000 ha Anbaufläche und grob

geschätzten 100 g je Spritze und Jahr insgesamt rund 375 Feldspritzen im Einzugsgebiet sowie ein Eintrag von 37,5 kg/a durch Hofabläufe.

Somit lässt sich der Gesamteintrag an Chloridazon im Rur-Einzugsgebiet mit 42,5 kg/a bestehend aus:

- 37,5 kg/a Eintrag aus Hofabläufen über Kläranlagen, Regenentlastungen und Direkteinträge und
- 5 kg/a Oberflächenabfluss vom Ackerland angeben.

Die Einträge des Totalherbizids Diuron setzen sich im Gegensatz zu Chloridazon vor allem aus punktuellen Einträgen der Anwendungen im öffentlichen, privaten und landwirtschaftlichen Bereich zusammen.

Die relevanten Diuron-Einträge aus Hofabläufen lassen sich analog zu Chloridazon mit Hilfe der bei (BACH ET AL., 2000) angegebenen Werte abschätzen. Die Anbaufläche für Sonderkulturen, dem Einsatzbereich des Diurons, beträgt laut Bestandsaufnahme des Einzugsgebietes 0,1 % und lt. ATKIS-Daten 371,4 ha, sodass sich mit 126 Geräten pro 1000 ha Sonderkulturanbaufläche angeben ein Wirkstoffeintrag von 4,7 kg/a berechnen lässt.

Relevanter erscheinen bei Diuron jedoch die Einträge aus dem öffentlichen und privaten Bereich. So berechnet (HEß, 2003) diese Einträge in Abhängigkeit der Fläche von Wegen, Straßen und Plätzen mit 4,3 g Diuron/(ha·a). Unter Verwendung der Fläche des "paved area" aus der MOBINEG- Berechnung ergibt sich ein Eintrag von 33,0 kg/a Diuron. Somit lässt sich der Gesamteintrag an Diuron im Rur-Einzugsgebiet mit 37,3 kg/a bestehend aus:

- 4,3 kg/a Eintrag aus Hofabläufen über Kläranlagen, Regenentlastungen und Direkteinträge und
- 33,0 kg/a Eintrag von befestigten Flächen im öffentlichen und privaten Bereich über Kläranlagen, Regenentlastungen und Direkteinträge angeben.

Tabelle 3-9: Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Chloridazon und Diuron

Eintragspfade	1- Untere Rur		2+3 - Ellebach, Merzbach		4 - Wurm		5 - Mittlere Rur		6 - Inde		7 - Kall		8 - Talsperren, Erkersruhr		9 - Urft		10 - Obere Rur	
	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]	Diuron [kg/a]
<b>Hofabläufe über Kläranlagen, RW-Einleitungen und direkt</b>	14,11	1,42	10,62	0,66	7,16	1,26	3,59	1,00	1,89	0,30	0,02	0	0,11	0,01	0,01	0,03	0	0
<b>Oberflächenabfluss vom Ackerland</b>	1,88	0	1,42	0	0,95	0	0,48	0	0,25	0	0,00	0	0,02	0	0	0	0	0
<b>Befestigte Flächen über KA, RW-Einleitungen und direkt</b>	0	5,85	0	9,96	0	8,23	0	3,19	0	4,77	0	0,34	0	0,36	0	0,16	0	0,11
<b>Gesamtsummen</b>	15,99	7,27	12,04	10,62	8,11	9,49	4,06	4,19	2,14	5,07	0,03	0,34	0,13	0,38	0,01	0,19	0	0,11

## Plausibilitätsprüfung

Valide und gleichzeitig präzise Wirkstofffrachten für PSM können nach (BACH ET AL., 2000) aufgrund der großen zeitlichen Variabilität der Wirkstoffkonzentrationen nur berechnet werden, wenn entweder mindestens ca. 40 Stichproben pro Jahr entnommen worden sind oder wenn die Probenahme kontinuierlich erfolgte.

Die häufigsten, regelmäßigen Stichproben im Einzugsgebiet wurden an der Probenahmestelle "End-Steinkirchen" oberhalb des Gebietsauslasses etwa monatlich entnommen. Die gemessenen Immissionswerte, insbesondere die Konzentrationen des sehr temporär auftretenden Diuron, eignen sich nicht für einen Vergleich mit den in Tabelle 3-9 abgeschätzten Frachten.

Gemäß den Angaben von (BACH ET AL., 2000) darf zu keinem Zeitpunkt außer Acht gelassen werden, dass der Vertrauensbereich der Schätzungen zu den angegebenen diffusen PSM-Einträgen in Oberflächengewässer in einer Größenordnung von ca. 20 % bis 300 % des angegebenen Erwartungswertes liegt.

### **3.6.4 Blei, Cadmium und Zink**

#### Ermittlung / Berechnung

Die Ermittlung der diffusen Schwermetalleinträge erfolgte in Anlehnung an (BÖHM ET AL., 2000) nach Modellansätzen von MONERIS (Modelling Nutrient Emissions in River Systems). In der genannten Studie wurden erstmals für Deutschland insgesamt die Einträge der Schwermetalle Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber, Nickel, Blei und Zink in die deutschen Gewässer abgeschätzt. Dabei wurden folgende Eintragspfade berücksichtigt:

- Hofabläufe und Abdrift
- Oberflächenabfluss (Runoff) von unbefestigten Flächen
- Erosion
- Dränagen (und Grundwasser)
- Atmosphärische Deposition

Die einzelnen hinterlegten Konzentrationen entsprechen dabei verschiedenen Werten aus der Literatur. Die Flächen- bzw. Nutzungsparameter, wie Düngemittelaufwand, Oberflächenabfluss von unbefestigten Flächen, Sedimenteintrag, Dränspende, Größe der drainierten Fläche und Gesamtfläche der Oberflächengewässer wurden den MOBINEG-Berechnungen entnommen und an der Inde im Bereich von Stolberg zusätzlich mit genaueren Schwermetallgehalten im Boden

und in den Halden (SCHNEIDER, 1982) hinterlegt (Tabelle 3-10). Die Punktquellen entsprechen den Daten der Bestandsaufnahme (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005).

Tabelle 3-10: Mittlere Pb-, Cd- und Zn-Gehalte der Böden im Stolberger Raum nach (SCHNEIDER, 1982)

Pb [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Zn [mg/kg]	km <sup>2</sup> Fläche
15.000	75	60.000	0,9
7.500	37,5	30.000	1,1
3.500	17,5	15.000	6,0
1.500	7,5	7.500	9,6
750	3,75	3.750	19,9
350	1,75	1.750	23,4
150	0,5	500	12,1

Nicht berücksichtigt wurden im Rahmen der Bilanzierung weitere Einträge aus den Bergbauhalden (vor allem über den Grundwasserpfad) oder außerhalb des Stolberger Raumes, da den Bearbeitern hier nicht in ausreichendem Maße die Daten zur Verfügung standen. D.h. vor allem die Cadmiumkonzentrationen dürften wegen der Vernachlässigung dieses Eintragspfades unterschätzt worden sein.

### Ergebnisse der Bilanzierung

Die berechneten Schwermetalleinträge (Tabelle 3-11, Tabelle 3-12, Tabelle 3-13) zeigen eine klare Dominanz der Eintragspfade „Regenwassereinleitungen“ (Werte gemäß Bestandsaufnahme) und „Erosion“ im unteren, landwirtschaftsgeprägten Einzugsgebiet. Aufgrund der zusätzlichen Daten der Schwermetallgehalte von Bergehalden im TEZG 6 (Inde) sind in diesem Gebiet erwartungsgemäß die größten Einträge der drei berechneten Schwermetalle identifiziert worden.

Unterschiedliche prozentuale Verteilungen der betrachteten Stoffe auf die einzelnen diffusen Eintragspfade sind wegen der gleichen Berechnungsmethodik und der äquivalenten Eingangsdaten nicht gegeben. Hinsichtlich der Punktquellen sind hier vor allem die auffallend hohen Zinkeinträge des Industrieparks Oberbruch am Gebietsauslass des TEZG 4 (Wurm) zu erwähnen.

Tabelle 3-11: Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Cadmium

Eintragspfade	1- Untere Rur	2+3 - Ellebach, Merzbach	4 - Wurm	5 - Mittlere Rur	6 - Inde	7 - Kall	8 - Talsperren, Erkensruhr	9 - Urft	10 - Obere Rur
	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]	Cadmium [kg/a]
	Punktuell								
<b>Kläranlagen</b>	5,07	1,67	19,12	7,90	13,75	0,41	2,02	1,68	0,24
<b>Industrie</b>	0	0,03	0	0,28	0,03	0	0	0	0
<b>Regenwasser-Einleitungen</b>	45,51	33,37	30,49	32,80	31,31	5,13	10,30	21,07	4,99
	Diffus								
<b>Hofabläufe / Abdrift</b>	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0	0	0,01	0
<b>Erosion</b>	7,57	6,29	4,05	2,28	182,98	0,13	0,25	0,67	0
<b>Runoff</b>	3,63	3,76	0,94	6,80	4,31	5,70	15,86	23,04	15,05
<b>GW + Drainagen</b>	1,02	1,07	3,38	4,5	601,95	2,85	9,18	18,12	6,65
<b>Atm. Deposition</b>	0,67	2,24	0,21	0,42	0,61	0,04	2,04	0,25	0,04
<b>Gesamtsummen</b>	63,50	48,44	58,22	54,99	834,94	14,27	39,65	64,83	26,98

Tabelle 3-12: Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Blei

Eintragspfade	1- Untere Rur	2+3 - Ellebach, Merzbach	4 - Wurm	5 - Mittlere Rur	6 - Inde	7 - Kall	8 - Talsperren, Erkensruhr	9 - Urft	10 - Obere Rur
	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]	Blei [kg/a]
	Punktuell								
<b>Kläranlagen</b>	50,65	16,69	199,66	78,91	162,50	4,10	12,82	25,04	2,39
<b>Industrie</b>	0	0,41	0	0	8,76	0	0	0	0
<b>Regenwasser-Einleitungen</b>	1819,15	1340,54	1263,60	1300,07	1253,92	203,53	409,18	838,54	199,28
	Diffus								
<b>Hofabläufe / Abdrift</b>	0,71	0,27	0,47	0,13	0,19	0,03	0,04	0,11	0
<b>Erosion</b>	360,39	299,53	193,01	108,80	2478,60	6,18	11,70	32,13	0,16
<b>Runoff</b>	39,44	40,45	10,47	72,99	46,33	61,11	170,01	246,93	161,30
<b>GW + Drainagen</b>	7,67	8,01	14,45	24,78	8093,80	17,12	52,56	95,50	41,66
<b>Atm. Deposition</b>	13,39	44,84	4,17	8,40	12,17	0,87	40,84	4,91	0,76
<b>Gesamtsummen</b>	2291,42	1750,73	1685,82	1594,08	12056,28	292,93	697,16	1243,16	405,55

Tabelle 3-13: Berechnungsergebnisse des Rur-Einzugsgebietes für Zink

Eintragspfade	1 - Untere Rur	2+3 - Ellebach, Merzbach	4 - Wurm	5 - Mittlere Rur	6 - Inde	7 - Kall	8 - Talsperren, Erkensruhr	9 - Urft	10 - Obere Rur
	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]	Zink [kg/a]
	Punktuell								
<b>Kläranlagen</b>	42,81	50,56	2179,29	813,63	2226,45	49,02	40,20	36,21	45,94
<b>Industrie</b>	2382,70	0	0	40,62	0	0	0	0	0
<b>Regenwasser-Einleitungen</b>	8554,75	6422,77	6755,76	5914,06	5944,84	930,49	1881,30	3874,15	929,92
	Diffus								
<b>Hofabläufe / Abdrift</b>	48,38	18,15	32,08	8,65	13,09	1,87	2,69	7,58	0,08
<b>Erosion</b>	1609,75	1337,88	862,10	485,97	22251,92	27,60	52,26	143,53	0,70
<b>Runoff</b>	374,43	342,28	124,87	585,64	381,82	483,19	1340,99	1952,54	1269,01
<b>GW + Drainagen</b>	102,32	106,80	525,78	603,11	35856,08	359,09	1196,16	2504,10	806,08
<b>Atm. Deposition</b>	83,70	280,24	26,05	52,50	76,09	5,42	255,24	30,69	4,76
<b>Gesamtsummen</b>	13198,85	8558,68	10505,94	8504,17	66750,30	1856,68	4768,84	8548,79	3056,49

### Plausibilitätsprüfung

Ein Vergleich der gemessenen Konzentrationen im Gewässer und den bilanzierten Frachten erweist sich hinsichtlich der Schwermetalle als außerordentlich schwierig, da die Stoffe sehr komplexen Veränderungen im Gewässer unterliegen. U.a. konnte kein Umbau der Stoffe in den Gewässern berücksichtigt werden, wie z.B. die Sedimentation von ad- oder absorbierten Schwermetallen an organischen Stoffen.

Aus diesem Grund zeigt die Gegenüberstellung der Ergebnisse in Tabelle 3-14 für Zink und Blei einen deutlich höheren Eintrag bei den berechneten Brutto-Gesamtkonzentrationen (Summe der Konzentrationen der gelösten Phase und der Schwebstoffe ohne Berücksichtigung sedimentierter Stoffe). Der Unterschied ist für Blei am deutlichsten (252 %), beträgt aber für das wesentlich mobilere Cadmium nur 5 %.

Unter Berücksichtigung der Immobilisierung von Blei über den Fließverlauf eines Gewässers von ca. 70 % auf 20 Flusskilometern bis zu ca. 95 % auf 80 Flusskilometern (KOPPE, 1973) erscheint somit der Anteil von 40 % bei näherer Betrachtung als eher zu geringe Größe. Diese Aussagen gelten auch für das Metall Zink.

Problematisch erscheinen in diesem Zusammenhang jedoch analog zu Kapitel 3.6.2 die in dieser Höhe kalkulierten Frachteinträge aus Regenwassereinleitungen des Trennsystems sowie Mischwasserentlastungen des Mischsystems.

Hinsichtlich aller bilanzierten Einträge ist eine genauere Prüfung durchzuführen, bevor diese für eine rechtlich verbindliche Maßnahmenplanung verwendet werden können. In Ermangelung dieser verifizierten Werte wird auch hier mit den ermittelten Zahlen weitergerechnet.

Tabelle 3-14: Vergleich der bilanzierten und gemessenen Schwermetallkonzentrationen

Parameter	Eintrag [kg/a]	Brutto-Gesamtkonzentration [ $\mu\text{g/l}$ ]	Konzentration in gelöster Phase (gemessen) [ $\mu\text{g/l}$ ]	Gehalt in Schwebstoffen (gemessen) [mg/kg]	Konzentration in Schwebstoffen (genähert) [ $\mu\text{g/l}$ ]	Gesamtkonzentration (genähert) [ $\mu\text{g/l}$ ]
Cd	1205,83	<b>1,62</b>	0,31	49,03	1,23	<b>1,54</b>
Pb	22017,1	<b>29,58</b>	5,58	246,33	6,16	<b>11,74</b>
Zn	125748,7	<b>168,96</b>	39,44	1450,67	36,27	<b>75,71</b>

### 3.7 Baseline Scenario der wirtschaftlichen Analyse

In der wirtschaftlichen Analyse wurden für die jeweiligen Bearbeitungsgebiete des Landes Prognosen zu wirtschaftlich, demografisch oder städtebaulich bedingten Veränderungen der Frachteinträge durchgeführt. Diese Bereiche werden wie folgt unterschieden (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005):

1. Frachten industrieller Direkteinleiter
2. Frachten kommunaler Einleiter
3. Frachten aus Regen- und Mischwassereinleitungen

Die Veränderungen dieser drei Bereiche werden nachfolgend für das Bearbeitungsgebiet der Rur aus dem Ergebnisbericht (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005) zusammengefasst dargestellt und erläutert.

Für die Fracht-Veränderungen der Direkteinleitungen der Industriebetriebe sind die Faktoren wirtschaftliche Entwicklung und Wirtschaftswandel, technologische Entwicklung, integrierte Umweltschutzmaßnahmen sowie gesetzgeberische Maßnahmen und Förderprogramme von Bedeutung. Durch zukünftige Maßnahmen für den integrierten Umweltschutz werden sowohl rückläufige Abwasserfrachten durch verbesserten Stoffrückhalt als auch die Reduktion der Abwassermengen (Wasserkreislaufschließung) eine Verbesserung bewirken.



Tabelle 3-15 zeigt eine Übersicht über die Frachten der industriellen Direkt-einleiter im Jahr 2002 sowie die aus dem Ergebnisbericht übernommene Prog-nose der Frachten für 2015.

Tabelle 3-15: Prognose der Frachten industrieller Direkt-einleiter (Staatliches Umweltamt Aachen, 2005)

<b>Frachten industrieller Direkt-einleiter</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>2002</b>	<b>2015</b>	<b>Veränderung in %</b>
N <sub>ges</sub>	[t/a]	108,1	96,6	-10,6
Pb	[kg/a]	9,2	8,4	-8,6
Cd	[kg/a]	0,3	0,3	-8,3
Zn	[kg/a]	2.401,6	2.098,2	-12,6
P <sub>ges</sub>	[t/a]	5,2	4,7	-9,8

Wasserverbrauch und Schmutzwasseranfall der privaten Haushalte sowie die klimatische Entwicklung bestimmen die Schmutzwasserkomponente des kommunalen Abwassers. Bei einem Rückgang des Wasserverbrauchs wird sich eine Aufkonzentrierung des Schmutzwassers ergeben. Gemessen an der Entwicklung des Frischwasserbedarfs wird sich die Menge des Schmutzwassers weniger stark reduzieren, da das reduzierte Frischwasser durch Regenwasser substituiert wird.

Die Frachten der kommunalen Einleiter sind bis zum Jahr 2015 durchgehend rückgängig (Tabelle 3-16). Neu anfallendes Abwasser kann auf Grund der gegenwärtigen Anlagen-Kapazitäten behandelt werden.

Tabelle 3-16: Prognose der Frachten kommunaler Einleiter (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005)

<b>Frachten kommunaler Direkt-einleiter</b>				
<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>2002</b>	<b>2015</b>	<b>Veränderung in %</b>
N <sub>ges</sub>	[t/a]	1.074,6	1.051,0	- 2,2
Pb	[kg/a]	542,2	530,3	- 2,2
Cd	[kg/a]	51,8	50,7	- 2,2
Zn	[kg/a]	5.104,5	4.992,5	- 2,2
P <sub>ges</sub>	[t/a]	46,1	45,3	- 1,8

Abhängig von der Flächen-Versiegelung, vom Flächenverbrauch, von Retentionsmaßnahmen, von Faktoren mit Einfluss auf den Abwasser-Fremdwasseranteil, von der Entwicklung der Starkniederschlagsereignisse und vom Ausbau der Behandlungskapazität der Regen- und Mischwasserkanalisation werden die Regen- und Mischwassereinleitungen im Prognose-Zeitraum von 2002

bis 2015 zunehmen. Die Frachten der Regenwasserabflüsse aus Trennsystemen und von Straßen im Rur-Einzugsgebiet sind jedoch getrennt zu betrachten.

Eine Übersicht über die durch Regenwasser eingeleiteten Frachten gibt die nachfolgende Tabelle 3-17.

Tabelle 3-17: Frachten aus Regenwasserabflüssen 2002 und Prognose für 2015 (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005)

		Frachten aus Regenwasserabflüssen aus Trennsystemen			Frachten aus Regenwasserabflüssen von Straßen		
		2002	2015	Veränderung in %	2002	2015	Veränderung in %
Nges	[t/a]	202,7	210,1	+3,7	170,6	180,6	+5,8
Pb	[kg/a]	4.814,0	4.886,5	+1,5	4.052,4	4.199,8	+3,6
Cd	[kg/a]	121,6	123,5	+1,5	102,4	106,1	+3,6
Zn	[kg/a]	21.789,8	22.117,7	+1,5	18.342,3	19.009,8	+3,6
Pges	[t/a]	50,7	52,5	+3,7	42,7	45,2	+5,8

## 4 Technische Maßnahmen

### 4.1 Vorbemerkungen

Im Verlauf der Projektbearbeitung wurde mit dem Auftraggeber vereinbart, sowohl eine mesoskalige Betrachtung des gesamten Rur-Einzugsgebietes als auch eine konkrete, wasserkörperbezogene Betrachtung der Bewirtschaftungseinheit / des Teileinzugsgebietes 6 (Inde) durchzuführen (siehe (PROTOKOLL, 19.09.2005; PROTOKOLL, 21.09.2006)).

Obwohl eine Erreichung des "guten Zustandes" aller Wasserkörper angestrebt werden soll und somit der Ausgangs- und Endpunkt aller Maßnahmenbetrachtungen ist, sollte herausgefunden werden, welchen Einfluss die Betrachtung beider genannten Skalenebenen auf die Aufstellung des Maßnahmenprogramms besitzt.

Daher wurden zwei unterschiedliche Maßnahmenkataloge erstellt und angewendet:

- ein Katalog mit 11 mesoskaligen Maßnahmengruppen (gruppierte Einzelmaßnahmen zur Anwendung auf Ebene von Bewirtschaftungseinheiten),
- ein Katalog mit 24 Einzelmaßnahmen

Sämtliche Kosten-Wirksamkeiten wurden den angegebenen Literaturquellen entnommen und an die Methodik von Kapitel 2.4 angepasst. Hinsichtlich einer Anwendung darf zu keinem Zeitpunkt vernachlässigt werden, dass die angegebenen Werte respektive die ermittelten Unsicherheiten mittleren, allgemein gültigen Erfahrungswerten aus der Literatur entsprechen, keine Sonderfälle und örtliche Besonderheiten berücksichtigen und somit nur für eine erste Abschätzung der zukünftig anfallenden Kosten geeignet sind.

Diese Einschränkung gilt insbesondere für die Maßnahmengruppen, deren mittlere angegebene Kosten-Wirksamkeit bei der Entscheidung zugunsten einer bestimmten Maßnahme erheblich von der tatsächlichen Kosten-Wirksamkeit der Maßnahme abweichen kann (Beispiel: Kosten für den Bau von Regenbecken oder Umleitung anfallender Abwässer).

Die Maßnahmenkataloge sind hinsichtlich sämtlicher Wirkungsgrade auf die fehlenden Parametergruppen zu erweitern bzw. auch in Bezug auf die enthaltenen Maßnahmen zu vervollständigen.

## 4.2 Maßnahmenkatalog

### 4.2.1 Einzelmaßnahmen

Es ist möglich, außer einer zielbezogenen Einteilung von Maßnahmen (in der Arbeitsmethodik: Priorität 0 bis II) zusätzlich eine Unterscheidung nach dem Wirkungsansatz vorzunehmen. Diese Unterscheidung ermöglicht eine vereinfachte Katalogisierung der Maßnahmen und die Einordnung der Bedeutung im Hinblick auf den Gewässerschutz. In Anlehnung an die Einteilung der Maßnahmen in den Niederlanden wird deshalb vorgeschlagen, nach dem Prinzip von Abbildung 4-1 vorzugehen, d. h. die Maßnahmen grundsätzlich wie folgt zu untergliedern:

- Vermeidungsbezogene Maßnahmen
- Verfahrensbezogene Maßnahmen
- Auswirkungsbezogene Maßnahmen
- Strukturbezogene Maßnahmen
- Abflussbezogene Maßnahmen in den Gewässern (einschl. Grundwasser)

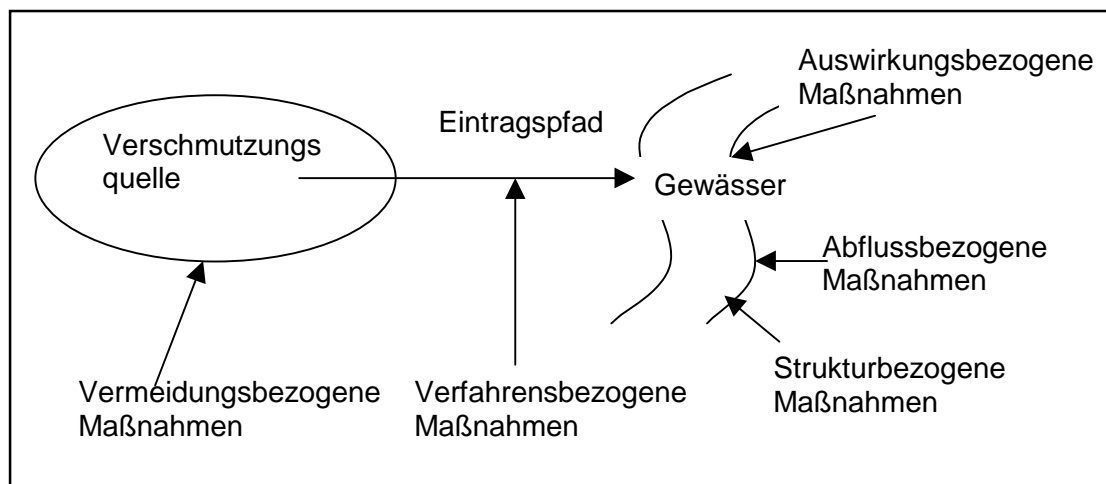


Abbildung 4-1: Vorgeschlagenes Maßnahmenprinzip

In Bezug auf den Gewässerschutz ergibt sich bei gleicher Kosteneffizienz eine absteigende Wertigkeit ausgehend von den vermeidungs-, struktur- und ggf. abflussbezogenen Maßnahmen über die verfahrensbezogenen zu den auswirkungsbezogenen Maßnahmen. Letztere lösen nicht ein Verschmutzungsproblem, sondern vermindern nur dessen Auswirkungen durch Verdünnung, Verlagerung, Sanierung etc.. In der Maßnahmenplanung wird es aber notwendig sein, alle genannten Maßnahmentypen strategisch umzusetzen, da meist keine (vollständige) Vermeidung stofflicher Einträge umsetzbar sein wird.

Die im Projekt betrachteten Einzelmaßnahmen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit; sie sind durch regionsspezifische Maßnahmen mit Expertenwissen zu ergänzen.

Abfluss- und strukturbezogene Maßnahmen werden im Rahmen dieses Projektes nicht weiter berücksichtigt. Grund für die Vernachlässigung der abflussbezogenen Maßnahmen (z.B. Niedrigwasseraufhöhung) ist eine Nichtinfragestellung der Abflussregulierungen an den Talsperren des Einzugsgebietes. In Bezug auf strukturbezogene Maßnahmen (Renaturierung) sind gegenwärtig noch zu wenige Erkenntnisse bzgl. der genauen Wirkung auf den biologischen Zustand der Gewässer bekannt.

Der Einfluss von abfluss- und / oder strukturbezogenen Maßnahmen auf die hier aufgeführten Maßnahmen ist jedoch auf jeden Fall zu beachten und bei Veränderung der genannten Randbedingungen zur Entscheidung hinzuzuziehen.

In Tabelle 4-1 sind die in Anlehnung an das o. g. Prinzip aufgeteilten Einzelmaßnahmen aufgeführt.

Tabelle 4-1: Einzelmaßnahmen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden

Bez.	Beschreibung	Kostenträger (NRW-spezifisch)	Veränderter Eintragspfad	f <sub>k</sub>	f <sub>w</sub>	Mittlere Kosten-Wirksamkeit (Literaturquellen s. Kap. 4.2.2)	N η	tox. N η	P η	SM η	PSM η
<b>vermeidungsbezogen (A)</b>											
A1	Verstärkte Beratung der Landwirte (N, P, PSM)	Landwirtschaft	Direkteinträge (einschl. Abdrift und Runoff), Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion, Kommunale KA, RW-Einleitungen	1,2	0,02	1,2 €/ (kg N-a) 31 €/ (kg P-a) 3.700 €/ (kg Chloridazon-a) 3.700 €/ (kg Diuron-a)	0,3	0	0,3	0	0,3
A2	Begrenzung der N-Überschüsse und schlagspezifische Aufzeichnung der Düngerausbringung	Landwirtschaft	Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss	1,1	0,3	3,5 €/ (kg N-a)	0,3	0	0	0	0
A3	Modifizierte Bewirtschaftung für besonders schützenswerte Flächen	Landwirtschaft	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,3	0,3	6,3 €/ (kg N-a) 182 €/ (kg P-a)	0,3	0,1 <sup>1</sup>	0,3	0	0,1 <sup>2</sup>
A4	Reduktion des Verbrauches von Stickstoffmineraldünger	Landwirtschaft	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss	1,1	0,3	2,9 €/ (kg N-a)	0,3	0	0	0	0
A5	Erhöhung der Flächenbindung in der Tierhaltung (N, P)	Landwirtschaft	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss	1,3	0,3	10,4 €/ (kg N-a) 110 €/ (kg P-a)	0,3	0,1 <sup>1</sup>	0,3	0	0
A6	Verstärkte Umstellung auf ökologische Landwirtschaft	Landwirtschaft	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,5	0,4	5,5 €/ (kg N-a) 870 €/ (kg Chloridazon-a)	0,3	0,1	0,3	0	0,1 <sup>2</sup>
A7	Umweltgerechte Handhabung von Pflanzenschutzmitteln	Landwirtschaft	Direkteinträge (Abdrift)	1,2	0,2	54 €/ (kg Chloridazon-a)	0	0	0	0	0,5
A8	Abtragung von Altlasten und Entsorgung des Materials	Industrie / Kommune	Direkteinträge, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,3	0,3	880 €/ (g Cd-Äquivalent-a) EZG	0	0	0	0,7	0
A9	Flächenabkopplung durch Versickerung oder Entsiegelung (N, P, SM, PSM)	Kommune	Kommunale KA, RW-Einleitungen	1,3	0,3	560 €/ (kg N-a) 4.400 €/ (kg P-a) 2.220 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,1
A10	Beratung der Bevölkerung zum Umgang mit PSM	Private und Kommune	Kommunale KA, RW-Einleitungen	1,2	0,02	3.700 €/ (kg Diuron-a)	0	0	0	0	0,3

Tabelle 4-1: Einzelmaßnahmen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden

Bez.	Beschreibung	Kostenträger (NRW-spezifisch)	Veränderter Eintragspfad	f <sub>k</sub>	f <sub>w</sub>	Mittlere Kosten-Wirksamkeit (Literaturquellen s. Kap. 4.2.2)	N η	tox. N η	P η	SM η	PSM η
<b>A11</b>	Kontrolle des Umgangs mit PSM	Land	Kommunale KA, RW-Einleitungen, Direkteinträge (einschl. Abdrift und Runoff)	1,1	0,1	2.600 €/((kg Diuron-a) 2.600 €/((kg Atrazin-a)	0	0	0	0	0,5
<b>verfahrensbezogen (B)</b>											
<b>B1</b>	Mobile Umkehrosmoseanlage	Landwirtschaft	Kommunale KA, RW-Einleitungen	1,2	0,8	3.500 €/((kg Chloridazon-a) 3.500 €/((kg Diuron-a)	0	0	0	0	1,0
<b>B2</b>	Membranbiologie Kläranlage (P, SM, PSM)	Wasserverband	Kommunale KA Industrie-KA	1,3	1,0	330 €/((kg P-a) 1.100 €/((g Cd-Äquivalent-a) 175.000 €/((kg Chloridazon-a) 175.000 €/((kg Diuron-a)	0	0,3 <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0
<b>B3</b>	Nachgeschaltete Membranfiltration (P, SM)	Wasserverband	Kommunale KA Industrie-KA	1,4	1,0	1.020 €/((kg P-a) 3.330 €/((g Cd-Äquivalent-a) 530.000 €/((kg Chloridazon-a) 530.000 €/((kg Diuron-a)	0	0,3 <sup>1</sup>	1,0	1,0	1,0
<b>B4</b>	Weitergehende N-Elimination	Wasserverband	Kommunale KA	1,2	1,0	200 €/((kg N-a)	1,0	0,8	0	0	0
<b>B5</b>	Reduzierung der Fremdwassermenge durch Kanalsanierung (N, P, SM)	Kommune	RW-Einleitungen	1,5	0,4	3.040 €/((kg N-a) 12.680 €/((kg P-a) 9.870 €/((g Cd-Äquivalent-a)	0	0	0,1	0,1	0
<b>B6</b>	Weitergehende P-Elimination in großen Kläranlagen	Wasserverband	Kommunale KA	1,1	1,0	28 €/((kg P-a)	0	0,3 <sup>1</sup>	1,0	0	0
<b>B7</b>	P-Elimination in kleinen Kläranlagen	Wasserverband	Kommunale KA	1,3	1,0	230 €/((kg P-a)	0	0,3 <sup>1</sup>	1,0	0	0
<b>B8</b>	Bau von Regenbecken (N, P, SM)	Wasserverband	RW-Einleitungen	1,5	0,5	790 €/((kg N-a) 1.870 €/((kg P-a) 1.040 €/((g Cd-Äquivalent-a)	0,1	0,1	0,2	0,4	0

Tabelle 4-1: Einzelmaßnahmen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden

Bez.	Beschreibung	Kostenträger (NRW-spezifisch)	Veränderter Eintragspfad	f <sub>k</sub>	f <sub>w</sub>	Mittlere Kosten-Wirksamkeit (Literaturquellen s. Kap. 4.2.2)	N η	tox. N η	P η	SM η	PSM η
<b>B9</b>	Bau von Bodenfiltern (N, P, SM)	Wasserverband	RW-Einleitungen	1,4	0,7	770 €/ (kg N-a) 3.350 €/ (kg P-a) 1.910 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0,3	0,3	0,5	0,7	0
<b>B10</b>	Anschluss von Kleinkläranlagen (N, P)	Wasserverband / Kommunen	KKA-Einträge	1,5	1,0	600 €/ (kg N-a) 2.600 €/ (kg P-a)	0,9 <sub>3</sub>	0,9 <sup>3</sup>	0,9 <sup>3</sup>	0,9 <sup>3</sup>	0
<b>B11</b>	Abdichtung von Altlasten und Sickerwasserbehandlung	Industrie / Kommune	Direkteinträge, Erosion	1,4	0,3	530 €/ (g Cd-Äquivalent-a) EZG	0	0	0	0,4	0
<b>auswirkungsbezogen (C)</b>											
<b>C1</b>	Umleitung anfallender Abwässer (N, P, SM)	Wasserverband / Kommune	Kommunale KA, RW-Einleitungen, Industrie-KA	1,5	1,0	2.000 €/ (kg N-a) 8.800 €/ (kg P-a) 28.700 €/ (g Cd-Äquivalent-a) auf 5 km gemittelt	1,0	1,0	1,0	1,0	0
<b>strukturbezogen (S)</b>											
<b>S1</b>	Einrichtung von Uferrandstreifen (N, P, PSM)	Kommunen, Wasserverband, Land, Landwirtschaft	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,2	0,3	8,2 €/ (kg N-a) 82 €/ (kg P-a) 1.300 €/ (kg Chloridazon-a)	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3 <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Indirekte Wirkung mit der Wirkungskette: weniger P, weniger Eutrophierung, mehr Sauerstoff, weniger Algenwachstum, geringere CO<sub>2</sub>-Entnahme, geringere pH-Anhebung, NH<sub>4</sub> wird nicht zu toxischem NH<sub>3</sub>

<sup>2</sup> Verringerung Erosion, damit Transport vom PSM

<sup>3</sup> Anschluss an kommunale KA führt zu deren Mehrbelastung



### 4.2.2 Mesoskalige Maßnahmengruppen

Die Gruppierung der Maßnahmen orientiert sich sowohl an den projektrelevanten Stoffgruppen, als auch an den Verursachern bzw. im Fall der Siedlungsentwässerung an den Eintragspfaden. Aufgrund dieser Systematik wiederholt sich die Nennung verschiedener Maßnahmen. Die Zusammensetzung der Maßnahmengruppen ist in Tabelle 4-2 dargestellt.

In Tabelle 4-3 werden für die Maßnahmengruppen Kosten-Wirksamkeiten, der Unsicherheitsfaktor für Kosten und Effektivitäten  $f_K/f_W$  sowie die Wirkungsgrade  $\eta$  zur Ermittlung der kosteneffizienten Kombinationen angegeben. Die aufgeführten Werte wurden aus den Angaben für die Einzelmaßnahmen (s. Tabelle 4-1) zusammengefasst. Sowohl die Kosten-Wirksamkeiten als auch die Unsicherheitsfaktoren und die Wirkungsgrade entsprechen den Mittelwerten der betrachteten Einzelmaßnahmen. Zur vereinfachten Anwendung wurden Faktoren  $f_W < 0,05$  gleich Null gesetzt.

### 4.2.3 Anwendung der Katalogwerte

Zur Berechnung der Kosten je Maßnahme oder Maßnahmengruppe ist folgende Gleichung anzuwenden:

$$\bar{K}_{MG} = KW \cdot \Delta B_{\text{eff},P} \quad [\text{€/a}] \quad (\text{Gleichung 4-1})$$

$K_{MG}$	Mittlere Kosten je Maßnahme(-ngruppe) [€/a]
$KW$	Mittlere Kosten-Wirksamkeit der Maßnahme(-ngruppe) (s. Tabelle) [€/kg], [€/g]
$\Delta B_{\text{eff},P}$	<u>Verringerte</u> Belastungsfracht des betrachteten Parameters [kg/a], [t/a]

Die verringerte Belastungsfracht lässt sich anhand der Gleichung 4-2 ermitteln, indem der mögliche Ausbaugrad der Maßnahme im Einzugsgebiet sowie die erforderliche Verringerung der stofflichen Frachten aus den maßnahmenbezogenen Eintragspfaden zu Grunde gelegt wird:

$$\Delta B_{\text{eff},P} = \Delta B_{\text{erf},P} \cdot AG_{\text{max},MG} \cdot \bar{\eta}_{PG} \quad [\text{kg/a}], [\text{t/a}] \quad (\text{Gleichung 4-2})$$

$\Delta B_{\text{eff},P}$	Verringerte Belastungsfracht des betrachteten Parameters [kg/a], [t/a]
$\Delta B_{\text{erf},P}$	Erforderliche Verringerung der Belastungsfracht des Parameters [kg/a], [t/a]
$AG_{\text{max},MG}$	Maximal möglicher Ausbaugrad der Maßnahme(-ngruppe) im EZG [-]
$\bar{\eta}_{PG}$	Mittlerer Wirkungsgrad der Maßnahme(-ngruppe) auf die Parametergruppe (s. Tabelle) [-]

Die Kosten der kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen im EZG werden aus der Summe der Kosten aller ausgewählten Maßnahmengruppen gebildet, wobei Wechselwirkungen mit anderen Maßnahmengruppen, reduzierte Oberliegerbelastungen und, im Falle der Wahlmöglichkeit zwischen mehreren Maßnahmen-

gruppen bei ausreichender Frachtverringerung, die kostengünstigste Maßnahmengruppe zu berücksichtigen sind.

Tabelle 4-2: Zusammensetzung der Maßnahmengruppen

Bez.	Beschreibung	Einzelmaßnahmen	Literatur
MG 1	N-Reduktion Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verstärkte Beratung der Landwirte (A1)</li> <li>▪ Begrenzung der N-Überschüsse und schlagspezifische Aufzeichnung der Düngerausbringung durch flächendeckende Weiterentwicklung der Düngeverordnung (A2)</li> <li>▪ Modifizierte Bewirtschaftung für besonders schützenswerte Flächen: kulturspezifische N-Düngungshöchstmengen (ggf. Verbot des Anbaus von Früchten mit erhöhtem Risiko des Nitrataustrags), ständige Bodenbedeckung (Zwischenfruchtanbau, extensive Grünlandbewirtschaftung), Beschränkung des Viehbesatzes, Umstellung auf ökologischen Landbau (A3)</li> <li>▪ Reduktion des Verbrauches von Stickstoffmineraldünger (A4)</li> <li>▪ Erhöhung der Flächenbindung in der Tierhaltung (A5)</li> <li>▪ Verstärkte Umstellung auf ökologische Landwirtschaft (A6)</li> <li>▪ Einrichtung von Uferrandstreifen (S1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002) und (BORCHARDT ET AL., 2004)
MG 2	P-Reduktion Landwirtschaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verstärkte Beratung der Landwirte an erosionsgefährdeten Standorten (A1)</li> <li>▪ Modifizierte Bewirtschaftung für erosionsgefährdete Standorte (A3)</li> <li>▪ Flächenbindung in der Tierhaltung (A5)</li> <li>▪ Einrichtung von Uferrandstreifen (S1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002)
MG 3	PSM-Reduktion Landwirtschaft (diffus)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verstärkte Beratung der Landwirte (A1)</li> <li>▪ Verstärkte Umstellung auf ökologische Landwirtschaft (A6)</li> <li>▪ Umweltgerechte Handhabung von Pflanzenschutzmitteln (A7)</li> <li>▪ Kontrolle zum Umgang mit PSM (A11)</li> <li>▪ Einrichtung von Uferrandstreifen (S1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002) und (BORCHARDT ET AL., 2004)
MG 4	Schwermetall-Reduktion Industrie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Membranbiologie Kläranlage (B2)</li> <li>▪ Nachgeschaltete Membranfiltration (B3)</li> <li>▪ Umleitung der anfallenden Abwässer (C1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002)
MG 5	Schwermetall-Reduktion Altlasten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abtragung von Altlasten und Entsorgung des Materials (A8)</li> <li>▪ Abdichtung von Altlasten und Sickerwasserbehandlung (B11)</li> </ul>	(EUROPEAN COMMISSION, 2004), (TMLNU, 2006), (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ, 2003), (STIEF ET

Tabelle 4-2: Zusammensetzung der Maßnahmengruppen

Bez.	Beschreibung	Einzelmaßnahmen	Literatur
			AUGUST, 2002)
MG 6	N-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flächenabkopplung durch Versickerung (A9)</li> <li>▪ Weitergehende N-Elimination (B4)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002)
MG 7	P-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flächenabkopplung durch Versickerung (A9)</li> <li>▪ Membranbiologie Kläranlage (B2)</li> <li>▪ Nachgeschaltete Membranfiltration (B3)</li> <li>▪ Weitergehende P-Elimination in großen Kläranlagen (B6)</li> <li>▪ P-Elimination in kleinen Kläranlagen (B7)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002) und (LONDONG ET AL., 2005B)
MG 8	PSM-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verstärkte Beratung der Landwirte (A1)</li> <li>▪ Flächenabkopplung durch Versickerung (A9)</li> <li>▪ Beratung der Bevölkerung zum Umgang mit PSM (A10)</li> <li>▪ Kontrolle zum Umgang mit PSM (A11)</li> <li>▪ Mobile Umkehrosmoseanlage (B1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002), (BORCHARDT ET AL., 2004), (LONDONG ET AL., 2005B) und (ALTMAYER ET AL., 2003)
MG 9	SM-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flächenabkopplung durch Versickerung (A9)</li> <li>▪ Membranbiologie Kläranlage (B2)</li> <li>▪ Nachgeschaltete Membranfiltration (B3)</li> <li>▪ Reduzierung der Fremdwassermenge durch Kanalsanierung (B5)</li> <li>▪ Umleitung der anfallenden Abwässer (C1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002)
MG 10	Stoffreduktion Eintragspfad Regenwasser-einleitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Flächenabkopplung durch Versickerung (A9)</li> <li>▪ Reduzierung der Fremdwassermenge durch Kanalsanierung (B5)</li> <li>▪ Bau von Regenbecken (B8)</li> <li>▪ Bau von Bodenfiltern (B9)</li> <li>▪ Umleitung der anfallenden Abwässer (C1)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002) und (BORCHARDT ET AL., 2004)
MG 11	Stoffreduktion Eintragspfad Kleinkläranlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Anschluss von Kleinkläranlagen (B10)</li> </ul>	(BÖHM ET AL., 2002)

Tabelle 4-3: Maßnahmengruppen mit zugehörigen Kosten-Wirksamkeiten, Unsicherheiten und Wirkungsgraden

Bez.	Beschreibung	Kostenträger (NRW-spezifisch)	Veränderter Eintragspfad	f <sub>k</sub>	f <sub>w</sub>	Mittlere Kosten-Wirksamkeit	N η	tox. N η	P η	SM η	PSM η
MG1	N-Reduktion Landwirtschaft	Landwirtschaft, Kommune, Land, Wasserverband	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,5	0,27	7,3 €/ (kg N-a)	0,3	0,09	0,16	0	0,07
MG2	P-Reduktion Landwirtschaft	Landwirtschaft, Kommune, Land, Wasserverband	Direkteinträge, Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,4	0,23	131 €/ (kg P-a)	0,23	0,13	0,28	0	0,13
MG3	PSM-Reduktion Landwirtschaft (diffus)	Landwirtschaft, Kommune, Land, Wasserverband	Direkteinträge (einsch. Abdrift und Runoff), Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,5	0,2	2.200 €/ (kg Chloridazon-a) 3.400 €/ (kg Diuron-a) 2.600 €/ (kg Atrazin-a)	0,12	0,08	0,1	0	0,34
MG4	Schwermetall-Reduktion Industrie (ohne betriebsinterne Maßnahmen)	Wasserverband, Industrie	Industrie-KA, RW-Einleitungen	1,5	1,0	22.000 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0,33	0,53	1,0	1,0	0,67
MG5	Schwermetall-Reduktion Altlasten	Kommune, Industrie, Land	Direkteinträge, Zwischen- und GW-Abfluss, Erosion	1,3	0,3	760 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0	0	0	0,55	0
MG6	N-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	Wasserverband, Kommune	Kommunale KA	1,3	0,65	450 €/ (kg N-a)	0,65	0,55	0,15	0,15	0
MG7	P-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	Wasserverband, Kommune	Kommunale KA	1,5	0,86	2.900 €/ (kg P-a)	0,06	0,3	0,86	0,46	0,42
MG8	PSM-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen (ohne Umbau der kommunalen KA mit Membrantechnik)	Land, Private, Kommune, Landwirtschaft	Kommunale KA	1,2	0,25	3.600 €/ (kg Chloridazon-a) 3.400 €/ (kg Diuron-a) 2.600 €/ (kg Atrazin-a)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,44
MG9	Schwermetall-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen	Wasserverband, Kommune	Kommunale KA	1,5	0,74	21.900 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0,26	0,38	0,68	0,68	0,42
MG10	Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen	Wasserverband, Kommune	RW-Einleitungen	1,5	0,58	2.500 €/ (kg N-a) 10.100 €/ (kg P-a) 21.900 €/ (g Cd-Äquivalent-a)	0,34	0,34	0,42	0,5	0
MG11	Stoffreduktion Eintragspfad Kleinkläranlagen	Wasserverband, Kommune	KKA-Einträge	1,5	1,0	600 €/ (kg N-a) 2.600 €/ (kg P-a)	0,9	0,9	0,9	0,9	0

## 5 Mesoskalige Anwendung der Arbeitsmethodik

### 5.1 Vorbemerkungen

Grundsätzlich sind in Bezug auf die Anwendung der Methodik im Einzugsgebiet folgende Punkte zu beachten:

- Die Anwendung der Arbeitsmethodik (s. Kapitel 2.3) beschränkt sich weitestgehend auf die stofflichen Belastungen hinsichtlich der Qualitätsparameter Stickstoff, Phosphor, Cadmium, Blei, Zink, Chloridazon, Atrazin und Diuron aus Kapitel 3.6.
- In Abstimmung mit dem Staatlichen Umweltamt Aachen wurden für Schritt I lediglich exemplarische Maßnahmen der Abwasserbeseitigungskonzepte (ABK) im Rur-Einzugsgebiet ausgewählt und deren Wirkungen ermittelt. Grund hierfür ist die sehr aufwändige Übernahme aller Maßnahmen aus den einzelnen Konzepten, die in Zukunft automatisiert über ein wasserkörperbezogenes EDV-Tool erfolgen wird.
- Eine weitergehende Priorisierung (Vorrangigkeit) von Maßnahmen in Schritt IV muss der gesellschaftlichen Diskussion vorenthalten bleiben und wird hier nur beispielhaft anhand der vorgeschlagenen Gleichungen über die Kosten angegeben.

### 5.2 Schritt I

#### 5.2.1 Auswertung der Bestandsaufnahme

Für die Wahl geeigneter Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen mussten die Daten aus der Bestandsaufnahme (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2004; STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005) hinsichtlich der jeweiligen Defizitparameter je Wasserkörper analysiert werden. Im Hinblick auf die Maßnahmenplanung ist es notwendig, stets das gesamte Bearbeitungsgebiet (alle Wasserkörper) zu betrachten (s. Kapitel 4.2.3).

Nach Auswertung der Bestandsaufnahme des Rur-Einzugsgebietes wurden insgesamt 39 (gesamte) Oberflächenwasserkörper identifiziert, die nach den Werten aus der wasserwirtschaftlichen Bestandsaufnahme Defizite bezüglich Konzentrationen der projektrelevanten Stoffe besitzen:

- 24 Wasserkörper hinsichtlich  $N_{\text{ges}}$
- 1 Wasserkörper hinsichtlich  $NH_4$
- 13 Wasserkörper hinsichtlich  $P_{\text{ges}}$

- 19 Wasserkörper hinsichtlich Zink
- 18 Wasserkörper hinsichtlich Blei
- 5 Wasserkörper hinsichtlich Cadmium
- jeweils 2 Wasserkörper hinsichtlich Chloridazon, Diuron und Atrazin

Die einzelnen Wasserkörper sind in Tabelle 5-1 aufgeführt.

Wasserkörper mit unklarer Zielerreichung im Hinblick auf die genannten Parameter wurden nicht dargestellt. Für diese Wasserkörper ist im Rahmen des operativen Monitorings zu prüfen, ob und welche Überschreitungen der Qualitätsziele vorliegen.

Im Ergebnisbericht "Rur und südliche sonstige Maaszuflüsse" (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005) wurden zudem insgesamt sieben Grundwasserkörper mit der Zielerreichung "unwahrscheinlich" in Bezug auf signifikante Belastungen durch diffuse Quellen aus der Landwirtschaft (mit dem Kriterium  $\text{NO}_3$ -Konzentration  $> 25 \text{ mg/l}$  und N-Aufträgen  $> 170 \text{ kg/(ha}\cdot\text{a)}$ ) sowie durch punktuelle Schadstoffquellen (Altlasten) ausgewiesen. Hierzu zählen die Grundwasserkörper der Hauptterrassen des Rheinlandes DE\_GB\_282\_01 bis 05 sowie 282\_07 (landwirtschaftliche Beeinträchtigung) sowie der Wasserkörper DE\_GB\_282\_10 des linksrheinischen Schiefergebirges aufgrund von Altlasten. Letzterer wird jedoch im Rahmen des Projektes nicht weiter betrachtet, da es sich vornehmlich um Kohlehalden im Bereich der Kommune Würselen handelt, denen keine signifikante Schwermetallbelastung unterstellt wird. Es verbleiben demnach sechs projektrelevante Grundwasserkörper.

In diesem Zusammenhang sei eine Überprüfung der Berücksichtigung des nicht in der Bestandsaufnahme mit Zielerreichung „unwahrscheinlich“ gekennzeichneten Wasserkörpers DE\_GB\_282\_11 angemahnt.

Die Ergebnisse erlauben erste Rückschlüsse auf Belastungsschwerpunkte im Einzugsgebiet und das Ausmaß der Defizite. Es wird beispielsweise deutlich, dass nach den vorliegenden Werten zu Pflanzenschutzmitteln nur lokale Belastungen im Kitschbach vorliegen. Somit erscheint eine Bilanzierung der Pflanzenschutzmittel im gesamten Einzugsgebiet der Rur, wie in Kapitel 3.6.3 durchgeführt, nicht notwendig. Zur tatsächlichen Beurteilung dieser Hypothese und für die Ableitung von Empfehlungen diesbezüglich wurde die Berechnung der Einträge aber dennoch im Projekt durchgeführt.

Im Hinblick auf Schwermetalleinträge im Einzugsgebiet lässt sich festhalten, dass ein deutlicher, das gesamte unterhalb gelegene Flusseinzugsgebiet beeinträchtigender Einfluss von der Bewirtschaftungseinheit Inde respektive Vichtbach ausgeht. Jedoch sind für die Metalle Zink und Blei weitere Betrachtungs-

schwerpunkte der Dürener Mühlenteich, die Wurm, die geogenen Konzentrationen im Einzugsgebiet, sowie für Zink lokal der Kitschbach.

Während für Nitrit nach (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005) im Einzugsgebiet kein Problem besteht, sind Defizite in Bezug auf Ammonium lokal am Kitschbach und in einem Teil des Iterbaches vorhanden.

Für Gesamt-Stickstoff und Phosphor stellt sich die Situation etwas komplexer und diffuser dar. Das sehr streng festgelegte Umweltziel von 6 mg/l  $N_{ges}$ , welches in jedem Fall auf Relevanz für den "guten Gewässerzustand" überprüft werden sollte, wird vor allem in den kleineren Bächen des stark landwirtschaftlich geprägten nördlichen Einzugsgebietes sowie an den stark von Abwasser-einleitungen betroffenen Flüssen Wurm und Inde überschritten. Etwas abgeschwächer, aber vergleichbar und mit Ausnahme der Inde gelten diese Feststellungen auch für Phosphor.

Auffallend ist ebenfalls, dass die erhöhten Stoffkonzentrationen in größeren Fließgewässern offenbar nicht zu einer Beeinträchtigung der Gewässergüte führten (Ausnahme: Inde durch die problematische Belastung des Saubaches), sondern nur in einigen kleineren Bächen des nördlichen Einzugsgebietes.

### 5.2.2 Quantifizierung der Belastungsquellen

Die Quantifizierung der Belastungsquellen erfolgte im Gegensatz zu (LONDONG ET AL., 2005B) durch Bilanzierung der Einträge im gesamten Einzugsgebiet und wurde im Kapitel 3.6 als Datengrundlage für das Einzugsgebiet beschrieben und diskutiert.

Die berechneten Werte dienen im Projekt als Grundlage zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen; sie sind jedoch für eine tatsächliche Anwendung durch die Ergebnisse des Monitorings zu validieren und ggf. anzupassen. Problematisch sind vor allem die hier angesetzten PSM-Frachten, welche mit der gegenwärtigen Datengrundlage im Gewässer und an den Kläranlagen nicht überprüft werden können, und die Frachten aus Regenwasser-einleitungen des Misch- und Trennsystems.

Tabelle 5-1: Defizitäre Wasserkörper in Bezug auf projektrelevante Stoffe im Rur-EZG (Staatliches Umweltamt Aachen, 2005)

	OF-Wasserkörper	Gewässer	Gewässer- güte	N	P	NH <sub>4</sub>	Zink	Chlorida- zon	Zust. Öko	Cadmium	Blei	Diuron	Atrazin	Zust. Chem.	Zust. ges.
1	DF NRW 282 21443	Rur	+	?	+	+	-	+	-	+	-	?	+	-	-
2	DE NRW 282 46611	Rur	+	?	+	+	-	+	-	+	-	?	+	-	-
3	DE NRW 282 61050	Rur	+	?	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
4	DE NRW 282 69380	Rur	+	?	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-
5	DE NRW 282 73350	Rur	+	+	+	+	?	+	-	+	-	+	+	-	-
6	DE NRW 282372 0	Birgeler Bach	+	?	-	+	?	+	-	-	?	+	+	?	-
7	DE NRW 282372 3520	Birgeler Bach	+	?	-	+	?	+	-	-	?	+	+	?	-
8	DE NRW 282372 5184	Birgeler Bach	+	?	-	+	?	+	-	-	?	+	+	?	-
9	DE NRW 2823792 0	Mühlenteich	+	+	+	+	-	+	-	?	-	+	+	-	-
10	DE NRW 2824 0	Inde	+	?	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
11	DE NRW 2824 6000	Inde	+	?	?	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
12	DE NRW 2824 13783	Inde	+	?	?	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
13	DE NRW 2824 17700	Inde	-	?	?	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
14	DE NRW 2824 20698	Inde	+	-	+	+	-	+	-	?	?	+	+	?	-
15	DE NRW 28242 0	Iterbach	-	-	-	+	?	+	-	?	?	+	+	?	-
16	DE NRW 28244 0	Vichtbach	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	-	-
17	DE NRW 28244 3400	Vichtbach	+	+	+	+	-	+	-	?	-	+	+	-	-
18	DE NRW 28252 3800	Ellebach	-	-	?	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
19	DE NRW 28252 8940	Ellebach	-	-	?	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
20	DE NRW 28252 10940	Ellebach	-	-	?	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
21	DE NRW 28252 15260	Ellebach	-	-	?	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
22	DE NRW 282534 0	Merzbach	-	-	?	?	?	?	-	?	?	?	?	-	-
23	DE NRW 2825344 0	Schaufenberger Fließ	?	-	-	?	?	?	-	?	?	?	?	?	-
24	DE NRW 28258 0	Millicher Bach	-	-	+	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
25	DE NRW 28258 2492	Millicher Bach	-	-	+	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
26	DE NRW 28258 5792	Millicher Bach	-	-	+	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
27	DE NRW 2828 0	Wurm	+	-	-	+	-	?	-	+	-	?	+	-	-
28	DE NRW 2828 3410	Wurm	+	-	-	+	-	?	-	+	-	?	+	-	-
29	DE NRW 2828 6890	Wurm	+	-	-	+	-	?	-	+	-	?	+	-	-



Tabelle 5-1: Defizitäre Wasserkörper in Bezug auf projektrelevante Stoffe im Rur-EZG (Staatliches Umweltamt Aachen, 2005)

	OF-Wasserkörper	Gewässer	Gewässer-güte	N	P	NH <sub>4</sub>	Zink	Chlorida-zon	Zust. Öko	Cadmium	Blei	Diuron	Atrazin	Zust. Chem.	Zust. ges.
30	DE NRW 2828 26286	Wurm	+	-	-	+	-	+	-	+	-	?	+	-	-
31	DE NRW 2828 32700	Wurm	+	-	+	+	-	+	-	+	-	?	+	-	-
32	DE NRW 2828 34800	Wurm	-	-	+	+	-	+	-	+	-	?	+	-	-
33	DE NRW 28284 0	Broicher Bach	-	-	+	+	?	+	-	+	?	?	+	?	-
34	DE NRW 28288 0	Beeckfließ	-	-	-	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
35	DE NRW 282882 0	Gereonsweiler Fließ	-	-	-	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
36	DE NRW 282882 2500	Gereonsweiler Fließ	-	-	-	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
37	DE NRW 28292 0	Liecker Bach	+	-	?	+	?	?	-	+	?	?	?	?	-
38	DE NRW 28296 0	Kitschbach	-	-	-	-	-	-	-	+	?	-	-	-	-
39	DE NRW 28296 4889	Kitschbach	-	-	?	+	?	-	-	+	?	-	-	-	-

### 5.2.3 Berücksichtigung geplanter Maßnahmen

Zur beispielhaften Berücksichtigung bereits geplanter Maßnahmen im Baseline Szenario wurden die Abwasserbeseitigungskonzepte der Gemeinden Inden und Hellenthal sowie die Verbandsübersicht des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER) ausgewählt. Eine Übersicht über die ausgewählten Maßnahmen gibt Tabelle 5-2.

Tabelle 5-2: Übersicht über die im Baseline-Szenario betrachteten Maßnahmen

Quelle	Wasser- körper	Maßnahme	Angaben zum Bau- beginn	Vorgesehene Maßnahme	Geschätzte Kosten [€]
ABK Gemeinde Hellenthal	DE_NRW_ 2822866_0	KKA an KA Schleiden	2006	Wolfert „Im Auelchen“	220.000
ABK Gemeinde Inden	DE_NRW_ 282532_0	Regenklärbecken (168 m <sup>3</sup> ) und Hochwasserpump- werk	2005	Umsiedlung Pier zum Standort „Gut Müllenark“	360.000
ABK Gemeinde Inden	DE_NRW_ 28248_0	Regenklärbecken I - V (120 m <sup>3</sup> )	2005	Erschließung Bebauungsgebiet „Waagmühle“	I + II 120.000 III 80.000 IV + V 100.000
WVER- Verbands- übersicht	DE_NRW_ 282_140050	Umbau KA Monschau	2006	KA-Monschau Umbau	550.000
WVER- Verbands- übersicht	DE_NRW_ 282882_2500	Bodenfilter KA Setterich	2006	RBF KA Setterich	2,8 Mio.

### 5.2.4 Auswirkungen des Baseline Szenarios

Die Auswirkungen dieser schon verbindlich festgeschriebenen Maßnahmen auf die einzelnen Wasserkörper (bzw. Wasserkörpereinzugsgebiete) kann zurzeit nur überschlägig durchgeführt werden. Da in dem Pilotprojekt nur eine exemplarische Betrachtung der aufgeführten Maßnahmen durchgeführt werden kann, der Projektansatz aber auf das gesamte Rureinzugsgebiet abzielt, erfolgt eine Extrapolation der Ergebnisse auf das gesamte Einzugsgebiet.

Für die Bewertung der Wirkung von Kleinkläranlagen in der Gemeinde Hellenthal wurde nach Absprache mit dem Staatlichen Umweltamt Aachen die Annahme getroffen, dass die Kläranlagen derzeit Direkteinleiter sind und diese künftig wegfallen und über kommunale Kläranlagen einleiten. In Berechnungen der Wirkung der o. a. Maßnahmen wird angenommen, dass die Kleinkläranlagen an

die Kläranlage Schleiden angeschlossen werden. Die Abbauleistung in der KA Schleiden beträgt 55 % für N und 97 % für P.

Die Volumina der betrachteten Regenklärbecken aus dem ABK der Gemeinde Inden wurden nach Kostenangaben von (HALBACH, 2003) grob abgeschätzt, um die befestigten Einzugsflächen überschlägig berechnen zu können. Mit Hilfe dieser Daten und den Angaben von (BÖHM ET AL., 2002) zur Wirksamkeit (s. Tabelle 4-1) konnten die durch die Regenklärbecken reduzierten Frachten ermittelt werden.

Die Extrapolation auf das gesamte Einzugsgebiet erfolgte in Absprache mit dem StUA Aachen über die vorliegenden prozentualen Anteile der Städte Monschau, Heinsberg und der Gemeinde Niederzier (Schwerpunkte) an den jeweiligen Teileinzugsgebieten nach den Daten aus den MOBINEG-Berechnungen. Hierbei wurde die Vereinfachung vorgenommen, dass für die Flächen der im Trennsystem entwässerten Gebiete, in denen Regenklärbecken notwendig wären, ein vollständiger Ausbau erfolgen würde.

Gemäß Tabelle 5-2 wird ebenfalls der Umbau der KA Monschau im Baseline Scenario betrachtet. Die Reinigungsleistung für den Parameter  $N_{ges}$  ist an der KA Monschau sehr gering (MUNLV, 2005a), weshalb eine Sanierung durchgeführt wird. Die Reinigungsleistungen in Bezug auf Phosphor und Schwermetalle verbessern sich aufgrund der Maßnahme jedoch nicht. Hinsichtlich dieser Maßnahme wird auf eine Extrapolation auf das gesamte Rur Einzugsgebiet verzichtet. Alle Kläranlagen, die nicht dem Stand der Technik entsprechen oder die Kommunalabwasserrichtlinie nicht einhalten, werden bei Maßnahmen der Priorität I im folgenden Schritt betrachtet.

Zur Quantifizierung der Auswirkungen des RBF Setterich wurden nach den Werten von (BÖHM ET AL., 2002) und (HAHN ET AL., 2000) über Entlastungsmengen, -frachten und -raten des zugehörigen RÜB reduzierte Frachten für  $N_{ges}$ ,  $P_{ges}$ , Zn, Pb und Cd berechnet.

Für eine Extrapolation der Wirksamkeit von Bodenfiltern auf das gesamte EZG wurde angenommen, dass 10 % der im Rur-Einzugsgebiet vorhandenen Regenüberlaufbecken einen nachgeschalteten Bodenfilter erhalten. Nach den Angaben von (MUNLV, 2005a) würden somit ungefähr 26 Retentionsbodenfilter gebaut werden.

In der folgenden Tabelle 5-3 werden die Auswirkungen des Baseline Scenarios einschließlich der Veränderungen nach den Prognosen aus der wirtschaftlichen Analyse zusammengefasst.

Tabelle 5-3: Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt I

	Bewirtschaftungseinheit	N [t/a]	P[t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]
Einträge Ausgangssituation	1	1645,46	76,45	63,50	2291,42	13198,85	7,27	15,99
	2+3	884,01	47,52	48,44	1750,73	8558,68	10,62	12,04
	4	1431,29	122,11	58,22	1685,82	10505,94	9,49	8,11
	5	506,23	39,41	54,99	1594,08	8504,17	4,19	4,06
	6	676,54	50,26	834,95	12056,28	66750,30	5,07	2,14
	7	82,94	8,35	14,27	292,93	1856,68	0,34	0,03
	8	191,70	16,18	39,65	697,16	4768,84	0,38	0,13
	9	370,46	33,04	64,83	1243,16	8548,79	0,01	0,01
	10	55,77	10,16	26,98	405,55	3056,48	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>5844,40</b>	<b>403,48</b>	<b>1205,83</b>	<b>22017,13</b>	<b>125748,73</b>	<b>37,66</b>	<b>42,51</b>
Einträge nach Umsetzung Schritt I	1	1635,93	75,71	55,53	2226,41	11754,56	7,27	15,99
	2+3	882,02	47,48	48,22	1751,30	8513,99	10,62	12,04
	4	1416,07	120,94	57,73	1681,41	10390,11	9,49	8,11
	5	499,13	38,89	54,46	1592,20	8428,03	4,19	4,06
	6	671,17	50,11	834,62	12052,92	66598,32	5,07	2,14
	7	82,81	8,33	14,25	292,82	1843,70	0,34	0,03
	8	173,67	16,05	38,18	685,10	4580,05	0,38	0,13
	9	370,16	33,05	64,80	1243,85	8530,23	0,19	0,01
	10	55,46	10,07	25,78	395,61	2881,09	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>5786,43</b>	<b>400,63</b>	<b>1193,58</b>	<b>21921,61</b>	<b>123520,09</b>	<b>37,66</b>	<b>42,51</b>
	<b>Prozentuale Reduktion</b>	<b>1,0%</b>	<b>0,7%</b>	<b>1,0%</b>	<b>0,4%</b>	<b>1,8%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>

### 5.3 Schritt II

Die Identifizierung der Priorität I-Maßnahmen kann in zwei generelle Bereiche unterteilt werden, die gesondert auf Fracht-Reduktionen untersucht werden sollten. Auf der einen Seite sind die Auswirkungen zu analysieren, die sich aus Maßnahmen zur Erfüllung des Standes der Technik und der allgemein anerkannten Regeln der Technik (gemäß Arbeitsmethodik) ergeben. Diese Maßnahmen werden i.d.R. bereits durch wasserrechtliche Bescheide mit bestimmten Umsetzungsfristen gefordert. Auf der anderen Seite werden zusätzliche Maßnahmen durch die Einhaltung weiterer bestehender EG-Richtlinien (Sicherstellung des Mindestschutzniveaus) und ggf. internationaler Abkommen notwendig. Für letztere Maßnahmen müssen kosteneffiziente Kombinationen gefunden werden.

Beide betrachteten Bereiche haben eine andere räumliche Skala bzw. Genauigkeit. Während die Maßnahmen aus den wasserrechtlichen Bescheiden sehr konkret und lokal benannt und angesetzt werden, ist zur Umsetzung der internationalen Abkommen eine Betrachtung auf Ebene von Flussgebietseinheiten notwendig.

#### 5.3.1 Defizitanalyse zu wasserrechtlichen Bescheiden

In der folgenden Tabelle 5-4 sind die wasserrechtlichen Bescheide mit Handlungsbedarf aufgelistet, die für das Rur-Einzugsgebiet relevant sind. Insgesamt können hier drei unterschiedliche Handlungsfelder identifiziert werden:

1. Um- bzw. Neubau von Kläranlagen
2. Bau von Regenklärbecken
3. Bau von Regenüberlaufbecken

Kosten-Wirksamkeiten dieser Einzelmaßnahmen können Tabelle 4-1 entnommen werden.

Tabelle 5-4: Wasserrechtliche Bescheide mit gefordertem Handlungsbedarf im Rur-Einzugsgebiet

Nr	Objekt	Fristen mod./ (fest gelegte)	St. d.T.	A.a .R. d.T.	Kosten-träger	Anmerkungen
1	KA Hompesch	31.12.2007 (01.07.2006)	X		WVER (KOM)	Einstellung der vorhandenen Abwassereinleitung in den Malefinkbach und Anschluss der Abwässer an die KA Jülich-Mitte mit Einleitung in die Rur.
2	KA Baesweiler-Setterich	01.01.2007 (01.01.2007)	X		WVER (KOM)	Sanierung der KA gefordert. Denitrifikationsleitung wird verbessert, jedoch Nitrifikation unverändert. Die Anlage ist im Bau
3	KA Siersdorf	01.01.2007 (31.12.2004)	X		WVER (KOM)	Einleitererlaubnis befristet. Sanierung der KA oder Ableitung der Abwässer zu einer anderen Kläranlage (geplant zur KA Setterich)
4	KA Freialdenhoven	01.01.2007 (31.12.2004)	X		WVER (KOM)	(geplant ist die Ableitung der Abwässer nach Siersdorf und von dort zur KA Setterich)
5	KA Gey	01.01.2008 (01.01.2007)	X		WVER (KOM)	Sanierung der KA gefordert
6	KA Niederzier-Krauthausen	31.06.2008 (31.06.2008)	X		WVER (KOM)	Sanierung der KA gefordert. Die Konzentrationen werden im Moment durch einen erheblichen Fremdwasseranteil verdünnt.
7	KA Heimbach	(01.10.2008)	X		WVER (KOM)	Erweiterung der KA aus hydraulischen Gründen gefordert. Alternativ: der Anschluss der Abwässer an die Zentral KA Düren
8	Fa. Isola Düren	31.12.2007 (31.10.2005)		X	Fa. Isola (IGL)	Bau eines Regenklärbeckens für das anfallende Niederschlagswasser der befestigten Flächen des Firmengeländes (der Firmengelände).
9	Fa. Metsä Tissue	31.12.2007 (31.12.2006)		X	Fa. Metsä Tissue (IGL)	Bau eines Regenklärbeckens für das Niederschlagswasser oder alternativ ein Anschluss an das öffentliche Kanalnetz
10	NW Stadtteil Lendersdorf, Stadt Düren E-Stelle 15.7 „Hammerbenden“ Rur	30.06.2008 (01.01.2006)		X	Stadt Düren (KOM)	Bau eines RKB für das anfallende Niederschlagswasser (ca. 100 – 150 ha befestigte Fläche)
11	NW Sammler Nord-Ost, Düren Birkesdorf, Gewerbegebiet „Im großen Tal“	30.06.2007 (01.10.2004)		X	Stadt Düren (KOM)	Bau eines RKB für das anfallende Niederschlagswasser
12	NW aus TS Jülich „Meyburginsel“, Einleitung in den Ellebach	30.06.2007 (01.01.2006)		X	Stadt Jülich (KOM)	Bau eines RKB für das anfallende Niederschlagswasser
13	Einleitung von Mischwasser aus RÜ 1 u. 2 in Hollerath in den Lorenzsiefen	? (31.12.2006)		X	Gemeinde Hellenthal (KOM)	Einstellung der Einleitung Mischwasser aus RÜ 1 / 2, Sanierung der umgebauten ehem. KA Hollerath zum RÜB (Gemeinde Hellenthal)

### 5.3.2 Defizitanalyse zu EG-Richtlinien und Abkommen

Grundlage für die Betrachtungen dieses Kapitels sind die aus Schritt I verbliebenen Defizite, die sich hier lediglich auf die projektrelevanten Parameter beziehen. Nicht genannte Richtlinien wurden nach Absprache mit dem Staatlichen Umweltamt Aachen und ggf. mit dem MUNLV Nordrhein-Westfalen für nicht defizit- oder parameterrelevant befunden.

Für eine Defizitanalyse sollten auch die Tochterrichtlinien der EG-WRRL berücksichtigt werden, da sie zu den "grundlegenden Maßnahmen" nach Art. 11 (3) Anstrich a einschließlich Art. 10 (2) und Art. 16 EG-WRRL gehören. In Bezug auf dieses Projekt würde das bedeuten, dass die prioritären Stoffe Atrazin, Diuron, Blei und Cadmium mit den in der Tochterrichtlinie vorgeschlagenen Umweltqualitätszielen in Priorität I betrachtet werden müssten. Eine Einigung mit dem Auftraggeber hierzu erfolgte jedoch nicht, sodass die genannten Stoffe mit den in der Bestandsaufnahme für NRW verwendeten Qualitätsnormen in der Priorität II auf Defizite analysiert werden.

Die Tochterrichtlinie Grundwasser, in der insbesondere Kriterien für die Beurteilung des chemischen Zustandes des Grundwassers enthalten sein sollen, ist noch nicht verabschiedet (ODENKIRCHEN, 2006). Falls sich aus dieser Richtlinie weitere verbindliche Schwellenwerte für andere Stoffe ergeben bzw. bestimmte Stoffe einen negativen Einfluss auf Oberflächengewässer oder die Trinkwasserversorgung besitzen oder eine signifikante Gefährdung für die Umwelt darstellen, sind in Anlehnung an die obige Aussage möglicherweise weitere Grundwasserkörper hinzuzuziehen.

Zu beachten ist weiterhin, dass sich die Datenzeiträume der Bestandsaufnahme und der angegebenen Richtlinien unterscheiden können. Vereinfacht wird diese Tatsache im Rahmen der Bearbeitung nicht berücksichtigt. Die Datengrundlage zu allen potenziell relevanten Richtlinien sollte aber für die validierte Aufstellung der Maßnahmenprogramme idealerweise vergleichbar sein.

#### Bestehende EG-Richtlinien

Nach Überprüfung der Fischgewässer-Richtlinie (Imperativwerte) ergaben sich folgende Defizite:

- Die geforderte Gesamtzinkkonzentration von 0,3 mg/l (für ca. 100 mg/l CaCO<sub>3</sub>, Salmonidengewässer) wurde in der Inde nicht eingehalten (Stand 2003/2004; (MUNLV, n.n.)).
- Die Imperativwerte für Ammonium (1 mg/l) wurden in der Wurm nicht eingehalten (Stand 2003/2004; (MUNLV, n.n.)).

Die notwendige Frachtreduktion hinsichtlich der beiden genannten Stoffe ließen sich aus den Abflussdaten der Gewässer berechnen, die den Projektbearbeitern vom Staatlichen Umweltamt Aachen übergeben wurden.

Die Gewässerqualitätsverordnung (GEWQV NRW, 2001), mit der die Richtlinie (76/464/EWG) landesweit umgesetzt wurde, wurde bei der Beurteilung der Gewässer im Rahmen der Bestandsaufnahme berücksichtigt. Diese Richtlinie war maßgebende Grundlage für die Bewertung des ökologisch-chemischen Zustands bei der Bestandsaufnahme. In Bezug auf die relevanten Stoffe im Projekt ergaben sich Überschreitungen für Chloridazon im Kitschbach und in Wasserkörperabschnitten von Malefinkbach und Merzbach. Für die Berechnung der notwendigen Frachtreduktion wurde mit  $0,1 \mu\text{g/l}$  gerechnet.

Die von einer Nichteinhaltung der Nitratrichtlinie betroffenen Gewässer ( $50 \text{ mg/l NO}_3$  im Grundwasser und eutrophe Oberflächengewässer) werden nachfolgend aufgelistet:

- Grundwasserkörper 282\_01 (Hauptterrassen des Rheinlandes)
- Grundwasserkörper 282\_03 (Hauptterrassen des Rheinlandes)
- Lucherberger See

Zur Verringerung der Defizite wurden nachfolgend nur die beiden Grundwasserkörper betrachtet, da der Lucherberger See als künstliches Gewässer (Braunkohlentagebaurestsee zur Kühlwassernutzung) im zukünftigen Abbaugebiet des Tagebaus Inden liegt und die Fläche etwa im Jahr 2025 in Anspruch genommen wird (STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN, 2005).

Bei der Berechnung der notwendigen Frachtreduktion wurde von einer Verringerung der Düngemengen auf der landwirtschaftlich genutzten Oberfläche gemäß der Nitratrichtlinie auf maximal  $170 \text{ kg N/(ha}\cdot\text{a)}$  ausgegangen, die als Eingangsdaten für eine veränderte Bilanzierung der diffusen Einträge mit MOBINEG angesetzt wurden.

An der Inde und im Vichtbach wird nach den Gewässerkonzentrationen der Bestandsaufnahme gegen die Anforderungen der Cadmium-Richtlinie verstoßen, die ein Qualitätsziel von  $5 \mu\text{g/l}$  Gesamtkonzentration fordert. An der Mündung des Vichtbachs liegen bereits  $6,47 \mu\text{g/l}$  in der gelösten Phase vor und in der Inde (vor der Verdünnung durch die Sumpfungswässer) bis zu  $9,47 \mu\text{g/l}$  gesamt nach Einmündung des Vichtbachs mit einem angenommenen mittleren Schwebstoffgehalt von  $25 \text{ mg/l}$  gemäß (LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, 1997).

Nach Angaben des StUA Aachen und des WVER entsprechen folgende Kläranlagen im Rureinzugsgebiet nicht den Anforderungen der Kommunalabwasser-Richtlinie:



- KA Monschau-Konzen (Laufenbach) zu berücksichtigen
- KA Simmerath-Woffelsbach (Rur) zu berücksichtigen
- KA Rurberg (Rur) zu berücksichtigen
- KA Monschau-Rosenthal (Rur) Priorität 0 (schon berücksichtigt)
- KA Baesweiler-Setterich (Gereonsweiler Fließ) Priorität I Sanierungsbescheid
- KA Siersdorf (Schaufenberger Fließ) Priorität I Sanierungsbescheid
- KA Freialdenhoven (Schaufenberger Fließ) Priorität I Sanierungsbescheid

Für die Berechnung wurden angegebene Betriebswerte gewählt (BÖHM et al., 2002). Die Fracht-Änderungen konnten somit direkt am Wasserkörper angesetzt werden.

Als Einleitung mit Verstoß gegen die IVU-Richtlinie ist die Industrie-KA des IPO Oberbruch im Hinblick auf die emittierte Zink-Fracht (> 100 kg/a) und die  $N_{\text{ges}}$ -Fracht (> 50 t/a) zu nennen. Letztere ist jedoch unter Beachtung des Baseline Scenarios nicht mehr relevant.

Für die IVU-Richtlinie wären korrekterweise auch Indirekteinleiter zu überprüfen und die Kommunen dementsprechend rechtzeitig zur Datenabfrage einzubeziehen. Diese Untersuchung wurde im Rahmen der Bearbeitung aber vereinfacht in Abstimmung mit dem Staatlichen Umweltamt Aachen nicht durchgeführt.

### Internationale Abkommen

Ziele des OSPAR Abkommens wurden (OSPAR, 2003) durch die Oslo-Paris-Kommission formuliert. Dazu zählen vor allem der Schutz des Nord-Ost-Atlantiks vor Eutrophierung und gefährlichen Substanzen. Hierzu können die Flussgebiete beitragen, indem Nährstoffe etc. reduziert werden.

Die Maas-Kommission formulierte im Zusammenhang mit Bewirtschaftungszielen für die gesamte Flussgebietseinheit Maas eine vorläufige Übersicht der „wichtigen Wasserbewirtschaftungsfragen“, welche die auf der Gesamtflussgebietsebene zurzeit relevanten Belastungen aufführen. Diese sind bei den nationalen Maßnahmenplanungen zu berücksichtigen und beziehen sich auf folgende projekt-relevanten Belastungen:

- Belastungen durch klassische Verunreinigungen (organisch, stickstoff- und phosphorhaltig) aus Punktquellen (kommunale und industrielle Abwässer) als auch aus diffusen Quellen (Landwirtschaft, Viehzucht)

- Belastungen durch Nährstoffe sowohl aus kommunalen und industriellen Abwässern als auch aus diffusen landwirtschaftlichen Quellen, v.a. im Hinblick auf Eutrophierungserscheinungen, (Beeinträchtigungen der Biozönose, der Nordseewasserqualität und der Wassernutzungen)
- Belastungen der Wasserqualität als auch der Sedimente durch sonstige Stoffe, wie Schwermetalle, organische Mikroverunreinigungen und prioritäre Stoffe
- Beeinträchtigung der Sedimentbewirtschaftung durch bedeutende historische Verunreinigungen
- Beeinträchtigungen der Trinkwassergewinnung aus der Maas und der Gewässerbiologie durch Pflanzenschutzmittel
- Gefährdung der Grundwasserqualität infolge diffuser Emissionen von Nitraten und Pflanzenschutzmitteln (Trinkwasserversorgung)

### **5.3.3 Identifizierung von Maßnahmen der Priorität I**

Die sich nach dem Katalog aus Kapitel 4 ergebenden Maßnahmen zu wasserrechtlichen Bescheiden und Maßnahmengruppen bzgl. der bestehenden EG-Richtlinien können nach ihren Eintragspfaden und den Nutzungen gemäß Tabelle 5-5 und Tabelle 5-6 identifiziert werden.

Tabelle 5-5: Mögliche Maßnahmen der Priorität I zu wasserrechtlichen Bescheiden

Objekt	Defizit	Bewirtschaftungs- einheit / OWK	Belastungsursachen		Einzelmaßnahmen
			Eintragspfad	Nutzer	
KA Hompesch	Stoffliche Defizite in den Gewässern, insbes. Nährstoffe	TEZG 1, WK des Malefinkbachs	Punktquellen KA	Haushalte, Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft (kommunales Abwasser)	• Umleitung anfallender Abwässer (N, P, SM)
KA Baesweiler-Setterich		TEZG 4, WK Gereonsweiler Fließ	Punktquellen KA		• Weitergehende N-Elimination
KA Siersdorf		TEZG 2+3, WK Schaufenberger Fließ	Punktquellen KA		• Umleitung anfallender Abwässer (N, P, SM)
KA Freialdenhoven		TEZG 2+3, WK Schaufenberger Fließ	Punktquellen KA		• Umleitung anfallender Abwässer (N, P, SM)
KA Gey		TEZG 5, WK des Birgeler Baches	Punktquellen KA		• Ausbau der Kläranlage (N, P)
KA Niederzier-Krauthausen		TEZG 5, WK der Rur	Punktquellen KA		• Ausbau der Kläranlage (N, P)
KA Heimbach		TEZG 8, WK der Rur	Punktquellen KA		• Ausbau der KA aus hydraulischen Gründen
RKB Isola Düren		TEZG 5, WK der Rur	Punktquellen RW-Einleitungen		• Bau von Regenbecken (N, P, SM)
RKB Metsä Tissue		TEZG 5, Lendersdorfer Mühlenteich	Punktquellen RW-Einleitungen		• Bau von Regenbecken (N, P, SM)
RKB Lendersdorf „Hammerbenden“ Rur		TEZG 5, WK der Rur	Punktquellen RW-Einleitungen		• Bau von Regenbecken (N, P, SM)
RKB Birkesdorf, G-Gebiet „Im großen Tal“		TEZG 5, WK der Rur	Punktquellen RW-Einleitungen		• Bau von Regenbecken (N, P, SM)
RKB „Meyburginsel“, in den Ellebach		TEZG 2+3, WK Ellebach	Punktquellen RW-Einleitungen		• Bau von Regenbecken (N, P, SM)
RÜB in Hellenthal in den Lorenzsiefen	TEZG 9, WK des Prether Baches	Punktquellen RW-Einleitungen	• Bau von Regenbecken (N, P, SM)		

Tabelle 5-6: Mögliche Maßnahmengruppen der Priorität I im Rur-Einzugsgebiet

Richtlinie / Gesetz	Defizitparameter	Bewirtschaftungseinheit / Wasserkörper	Belastungsursachen		Mögliche Maßnahmengruppen
			Eintragspfad	Nutzer	
Kommunalabwasser-Richtlinie	N, P	TEZG 8, 10 (Obere Rur)	Punktquelle (Kommunale KA)	Haushalte und Industrie / Gewerbe (Kommunales Abwasser; KA Konzen, KA Woffelsbach, KA Rurberg)	- MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 7 (P-Reduktion Eintragspfad KA)
IVU-Richtlinie	Zink, N	TEZG 4 (Wurm)	Punktquelle Industrie-KA	Industrie (IPO Oberbruch)	- MG 4 (SM-Reduktion Industrie)
Nitrat-Richtlinie	Nitrat-N	GWK 282_01 und 282_03 (Anteile der TEZG 1, 4)	diffuse Einträge ins GW	Landwirtschaft (N-Düngung)	- MG 1 (N-Reduktion Landwirtschaft)
Fischgewässer-Richtlinie	NH <sub>4</sub> -N	TEZG 4 (Wurm), WK der Wurm	Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Haushalte und Industrie / Gewerbe, Landwirtschaft (Kommunales Abwasser)	- MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
	Zink	TEZG 6 (Inde), WK der Inde	diffuse Einträge Erosion und GW / Drainage Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Industrie (Bergehalden) Industrie (Indirekteinleiter)	- MG 5 (Schwermetall-Reduktion Altlasten) - MG 9 (Schwermetall-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
Cadmium-Richtlinie	Cadmium	TEZG 6 (Inde), WK Inde und Vichtbach	diffuse Einträge Erosion und GW / Drainage	Industrie (Bergehalden)	- MG 5 (SM-Reduktion Altlasten)
			Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Industrie (Indirekteinleiter)	- MG 9 (SM-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
Richtlinie Gefährliche Stoffe	Chloridazon	TEZG 1, 2+3, WK Merzbach, Malefinkbach, Kitschbach (lokal)	Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Landwirtschaft (Hofabläufe, kommunales Abwasser)	- MG 8 (PSM-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen)
			diffuse Einträge durch Oberflächenabfluss	Landwirtschaft (PSM-Aufbringung Acker)	- MG 3 (PSM-Reduktion Landwirtschaft diffus)

### 5.3.4 Kosteneffiziente Maßnahmenkombinationen

Die Kosten der oben ausgewählten Maßnahmengruppen wurden anhand der notwendigen Wirksamkeiten über die tabellarisch angegebenen Kosten-Wirksamkeiten und Wirkungsgrade ermittelt.

Eine Maßnahmenkombination zur Erfüllung einer Richtlinie musste lediglich für die Maßnahmengruppen MG 3 und MG 8 gebildet werden, da in allen anderen Fällen (Fischgewässer-Richtlinie an Wurm und Inde sowie Cadmium-Richtlinie) die Quantität der Eintragspfade je eine bestimmte Maßnahme verlangte bzw. die Alternativen keine ausreichende Wirksamkeit besaßen.

Aufgrund der Zink-Frachtreduktion in Bezug auf die Fischgewässer-Richtlinie in TEZG 6 (Inde) mit Hilfe der Maßnahmengruppe MG 5 war eine zusätzliche Erfüllung der Cadmium-Richtlinie nicht mehr notwendig. Die genannte Maßnahmengruppe wirkt auf alle drei betrachteten Schwermetalle.

In Tabelle 5-7 werden die Maßnahmengruppen ihren jährlichen Kosten gegenübergestellt, die insgesamt auf 702,8 Millionen Euro pro Jahr beziffert wurden. Hinsichtlich dieser Summe sei noch einmal betont, dass es aufgrund der sehr groben Kostenangaben in der Literatur nur um eine erste Abschätzung handeln darf. Die angegebenen Unsicherheiten  $f_k/f_w$  sind im Fall einer Aufnahme der Maßnahmen in ein Maßnahmenprogramm zu minimieren, um eine validierte Planung ermöglichen zu können.

Nach der Bilanz der jährlichen Gesamtkosten würde ein Anteil von ca. 93 % auf die Verringerung der Schwermetalle im IPO Oberbruch und im Stolberger Raum verwendet werden.

Hinsichtlich der Zink-Verringerung der Emissionen des Industrieparks ist zu beachten, dass betriebsinterne Maßnahmen aufgrund der Vielzahl der Branchen auf dieser Skale nicht mit betrachtet werden konnten und in diesem Fall wahrscheinlich signifikant die Kosten reduzieren würden. Eine Diskussion mit den ansässigen Betrieben erscheint hier notwendig.

Hingegen ist eine im Hinblick auf die flussgebietsübergreifenden Auswirkungen unumgängliche Verringerung der Schwermetalle aus der Inde nur über eine Sanierung der Altlasten im Stolberger Raum durchzuführen. Diese Sanierung beansprucht enorme finanzielle Ressourcen, die von den Kommunen allein nicht zu leisten sind und die Wirksamkeit dieser Maßnahme stellt sich nur langfristig ein. Die Diskussion über eine Abtragung oder weitreichende Sanierung der sehr belasteten Halden (ca. 20 bis 30 Mio. m<sup>3</sup> Material nach (SCHNEIDER, 1982)) muss daher wieder aufgenommen werden.

Im Gegensatz zu den sehr hohen Kosten aufgrund der Altlastenproblematik sind die Maßnahmen bzgl. Verringerung von PSM- und N-Einträgen aus der Landwirtschaft zumindest hinsichtlich der Fracht als sehr kosteneffektiv zu bezeichnen. Von einer Nitratreduktion betroffen wären in den Bewirtschaftungseinheiten 1 und 4 die Landwirte der Kommunen Wegberg, Wassenberg, Hückelhoven sowie Heinsberg, Geilenkirchen, Übach-Palenberg, Alsdorf und Würselen.

Als Entscheidungshilfe zur zeitlichen Umsetzung der Maßnahmen wurden die gebietsspezifischen Umsetzungsdauern in den Abstufungen < 5 a (kurzfristig), 5...15 a (mittelfristig) und > 15 a (langfristig) angegeben.

Maßnahmen aus den wasserrechtlichen Bescheiden besitzen nach den Ergebnissen eine sehr geringe frachtbezogene Effektivität und beeinflussen im Einzugsgebiet lediglich lokale Problemstellen, die aufgrund von Konzentrationsüberschreitungen vorhanden sind. Sie haben somit kaum bis keinen Einfluss auf internationale Abkommen zu den Weltmeeren.

### 5.3.5 Identifizierung verbleibender Defizite

In der folgenden Tabelle 5-8 werden die Auswirkungen des zuvor beschriebenen Schrittes auf die Frachten aus den Bewirtschaftungseinheiten tabellarisch zusammengefasst. Die prozentualen Änderungen sind auf die Frachten des Ist-Zustandes bezogen.

Da im Hinblick auf die Erreichung des „guten Gewässerzustandes“ (Maßnahmen der Priorität II) die Konzentrationen im Gewässer von zentraler Bedeutung sind, wird die nach der Umsetzung der Priorität I-Maßnahmen approximierete Bewertung der Wasserkörper in Anlehnung an die Bewertungstabelle aus der Bestandsaufnahme in Tabelle 5-9 dargestellt.

Die 39 defizitären Oberflächenwasserkörper nach den Daten der Bestandsaufnahme werden möglicherweise um 11 auf 28 reduziert. Dabei entfallen die Wasserkörper des Birgeler Baches und Schaufenberger Fließes aufgrund von KA-Sanierungen, das Gereonsweiler Fließ sowie das untenliegende Beeckfließ wegen Bau des RBF, Erweiterung der KA Setterich und Maßnahmen zur Nitratreduktion im TEZG 4 sowie ggf. Millicher Bach und Liecker Bach aufgrund von N-Reduktionen im TEZG 1.

Die Anzahl der betrachteten defizitären Grundwasserkörper reduziert sich langfristig wahrscheinlich von sechs auf vier Wasserkörper.

Tabelle 5-7: Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen Priorität I

Richtlinie /Gesetz	Maßnahmen- gruppe	Mittl. Kosten pro Jahr [€/a]	f <sub>k</sub> /f <sub>w</sub>	N [t/a]	P [t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [kg/a]	Chlori- dazon [kg/a]	Diu- ron [kg/a]	Atra- zin [kg/a]	Um- set- zung [a]	Kosten- träger
Wasser- rechtliche Bescheide	Sanierung KA	3,1 Mio.	1,2	15,5	0,9	-	-	-	-	-	-	<5	Wasserverband
	Umleitung Abwasser	19,1 Mio.	1,5	12,1	2,2	0,1	1,1	12,4	-	-	-	<5	Wasserverband
	Bau von Regenbecken	300.000	3,0	0,4	0,2	4,9	20,0	352,2	-	-	-	<5	Industrie, Düren, Jülich, Hellenthal
Kommunal- abwasser- RL	Sanierung KA	1,2 Mio.	2,0	2,6	0,2	-	-	-	-	-	-	<5	Wasserverband
Gefährliche Stoffe	PSM-Reduktion Eintragspfad KA und Landwirtsch. diffus	100.000	7,5	-	-	-	-	-	28,0	0,9	-	5...15	Landwirtschaft (TEZG 1, 2+3)
IVU-RL	SM-Reduktion Industrie	218,1 Mio.	1,5	-	-	-	-	1982,5	-	-	-	5...15	Industrie
Fischge- wässer-RL	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	17,7 Mio.	2,6	7,1	3,0	3,2	128,1	1246,1	-	-	-	5...15	Kommunen TEZG 4, Wasserverband
	SM-Reduktion Altlasten	436,7 Mio.	4,3	-	-	574,7	7183,2	38310,5	-	-	-	>15	Kommunen TEZG 6, Industrie, Land
Nitrat-RL	N-Reduktion Landwirtschaft	6,5 Mio.	5,6	889,1	-	-	-	-	-	-	-	>15	Landwirtschaft TEZG 1 und 4
Gesamtkosten Priorität I		702,8 Mio.											

Tabelle 5-8: Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt II

	Bewirtschaftungseinheit	N [t/a]	P[t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]
nach Baseline Scenario	1	1635,93	75,71	55,53	2226,41	11754,56	7,27	15,99
	2+3	882,02	47,48	48,22	1751,30	8513,99	10,62	12,04
	4	1416,07	120,94	57,73	1681,41	10390,11	9,49	8,11
	5	499,13	38,89	54,46	1592,20	8428,03	4,19	4,06
	6	671,17	50,11	834,62	12052,92	66598,32	5,07	2,14
	7	82,81	8,33	14,25	292,82	1843,70	0,34	0,03
	8	173,67	16,05	38,18	685,10	4580,05	0,38	0,13
	9	370,16	33,05	64,80	1243,85	8530,23	0,19	0,01
	10	55,46	10,07	25,78	395,61	2881,09	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>5786,43</b>	<b>400,63</b>	<b>1193,58</b>	<b>21921,61</b>	<b>123520,09</b>	<b>37,66</b>	<b>42,51</b>
Einträge nach Umset- zung Schritt II	1	1019,95	75,26	55,42	2225,32	9759,64	6,56	9,14
	2+3	875,60	45,85	47,52	1745,93	8402,27	10,33	6,88
	4	1122,83	117,79	54,57	1553,26	9144,02	9,49	8,11
	5	493,36	38,04	52,76	1578,65	8193,97	4,19	4,06
	6	671,17	50,11	259,96	4869,69	28287,79	5,07	2,14
	7	82,81	8,33	14,25	292,82	1843,70	0,34	0,03
	8	170,04	15,67	38,18	685,10	4580,05	0,38	0,13
	9	370,14	33,03	62,43	1243,85	8523,84	0,01	0,19
	10	53,37	9,97	25,78	395,61	2881,09	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>4859,28</b>	<b>394,06</b>	<b>610,88</b>	<b>14590,22</b>	<b>81616,38</b>	<b>36,56</b>	<b>30,69</b>
	<b>Prozentuale Reduktion</b>	<b>16,0%</b>	<b>1,6%</b>	<b>48,8%</b>	<b>33,4%</b>	<b>33,9%</b>	<b>2,4%</b>	<b>27,8%</b>



Tabelle 5-9: Mögliche defizitäre Wasserkörper in Bezug auf projektrelevante Stoffe im Rur-EZG nach Schritt II

Oberflächen-Wasserkörper	Gewässer	N	P	NH <sub>4</sub>	Zink	Chlorida- zon	Cadmium	Blei	Diuron	Atrazin
DE NRW 282 21443	Rur	?	+	+	-	+	+	-	?	+
DE NRW 282 46611	Rur	?	+	+	-	+	+	-	?	+
DE NRW 282 61050	Rur	?	+	+	-	+	+	-	+	+
DE NRW 282 69380	Rur	?	+	+	-	+	+	-	+	+
DE NRW 282 73350	Rur	+	+	+	-	+	+	-	+	+
DE NRW 2823792 0	Mühlenteich	+	+	+	?	+	?	-	+	+
DE NRW 2824 0	Inde	?	+	+	-	+	-	-	+	+
DE NRW 2824 6000	Inde	?	?	+	-	+	-	-	+	+
DE NRW 2824 13783	Inde	?	?	+	-	+	-	-	+	+
DE NRW 2824 17700	Inde	?	?	+	-	+	-	-	+	+
DE NRW 2824 20698	Inde	-	+	+	-	+	?	?	+	+
DE NRW 28242 0	Iterbach	-	-	+	?	+	?	?	+	+
DE NRW 28244 0	Vichtbach	+	+	+	-	+	-	-	+	+
DE NRW 28244 3400	Vichtbach	+	+	+	-	+	?	-	+	+
DE NRW 28252 3800	Ellebach	-	?	+	?	?	+	?	?	?
DE NRW 28252 8940	Ellebach	-	?	+	?	?	+	?	?	?
DE NRW 28252 10940	Ellebach	-	?	+	?	?	+	?	?	?
DE NRW 28252 15260	Ellebach	-	?	+	?	?	+	?	?	?
DE NRW 282534 0	Merzbach	-	?	?	?	?	?	?	?	?
DE NRW 2828 0	Wurm	-	-	+	-	?	+	-	?	+
DE NRW 2828 3410	Wurm	-	-	+	-	?	+	-	?	+
DE NRW 2828 6890	Wurm	-	-	+	-	?	+	-	?	+
DE NRW 2828 26286	Wurm	-	-	+	-	+	+	-	?	+
DE NRW 2828 32700	Wurm	-	+	+	-	+	+	-	?	+
DE NRW 2828 34800	Wurm	-	+	+	-	+	+	-	?	+
DE NRW 28284 0	Broicher Bach	-	+	+	?	+	+	?	?	+
DE NRW 28296 0	Kitschbach	-	-	-	-	?	+	?	-	-
DE NRW 28296 4889	Kitschbach	-	?	+	?	?	+	?	-	-

## 5.4 Schritt III

### 5.4.1 Auswahl von Maßnahmengruppen

Im Hinblick auf den Konzentrationsbezug für die Erreichung des „guten Zustandes“ in jedem Wasserkörper ergab sich das Problem der Datengrundlage und der nicht quantifizierbaren Belastungspfade, sodass folgende Defizite für Maßnahmen der Priorität II nicht berücksichtigt werden konnten:

- Schwermetallproblematik an den Mühlenteichen in und um Düren sowie an der mittleren Rur oberhalb der Einmündung der Inde (Obermaubacher und Dürener Raum) (Belastungsursachen nicht quantifiziert)
- Blei-Konzentrationen in der Wurm, die nicht über die Emissionen der Kläranlagen und die RW-Einleitungen bilanziert werden konnten

Diese Belastungen sind zunächst im Rahmen des Monitorings zu Ermittlungszwecken zu quantifizieren und deren Ursachen zu identifizieren, bevor eine Abschätzung von Maßnahmen erfolgen kann.

Weiterhin konnten für Ellebach, Merzbach und Broicher Bach keine Immissionswerte zur Verfügung gestellt werden. Eine Maßnahmenauswahl kann hier also nur eine Annahme darstellen.

In Tabelle 5-10 sind die möglichen Maßnahmengruppen den Defiziten gegenübergestellt. Anhand dieser Übersicht wird deutlich, dass sich die Defizite hinsichtlich regionaler und teils überregionaler Bedeutung (Vichtbach / Inde, Wurm und GWK) sowie lokaler Bedeutung (Iterbach, Ellebach, Merzbach, Broicher Bach, Kitschbach) einteilen lassen.

Tabelle 5-10: Mögliche Maßnahmengruppen mit Prüfung auf Priorität II im Rur-Einzugsgebiet

Gewässer	Defizitparameter	Bewirtschaftungseinheit	Belastungsursachen		Mögliche Maßnahmengruppen
			Eintragspfad	Nutzer	
Vichtbach und Inde	Zn, Pb, Cd N (nur Inde)	TEZG 6 (Inde)	diffuse Einträge Erosion und GW / Drainage	Industrie (Bergehalden)	- MG 5 (Schwermetall-Reduktion Altlasten)
			Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Industrie (Indirekteinleiter) Haushalte (kommunales Abwasser)	- MG 9 (Schwermetall-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
Iterbach	N, P	TEZG 6 (Inde)	Punktquellen KKA	Haushalte (kommunales Abwasser)	- MG 11 (Stoffreduktion Eintragspfad Kleinkläranlagen)
Ellebach, Merzbach, Broicher Bach	N	TEZG 2+3 und TEZG 4 (Wurm)	Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Hauhalte, Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft (kommunales Abwasser)	- MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
			diffuse Einträge aus Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss	Landwirtschaft	- MG 1 (N-Reduktion Landwirtschaft)
Wurm	N, P, Zn	TEZG 4 (Wurm)	Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Hauhalte, Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft (kommunales Abwasser)	- MG 9 (Schwermetall-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 7 (P-Reduktion Eintragspfad KA)
			diffuse Einträge direkt, Erosion	Landwirtschaft	- MG 2 (P-Reduktion Landwirtschaft)
Kitschbach	N, P, NH <sub>4</sub> , Zn, Atrazin, Diuron	TEZG 1 (Untere Rur)	Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Hauhalte, Gewerbe, Industrie, Landwirtschaft (kommunales Abwasser)	- MG 6 (N-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 7 (P-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 8 (PSM-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 9 (Schwermetall-Reduktion Eintragspfad KA) - MG 10 (Stoffreduktion Eintragspfad RW-Einleitungen)
GWK 282_02, 04, 05, 07	N	TEZG 1,2+3, 5	diffuse Einträge aus Drän-, Zwischen- und GW-Abfluss	Landwirtschaft	- MG 1 (N-Reduktion Landwirtschaft)

### 5.4.2 Abschätzung offensichtlicher Ausnahmetatbestände

Unter Betrachtung der Maßnahmenkosten der Priorität I sowie den örtlichen Verhältnissen der Stadt Stolberg (Rheinland) ist davon auszugehen, dass eine nochmalige Reduktion der Schwermetalleinträge aus den Bergehalden auf bspw. ein Drittel der Bleieinträge durch Sanierung der Altlasten technisch und ökonomisch nicht durchführbar ist. Die Erreichung eines „guten Gewässerzustandes“ in Inde und Vichtbach ist somit nicht möglich.

Weitere offensichtliche Ausnahmetatbestände liegen nach Kenntnisstand der Projektbearbeiter nicht vor.

**Es sei hier ausdrücklich davor gewarnt, Maßnahmen zur Reduzierung von Gewässerbelastungen ohne Kenntnis von Maßnahmenkosten und der tatsächlich notwendigen Wirksamkeit im Gewässer pauschal an diesem Punkt des Ablaufschemas auszuschließen!**

## 5.5 Schritt IV

### 5.5.1 Kosteneffiziente Kombinationen von Maßnahmengruppen

In Tabelle 5-11 werden die Maßnahmengruppen der Priorität II ihren jährlichen Kosten gegenübergestellt, die im Mittel 333,5 Millionen Euro pro Jahr betragen.

Als Schwerpunkt dieses Schrittes ist die Verringerung von Nährstoffeinträgen im nördlichen Einzugsgebiet (vor allem an leistungsschwachen Vorflutern) und hier vor allem in der gesamten Bewirtschaftungseinheit der Wurm (TEZG 4) zu nennen. Die Maßnahmen in diesem TEZG können nur aus einer Kombination bestehen, die auf eine Reduktion der Nährstofffrachten aller Eintragspfade abzielt, da nicht nur die Kläranlagen und RW-Einleitungen, sondern auch aus der Landwirtschaft signifikante Mengen eingetragen werden.

Weiterhin besteht ein Problem mit Nährstoffeinträgen über die Emissionen in die obere Inde (Aachen-Brand) bzw. den Iterbach über das belgische Einzugsgebiet (Gemeinde Raeren). Aufgrund der Maßnahmengruppe "Stoff-Reduktion aus KKA" im Iterbach wird die  $N_{ges}$ -Konzentration in der Inde gesenkt; nach den vorliegenden Daten sind jedoch weitere Maßnahmen zur N-Elimination über die Eintragspfade "Kläranlage" und "Regenwasser-Einleitungen" notwendig.

Tabelle 5-11: Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen mit Prüfung auf Priorität II

Gewässer	Maßnahmen- gruppe	Kosten pro Jahr [€/a]	f <sub>k</sub> /f <sub>w</sub>	N [t/a]	P [t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [kg/a]	Chlori- dazon [kg/a]	Diuron [kg/a]	Atra- zin [kg/a]	Um- set- zung	Kosten- träger
Kitschbach	N-Red. Eintr. KA	12,0 Mio.	2,0	26,6	-	-	-	-	-	-	-	<5a	Wasserverband
	PSM-Red. Eintragspfad KA	12.000	4,8	-	-	-	-	-	-	2,0	2,0	5...15a	Kommunen, Private, LW
	Stoff-Red. Eintragspfad RW	2,3 Mio.	2,6	0,9	0,2	0,5	24,4	102,2	-	-	-	5...15a	Wasserverband , Kommunen
Wurm	N-Red. Eintrags- pfad KA	95,8 Mio.	2,0	213,0	-	-	-	-	-	-	-	<5a	Wasser-V, NL
	P-Red. Eintr. KA	46,3 Mio.	1,7	-	16,0	-	-	-	-	-	-	<5a	Wasser-V, NL
	SM-Red. Eintragspfad KA	250,5 Mio.	2,0	-	-	11,4	183,0	2287,6	-	-	-	<5a	Wasser-V, NL
	Stoff-Red. Eintragspfad RW	68,5 Mio.	2,6	27,4	6,5	12,3	510,9	2448,8	-	-	-	5...15a	Wasserverband , Kommunen
	P-Red. Landwirtschaft	1,1 Mio.	6,1	-	8,6	2,4	62,3	439,8	-	-	-	>15a	Landwirtschaft (TEZG 1, 4)
Inde	N-Red. Eintr. KA	10,7 Mio.	2,0	23,7	-	-	-	-	-	-	-	<5a	Wasserverband
	Stoff-Red. Eintragspfad RW	7,4 Mio.	2,6	3,0	0,7	1,7	67,6	337,9	-	-	-	5...15a	Wasserverband , Kommunen
Grundwas- ser TEZG 1, 2+3, 5	N-Reduktion Landwirtschaft	4,2 Mio.	5,6	578,2	-	-	-	-	-	-	-	>15a	Landwirtschaft (TEZG 1, 2+3, 5)
Ellebach, Merzbach, Broicher Bach	N-Red. Eintr. KA	9,6 Mio.	2,0	21,3	-	-	-	-	-	-	-	<5a	Wasserverband
	Stoff-Red. Eintragspfad RW	47,5 Mio.	2,6	19,0	14,3	5,2	10,4	432,8	-	-	-	5...15a	Wasserverband , Kommunen
Iterbach	Stoff-Red. KKA	1,5 Mio.	1,5	1,1	0,3	-	-	-	-	-	-	5...15a	Private, Kommunen (B)
Gesamtkosten Priorität II		557,4 Mio											

### 5.5.2 Weitergehende Prüfung von Ausnahmetatbeständen

Bei der Ermittlung der kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen zur Priorität II wurde festgestellt, dass in den Tieflandbächen Merzbach, Ellebach (TEZG 2+3) und Broicher Bach (TEZG 4) sowie in der Inde oberhalb des Vichtbaches mit den betrachteten Maßnahmengruppen aus technischen Gründen kein "guter ökologischer Zustand" erreicht werden kann. Grund dafür sind sehr geringe mittlere Niedrigwasserabflüsse, die eine zu hohe Frachtreduktion erfordern würden.

Falls in diesen Bächen ohne Inanspruchnahme von Ausnahmetatbeständen das Ziel des "guten Zustandes" erreicht werden soll, sind die Einleitungen und Entnahmen einzustellen. Diese Maßnahme betreffe die Kläranlagen Hambach (Ellebach), Aldenhoven (Merzbach), Euchen und Broichtal (Broicher Bach), die KA Aachen-Süd (Inde), die Fischteichanlagen am Broicher Bach, eine signifikante Wasserentnahme aus dem Merzbach sowie die Regenwassereinleitungen in die betreffenden Wasserkörper. Es ist jedoch möglich, nach Art. 4 (5) EG-WRRL weniger strenge Umweltziele für die Wasserkörper festzulegen.

Ökonomische Ausnahmetatbestände können im Rahmen der Projektbearbeitung nicht formuliert werden, da diese von der jeweiligen Leistungsfähigkeit der Kostenträger und der angedachten Kostenverteilung der Maßnahmen abhängen. Diese Daten stehen gegenwärtig nicht zur Verfügung. Es erscheint deshalb sinnvoll, für eine Abschätzung der Verhältnismäßigkeit, relevante sozio-ökonomische Kennzahlen der Wassernutzer zu entwickeln und zu verwenden.

### 5.5.3 Vorschlag zur Vorrangigkeit von Maßnahmen

Bei Aufnahme aller in Tabelle 5-11 angegebenen Maßnahmen in die Priorität II verbleiben 24 Oberflächenwasserkörper defizitär, da entweder die Belastungsherkunft bisher nicht geklärt ist (Rur, Mühlenteich, Wurm) oder Ausnahmetatbestände vorliegen (Schwermetalle in der Inde und im Vichtbach,  $N_{ges}$  in Ellebach, Merzbach, Broicher Bach, Inde).

Insgesamt können die in Tabelle 5-12 angegebenen Frachtreduktionen erreicht werden. Hier ist auch eine mögliche Rangfolge zur Umsetzung der Priorität II-Maßnahmen dargestellt. Diese Rangfolge basiert auf den angegebenen Gleichungen aus Kapitel 2.4 und berücksichtigt ausschließlich die Kosten und Unsicherheiten zur Erreichung eines "guten Zustandes". Die räumliche Bedeutung der Auswirkungen und die Kosten-Wirksamkeit werden in dieser Variante der Priorisierung nicht berücksichtigt.

Tabelle 5-12: Tabellarische Zusammenfassung der reduzierten Frachten aus Schritt IV

	Bewirtschaftungseinheit	N [t/a]	P[t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [kg/a]	Diuron [kg/a]	Chloridazon [kg/a]
Einträge nach Umsetzung Schritt I	1	1019,95	75,26	55,42	2225,32	9759,64	6,56	9,14
	2+3	875,60	45,85	47,52	1745,93	8402,27	10,33	6,88
	4	1122,83	117,79	54,57	1553,26	9144,02	9,49	8,11
	5	493,36	38,04	52,76	1578,65	8193,97	4,19	4,06
	6	671,17	50,11	259,96	4869,69	28287,79	5,07	2,14
	7	82,81	8,33	14,25	292,82	1843,70	0,34	0,03
	8	170,04	15,67	38,18	685,10	4580,05	0,38	0,13
	9	370,14	33,03	62,43	1243,85	8523,84	0,01	0,19
	10	53,37	9,97	25,78	395,61	2881,09	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>4859,28</b>	<b>394,06</b>	<b>610,88</b>	<b>14590,22</b>	<b>81616,38</b>	<b>36,56</b>	<b>30,69</b>
Einträge nach Umsetzung Schritt IV	1	831,61	75,03	54,93	2200,88	9657,41	4,65	9,14
	2+3	557,66	36,23	44,23	1737,08	8037,50	10,33	6,88
	4	1103,24	104,98	50,29	1489,40	8636,14	9,49	8,11
	5	132,82	15,61	29,05	884,70	7500,02	4,19	4,06
	6	643,43	49,37	258,31	4802,05	27949,91	5,07	2,14
	7	82,81	8,01	14,25	292,82	1843,70	0,34	0,03
	8	170,04	15,67	38,18	685,10	4580,05	0,38	0,13
	9	370,14	33,03	62,43	1243,85	8523,84	0,01	0,19
	10	53,37	9,97	25,78	395,61	2881,09	0,11	0,00
	<b>Summe</b>	<b>3945,13</b>	<b>347,91</b>	<b>577,45</b>	<b>13731,47</b>	<b>79609,66</b>	<b>34,56</b>	<b>30,69</b>
<b>Prozentuale Reduktion</b>	<b>18,8%</b>	<b>11,7%</b>	<b>5,5%</b>	<b>5,9%</b>	<b>2,5%</b>	<b>5,5%</b>	<b>0,0%</b>	

Tabelle 5-13: Mögliche Vorrangigkeit von Maßnahmen der Priorität II

Rang	Priorisierung P [€]	Gewässer	Maßnahmengruppe	f <sub>k</sub>	f <sub>w</sub>	Mittlere Kosten [€/a]	Kostenträger	Umsetzung	Wirkung
1	144000	Kitschbach	PSM-Reduktion Eintragspfad KA	1,2	0,25	12000	Kommunen, Private, LW	5...15a	regional
2	4500000	Iterbach	Stoff-Reduktion KKA	1,5	1	1500000	Private, Kommunen (B)	5...15a	regional
3	4575597	Kitschbach	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	2300000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	regional
4	5243884	Wurm	P-Reduktion Eintragspfad KA	1,5	0,86	46300000	Wasser-V, NL	<5a	überregional
5	6086957	Wurm	P-Reduktion Landwirtschaft	1,4	0,23	1100000	Landwirtschaft (TEZG 1, 4)	>15a	überregional
6	12533156	Broicher Bach	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	6300000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	regional
7	14721485	Inde	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	7400000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	regional
8	15000000	Merzbach	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	1500000	Wasserverband	<5a	regional
9	18000000	Ellebach	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	1800000	Wasserverband	<5a	regional
10	30636605	Merzbach	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	15400000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	regional
11	35610080	Ellebach	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	17900000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	regional
12	107000000	Inde	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	10700000	Wasserverband	<5a	regional
13	116666667	GW	N-Reduktion Landwirtschaft	1,5	0,27	4200000	Landwirtschaft (TEZG 1, 2+3, 5)	>15a	überregional
14	120000000	Kitschbach	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	12000000	Wasserverband	<5a	regional
15	123846407	Wurm	SM- Reduktion Eintragspfad KA	1,5	0,74	250500000	Wasser-V, NL	<5a	überregional
16	136273210	Wurm	Stoff-Reduktion Eintragspfad RW	1,5	0,58	68500000	Wasserverband, Kommunen	5...15a	überregional
17	142000000	Broicher Bach	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	14200000	Wasserverband	<5a	regional
18	958000000	Wurm	N-Reduktion Eintragspfad KA	1,3	0,65	95800000	Wasser-V, NL	<5a	überregional



## **6 Anwendung der Arbeitsmethodik im TEZG Inde**

Im folgenden Kapitel werden die Kosten und Wirkungen der in Kapitel 4 katalogisierten Einzelmaßnahmen zur Defizitbeseitigung quantifiziert, um im Vergleich mit den Ergebnissen aus dem vorigen Kapitel Empfehlungen für einen notwendigen Detaillierungsgrad ableiten zu können.

Für die Beschreibung der relevanten Defizite und Belastungsquellen innerhalb des betrachteten Einzugsgebietes wird auf die Auswertung der Bestandsaufnahme (s. Kapitel 3.6) verwiesen.

Abbildung 6-1 zeigt eine schematische Einteilung der (Regenwasser-) Betrachtungsebenen und die Oberflächenwasserkörper der Bewirtschaftungseinheit.

### **6.1 Schritt I**

#### **6.1.1 Berücksichtigung geplanter Maßnahmen**

Für das Baseline-Szenario im Einzugsgebiet der Inde wurden die gebietsrelevanten Maßnahmen aus den Abwasserbeseitigungskonzepten der Kommunen Roetgen, Langerwehe, Stolberg, Aachen, Eschweiler und Inden sowie der Fünfjahresübersicht des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER, 2006) betrachtet.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der einzelnen Maßnahmen und die Zuordnung zu den Wasserkörpern findet sich in Tabelle 6-1.

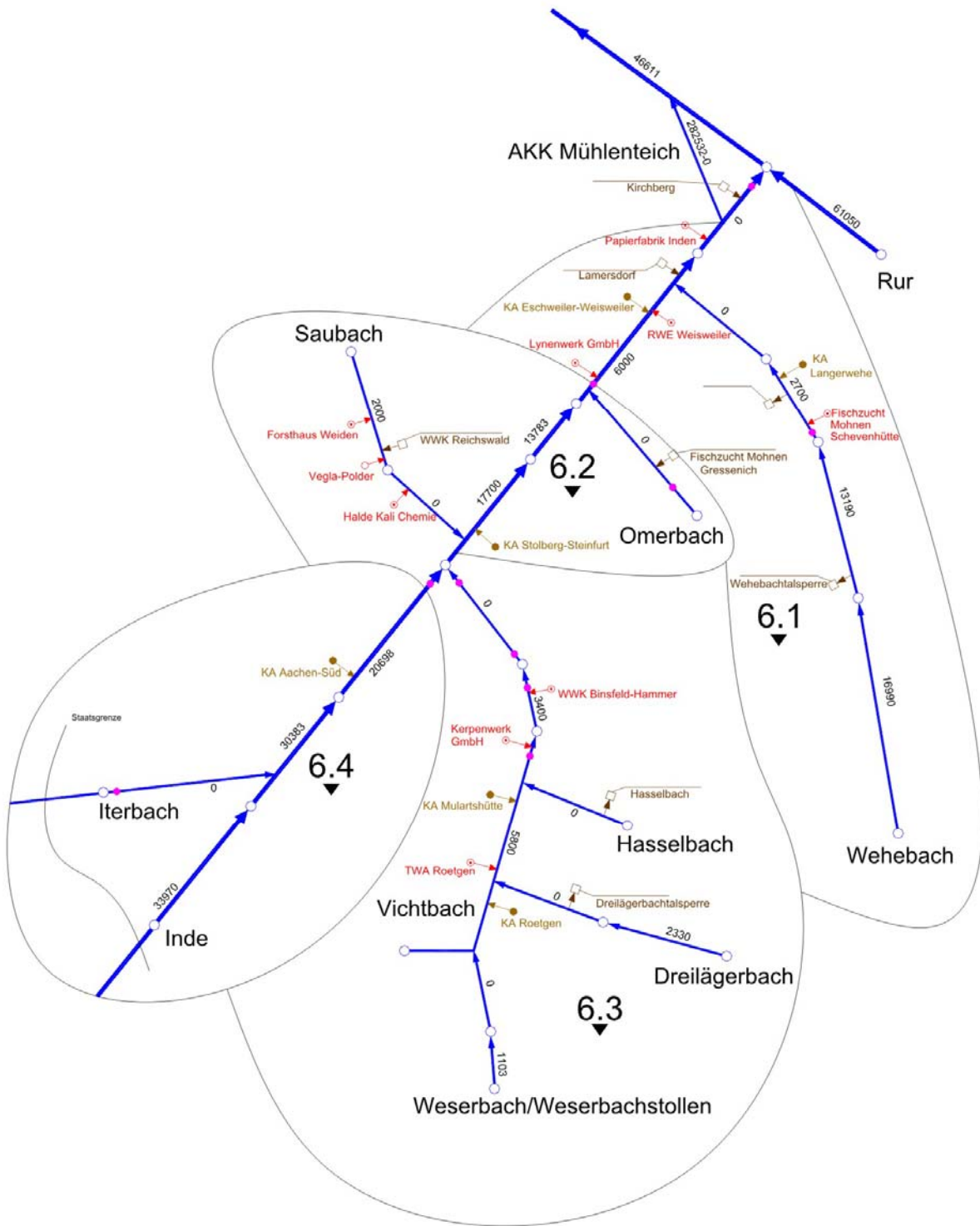


Abbildung 6-1: Schematische Darstellung der Bewirtschaftungseinheit Inde

Tabelle 6-1: Relevante Maßnahmen aus Abwasserbeseitigungskonzepten und Verbandsübersichten

Gewässer	Wasserkörper	Kostenträger	Maßnahmen aus ABK und Verbandsübersichten
Inde	DE_NRW_2824_0	WVER; Land; EU RWE Power Kom	Umbau Indewehr Kirchberg (1.050.000 €) (WVER); Verlegung der Inde (3.150.000 €) (RWE Power); Bau von Regenklärbecken in Inden (200.000 €) (ABK Inden)
Inde	DE_NRW_2824_6000	WVER WVER WVER; Land; EU	KA Eschweiler Umbau Gebläsestation (1.500.000 € WVER); Kanalnetzsteuerung (175.000 €) (WVER); Umbau Indewehre Eschweiler (3.150.000 €) (6.1 & 6.2)
Wehebach	DE_NRW_28248_2700	WVER KOM KOM KOM	Erweiterung der KA Langerwehe (800.000 € WVER); Regenwasserbehandlungsanlage Bodenfilter Hamich (600.000 €) (ABK Langerwehe); Druckleitung Heistern/Hamich (350.000 €) (ABK Langerwehe) 64 ha an RKB zur Umsetzung des Trennerlasses
Inde	DE_NRW_2824_13783	WVER; Land; EU	Umbau Indewehre Eschweiler (3.150.000 €) (WVER)
Inde	DE_NRW_2824_17700	WVER WVER	KA Stolberg Erweiterung Belüftung, Erweiterung Nachklärung, (5.250.000 €) (WVER) Kanalnetzsteuerung Stolberg (200.000 €) (WVER)
Vichtbach	DE_NRW_28244_0	WVER KOM KOM KOM	RÜB Münsterbachstr. Neubau (2.500.000 €) (1.8 Atsch); Sanierung RÜB Dickenbruch (110.000 €) (ABK Stolberg); Sanierung RÜB Finkensief (1.10) (110.000 €) (ABK Stolberg); Donnerberg: RW-Leitung Fernblick Erweiterung (1.09) (300.000 €) (ABK Stolberg);
Vichtbach	DE_NRW_28244_3400	KOM KOM KOM KOM	RÜB Mausbach Erweiterung (50.000 €) (WVER) (1.11 Mausbach); Erweiterung Krewinkel: FW-Ableitung (1.11 Mausbach) (300.000 €) (ABK Stolberg); RÜB Jägersfahrt (1.04) Sanierung (110.000 €) (ABK Stolberg); Sanierung RRB Breiniger Berg (1.02) (520.000 €) (ABK Stolberg)
Vichtbach	DE_NRW_28244_5800	WVER WVER KOM KOM	KA Mularthütte, Ertüchtigung (1.100.000€ WVER); RÜB Baugebiet Kloster (100.000 €) (WVER); RÜB Fischbach Sanierung (110.000 €) (ABK Stolberg); RÜB Vicht Sanierung (110.000 €) (ABK Stolberg);
Inde	DE_NRW_2824_20698	KOM KOM	Anschluss Grube (1 Stck.) (ABK Stolberg); Oberforstbacherstr. Umbau RÜB (800.000€) (ABK Aachen)

### 6.1.2 Auswirkungen des Baseline-Scenarios

Die Auswirkungen dieser schon festgeschriebenen und teilweise durchgeführten Maßnahmen auf die einzelnen Wasserkörper (bzw. Wasserkörpereinzugsgebiete) kann zurzeit nur überschlägig durchgeführt werden.

Die Volumina der betrachteten Regenklärbecken aus dem ABK der Gemeinde Inden wurden nach den Kostenangaben von (HALBACH, 2003) grob abgeschätzt, um die befestigten Einzugsflächen überschlägig berechnen zu können. Mit Hilfe dieser Daten und den Angaben von (BÖHM ET AL., 2002) zur Wirksamkeit konnten die durch die Regenklärbecken reduzierten Stofffrachten ermittelt werden.

Für die Regenüberlaufbecken und den Retentionsbodenfilter wurden über Entlastungsmengen, -frachten und -raten nach den Werten von (BÖHM ET AL., 2002) und (HAHN ET AL., 2000) reduzierte Frachten der Parameter  $N_{ges}$ ,  $P_{ges}$ , Zn, Pb und Cd abgeschätzt. Für eine genauere Berechnung müssten nach (BÖHM ET AL., 2002) die Veränderung der Entlastungsrate eines Kanalnetzes und die zusätzliche Mischwassermenge zur Kläranlage berechnet werden. Auch sollte berücksichtigt werden, ob das vorhandene Volumen schon in der Nähe des erforderlichen Volumens nach (ATV A 128, 1992) liegt.

Sanierungen von Regenüberlaufbecken konnten nicht berücksichtigt werden, da die einzelnen Veränderungen innerhalb der betroffenen Kanalnetze nicht quantifiziert werden konnten.

Gemäß Tabelle 6-1 wird ebenfalls der Umbau der KA Langerwehe, KA Mulartshütte, sowie der KA Stolberg im Baseline-Szenario (Schritt I) betrachtet.

Die Wirkung der strukturbezogenen Maßnahmen im Gewässer (Umbau der Wehre und Verlegung der Inde) auf die Parameter konnte mit der vorhandenen Datengrundlage nicht quantifiziert werden. Diese Maßnahmen haben jedoch Einfluss auf die Strukturgüte und die Durchgängigkeit der betrachteten Wasserkörper.

Nach (SCHÜTZE, 2002) hat eine Kanalnetzsteuerung keinen nennenswerten Einfluss auf die Gewässerqualität. Deshalb wird die Auswirkung der Maßnahme auf die Gewässergüte nach Wasserrahmenrichtlinie nicht berücksichtigt.

Der Einfluss des Anschlusses der drei Gruben ist marginal und wird aus diesem Grund vernachlässigt.

In der folgenden Tabelle 6-2 werden die Auswirkungen des Baseline-Szenarios auf die Ausgangssituation zusammengefasst.

Tabelle 6-2: Tabellarische Zusammenfassung der Ausgangssituation und Frachten nach Schritt I im Inde-Einzugsgebiet:

	<b>Betrach- tungs- ebene</b>	<b>N [t/a]</b>	<b>P[t/a]</b>	<b>Cd [kg/a]</b>	<b>Pb [kg/a]</b>	<b>Zn [kg/a]</b>
Einträge Ausgangs- situation	6.1	88,750	6,650	8,950	306,410	1404,170
	6.2	130,170	10,230	22,880	619,610	4251,560
	6.3	23,240	5,040	8,510	338,070	1562,090
	6.4	119,730	7,330	4,750	161,090	773,830
	Diffus 6	314,650	21,010	789,850	10631,100	58579,010
	Summe	<b>676,54</b>	<b>50,26</b>	<b>834,94</b>	<b>12056,28</b>	<b>66570,66</b>
Einträge nach Umset- zung Schritt I	6.1	76,737	6,624	8,931	306,684	1405,984
	6.2	44,737	10,189	22,683	618,164	4214,393
	6.3	19,310	5,055	8,458	335,998	1536,700
	6.4	118,832	7,333	4,714	160,509	765,487
	Diffus 6	314,650	21,010	789,850	10631,100	58579,010
	Summe	<b>574,27</b>	<b>50,21</b>	<b>834,64</b>	<b>12052,46</b>	<b>66501,58</b>
Prozentuale Reduktion		<b>15,1%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,0%</b>	<b>0,1%</b>

## 6.2 Schritt II

Innerhalb dieses Schrittes sind im Inde-Einzugsgebiet nur die folgenden EG-Richtlinien zu berücksichtigen, da keine wasserrechtlichen Bescheide vorliegen, die berücksichtigt werden könnten (siehe hierzu auch Kapitel 5.3.2):

- Cadmium-Richtlinie
- Fischgewässer-Richtlinie hinsichtlich des Parameters Zink

Für die Einhaltung des Mindestschutzniveaus wurden die in Tabelle 6-3 aufgeführten Maßnahmen ausgewählt.

Wie in Kapitel 5.3.4 ausgeführt, können die für eine Einhaltung der Richtlinien nötigen Fracht-Reduktionen nur aus einer Minimierung des Eintragspfades Altlasten folgen. Aus diesem Grund wurde der Eintragsweg Regenwasserbehandlung bei den Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen nicht weiter berücksichtigt.

Tabelle 6-3: Mögliche Maßnahmen der Priorität I im Inde-Einzugsgebiet

Gewässer	Defizitparameter	Betrachtungsebene	Belastungsursachen		Mögliche Maßnahmen
			Eintragspfad	Nutzer	
Vichtbach und Inde	Zn, Pb, Cd	6.3; 6.2; 6.1	diffuse Einträge Erosion und GW / Drainage	Industrie (Bergehalden)	- A 8 (Abtragung von Altlasten und Entsorgung) - B 11 (Abdichtung von Altlasten und Sickerwasserbehandlung)
			Punktquellen KA und RW-Einleitungen	Industrie (Indirekteinleiter)	- B 2, (Membranbiologie KA) - B 3 (Nachgeschaltete Membranfiltration) - B 9 (Bau von Bodenfiltern)

Gemäß der Kosten-Wirksamkeiten und Wirkungsgrade der Maßnahmen A 8 und B 11 ist eine notwendige Zink-Reduktion von 38,3 t/a bzw. eine notwendige Cadmium-Reduktion von 363 kg/a nur über eine Abtragung der Bergehalden möglich. Diese Maßnahme würde auf Grundlage der zu reduzierenden Zink-Fracht mittlere Kosten von ca. 436,7 Millionen Euro jährlich (Unsicherheitsfaktor 4,3) verursachen.

### 6.3 Schritt III

Innerhalb des Vichtbaches (DE\_NRW\_28244\_0) sollte nach Umsetzung der Fischgewässer-Richtlinie eine Cadmium-Konzentration von ca. 3 µg/l vorliegen. Hinsichtlich einer weiteren Reduktion auf 1 µg/l sollten gemäß Kapitel 5.4.2 offensichtliche Ausnahmetatbestände vorliegen.

### 6.4 Schritt IV

Bei Unterstellung weniger schwerer Umweltziele für Cadmium, Blei und Zink, verbleiben im Inde-Einzugsgebiet Defizite für die Parameter Stickstoff und Phosphor.

Zur Analyse der Defizite ist ein Wasserkörper des Itebaches, der durch Kleinkläranlagen- bzw. Teilortskanal-Emissionen der Gemeinde Raeren / Belgien belastet ist und ein Wasserkörper der Inde (DE\_NRW\_2824\_20698) zu betrachten, in den die Kläranlage Aachen-Süd und Mischwasserentlastungen einleiten.

Die ausgewählten Maßnahmen der Priorität II können Tabelle 6-4 entnommen werden.

Tabelle 6-4: Mögliche Maßnahmen der Priorität II im Inde-Einzugsgebiet

Gewässer	Defizitparameter	Betrachtungsebene	Belastungsursachen		Mögliche Maßnahmen
			Eintragspfad	Nutzer	
Inde	N	6.4	Punktquelle KA Punktquellen RW-Einleitungen	Haushalte, Gewerbe, Industrie (kommunales Abwasser)	- B 4 (weitergehende N-Elimination) - B 9 (Bau von Bodenfiltern)
Iterbach	N, P	6.4	Punktquellen KKA	Haushalte, Gewerbe (kommunales Abwasser)	- B 10 (Anschluss von Kleinkläranlagen)

Anhand des MNQ und der 90-Perzentilwerte der Konzentrationen im Iterbach können die zu reduzierenden Frachten ( $1,08 \text{ t N}_{\text{ges}}/\text{a}$  und  $0,32 \text{ t P}_{\text{ges}}/\text{a}$ ) berechnet werden. Für die Inde ergeben sich  $36,76 \text{ t N}_{\text{ges}}/\text{a}$ .

Bei Ansatz einer notwendigen Reduktion in Belgien und den Kosten-Wirksamkeiten aus Tabelle 4-1 lassen sich mittlere jährliche Kosten von 8,6 Millionen Euro errechnen. Diese Summe ist deutlich niedriger als die anhand der Kostengleichungen für Maßnahmengruppen kalkulierten 19,6 Millionen Euro.

Grund dafür sind die unterschiedlichen Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen in der Maßnahmengruppe "N-Reduktion Eintragspfad Kläranlagen". In der Maßnahmenzuordnung zu den Maßnahmengruppen besteht demnach Optimierungsbedarf.

Ausnahmetatbestände müssen nicht in Anspruch genommen werden, da die Reduktion technisch durchführbar ist.

Tabelle 6-5: Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen der Priorität II

Gewässer	Mögliche Maßnahmen	Mittlere Kosten pro Jahr [€/a]	$f_K/f_W$	N [t/a]	P [t/a]	Kostenträger
Inde	N-Reduktion Eintragspfad KA Aachen-Süd	7,1 Mio.	1,2	35,7	-	Wasserverband
Iterbach	Stoff-Reduktion KKA	1,5 Mio.	1,5	1,1	0,3	Private, Kommunen (B)
Gesamtkosten Priorität II für NRW		8,6 Mio.				

## 6.5 Schritt V

Für die Aufnahme in das Maßnahmenprogramm konnte im Inde-EZG die folgende kosteneffiziente Maßnahmenkombination ermittelt werden:

Tabelle 6-6: Kosten und Wirksamkeiten der Maßnahmen im Inde-EZG

Gewässer	Mögliche Maßnahmen	Mittlere Kosten pro Jahr [€/a]	$f_K/f_W$	N [t/a]	P [t/a]	Cd [kg/a]	Pb [kg/a]	Zn [t/a]	Kostenträger
Vichtbach und Inde	Abtragung von Altlasten	436,7 Mio.	4,3	-		574,7	7183,2	38,3	
Inde	N-Reduktion KA Aachen-Süd	7,3 Mio.	1,2	36,5	-				Wasserverband
Iterbach	Stoff-Reduktion KKA	1,5 Mio.	1,5	1,1	0,3				Private, Kommunen (B)
Gesamtkosten		445,5 Mio.							



## 7 Diskussion der Ergebnisse

Im Rahmen des Projektes "Identifizierung der kosteneffizienten Maßnahmen bezüglich der Gewässerbelastung mit Schadstoffen zur Erfüllung der EG-Wasserrahmenrichtlinie unter Berücksichtigung der lokalen Randbedingungen – Beispiel Rur" wurde eine Methodik zur landesweiten Ableitung kosteneffizienter technischer Maßnahmenkombinationen entwickelt und am Bearbeitungsgebiet der Rur exemplarisch für die Parameter Stickstoff, Phosphor, die Schwermetalle Cadmium, Blei, Zink sowie die Pflanzenschutzmittel Atrazin, Diuron und Chloridazon angewendet.

Die Methodik sieht ein Vorgehen in fünf Schritten vor und teilt die Maßnahmen prinzipiell in bereits geplante Vorhaben (Baseline Szenario), Maßnahmen zur Umsetzung bestehender EG-Richtlinien und Gesetze (Priorität I) sowie Maßnahmen zum Erreichen des "guten Zustandes" (Priorität II) ein.

Als Eingangsdaten dienten die Informationen aus der Bestandsaufnahme sowie eigene Berechnungen zu diffusen Einträgen, um die Belastungsursachen identifizieren und quantifizieren zu können.

Um den notwendigen Detaillierungsgrad technischer Maßnahmen zu bestimmen, wurden sowohl Einzelmaßnahmen als auch mesoskalige Maßnahmengruppen mit mittleren Kosten-Wirksamkeiten recherchiert und katalogisiert. Zur Einschätzung der Unsicherheit dieser Mittelwerte wurden zusätzlich Unsicherheitsfaktoren für Kosten und Wirksamkeiten angegeben.

Die mesokalige Anwendung der Methodik im Einzugsgebiet der Rur führte zu einer Abschätzung der Maßnahmengesamtkosten von 702,8 Millionen Euro pro Jahr für die Umsetzung von Maßnahmen der Priorität I und 557,4 Millionen Euro pro Jahr für die Umsetzung von Maßnahmen der Priorität II. Für das Teileinzugsgebiet der Inde konnten für die Einzelmaßnahmen Gesamtkosten von 445,5 Millionen Euro pro Jahr berechnet werden.

Hinsichtlich des unterschiedlichen Detaillierungsgrades der Maßnahmen kann festgehalten werden, dass beide Betrachtungsebenen zu den angestrebten kosteneffizienten Kombinationen führen. Im betrachteten Beispiel an der Inde wurden in zwei Fällen mit den Einzelmaßnahmen deutlich geringere Kosten berechnet, da die Auswahl der Maßnahmen gezielter erfolgen konnte und somit der Kosten-Effizienz-Analyse veränderte Kosten und Wirksamkeiten zu Grunde lagen.

Eine Überprüfung der festgelegten Maßnahmengruppen ist deshalb notwendig, damit die Streuung der angesetzten Kosten-Wirksamkeiten, Wirkungsgrade und Unsicherheiten innerhalb einer Gruppe geringer wird und infolgedessen

realistische Einschätzungen zur technischen und ökonomischen Machbarkeit der Maßnahmen entstehen können.

Die detaillierte Betrachtungsweise mit Einzelmaßnahmen ist für ein gesamtes Einzugsgebiet wesentlich aufwändiger, da sehr viele mögliche Maßnahmenkombinationen entstehen können.

Die Datengrundlage für die Bestimmung der wasserkörperbezogenen Defizite stellt sich als problematisch dar, da die Daten auf unterschiedlichen Ebenen / Skalen vorliegen. Während punktuelle Einleitungen industrieller oder kommunaler Direktleitungen auf Wasserkörper-Ebene zugeordnet werden können, ist eine Aufteilung der gebietsweise vorhandenen Frachten aus Regen- und Mischwassereinleitungen schwierig. Eine Übertragung diffuser Einträge der mesoskaligen Modelle MOBINEG oder MONERIS auf den Wasserkörper erscheint hingegen nicht sinnvoll, und sind bei Pflanzenschutzmittel-Einträgen sogar abzulehnen. Zudem widersprechen sich z.T. die vorliegenden Werte bzw. sind für eine Bilanzierung nur bedingt geeignet.

**Aus den vorgenannten Gründen sollte als Ergebnis dieses Projektes nicht die Wasserkörper-Ebene, sondern die Ebene der Bewirtschaftungseinheiten / Teileinzugsgebiete als kleinste Ebene der Maßnahmenplanung gewählt werden. Für eine landesweite Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmen kann die Anwendung mesoskaliger Maßnahmengruppen auf dieser Ebene empfohlen werden.**

**Durch die vereinfachte Bestimmung kosteneffizienter Maßnahmengruppen entsteht bei der Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmen für den "guten Zustand" (Schritt IV) kein hoher Aufwand. Aus diesem Grund kann eine Vorprüfung auf Ausnahmetatbestände (Schritt III) entfallen und in den Schritt IV integriert werden.**

Im Falle einer offensichtlichen Unverhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten oder eines Ausschlusses von Zielen aufgrund der mangelnden technischen Durchführbarkeit von Maßnahmengruppen (bspw. wegen eines zu geringen Wirkungsgrades), sollten vor einer Inanspruchnahme von Ausnahmetatbeständen zusätzlich die Einzelmaßnahmen betrachtet werden.

Mit Hilfe der Maßnahmengruppen ist es möglich, wichtige Bewirtschaftungsfragen auf der Mesoskala bzw. auf der Ebene von Maßnahmenprogrammen zu identifizieren. Eine detaillierte Maßnahmenplanung kann damit jedoch nicht entfallen und muss vor der Implementierung von Maßnahmen auf lokaler Ebene, für die ebenfalls kosteneffizienten Maßnahmen der jeweiligen Maßnahmengruppe zu ermitteln sind, durchgeführt werden.

Die Einführung der Unsicherheitsfaktoren zeigt, dass vor allem hinsichtlich der diffusen Einträge eine sehr große Kostenspanne entstehen kann. Der Ansatz der maximalen Kosten über die Unsicherheitsfaktoren sollte vor allem bei der Abwägung einer Verhältnismäßigkeit von Maßnahmenkosten verwendet werden.

Zur Berücksichtigung der Datenunsicherheiten wird zusätzlich ein weiterer Unsicherheitsfaktor für die stofflichen Einträge  $f_E$  vorgeschlagen, der die Spanne der Frachten eines Eintragspfades berücksichtigt. Dieser Faktor sollte zwischen Null und Eins (genaue Datenlage) festgelegt werden und ist mit der Wirkungsunsicherheit  $f_W$  zu multiplizieren, sodass sich der gesamte Unsicherheitsfaktor zu  $f_K/(f_W \cdot f_E)$  ergibt.

Mit dem Ansatz der Priorisierung P wurde die Vorrangigkeit von Maßnahmen der Priorität II bewertet. Diese Bewertung integriert lediglich die Kosten, sodass die kostengünstigsten Maßnahmen für das Erreichen eines "guten Zustandes" als vorrangig zu betrachten wären. Es ist sinnvoll, diese Auswahl um die reduzierten Frachten (Wirksamkeit) und / oder die Auswirkungen der Maßnahmengruppen (regional oder überregional) sowie die Umsetzungsdauer respektive Zeitdauer bis zur Wirksamkeit zu erweitern.

Im Rahmen der Bearbeitung stellte sich heraus, dass die Berücksichtigung von Abwasserbeseitigungskonzepten (ABK) in der Methodik verändert erfolgen sollte, da:

- die Einbeziehung des Baseline-Scenarios aus der wirtschaftlichen Analyse sowie die Maßnahmen der Abwasserbeseitigungskonzepte als doppelte Berücksichtigung dieses Scenarios zu sehen ist.
- die ABK nicht nach den Zielen der EG-Wasserrahmenrichtlinie aufgestellt wurden, sondern nach anderen Vorgaben. Beispielsweise enthalten sie auch Maßnahmen zur Umsetzung der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SÜWVKAN, 1995).
- die Daten der ABK nur sehr bedingt geeignet sind, die Maßnahmenwirkungen für den "guten Zustand" einschätzen zu können.
- die ABK zum Teil mit unterschiedlichen zeitlichen Horizonten oder nur in überarbeitungswürdiger Form vorliegen.

Insgesamt konnte bei der Einbeziehung der Abwasserbeseitigungskonzepte innerhalb des Rur-EZG nur eine marginale Wirkung auf den Gewässerzustand festgestellt werden. Dieses Ergebnis kann jedoch nicht verallgemeinert werden, da in unterschiedlichen Regionen NRWs die Relevanz der Abwasserbeseitigungskonzepte höher sein kann.

Neben den Abwasserbeseitigungskonzepten wurden im Rahmen der Bearbeitung auch die Verbandsübersichten des sondergesetzlichen Wasserverbandes Eifel-Rur integriert, die jährlich neu aufgestellt werden und somit in sehr aktueller Fassung vorliegen. Eine rechtliche Verpflichtung zur Umsetzung der dort aufgeführten Maßnahmen besteht jedoch nicht. Somit könnte deren Aufnahme in das Baseline-Scenario juristisch problematisch sein.

Nach den vorliegenden Erkenntnissen erscheint es somit nicht sinnvoll, alle Maßnahmen der ABK und Verbandsübersichten in das Baseline-Scenario zur Wasserrahmenrichtlinie zu integrieren, sondern nur ausgewählte, relevante Maßnahmen.

**Es wird deshalb vorgeschlagen, im Schritt I nur das überschlägige Baseline-Scenario aus der Wirtschaftlichen Analyse zu integrieren.**

**Nach Ermittlung der kosteneffizienten Maßnahmen zum Erreichen des "guten Zustandes" sollen diese mit den Maßnahmen aus den Abwasserbeseitigungskonzepten und Verbandsübersichten verglichen werden. Die in den Konzepten enthaltenen relevanten Maßnahmen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind als vorrangig zu betrachten bzw. besitzen eine hohe Priorität.**

Die Untersuchung der Relevanz von existierenden wasserrechtlichen Bescheiden für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie hat gezeigt, dass fünf von dreizehn Maßnahmen aus wasserrechtlichen Bescheidregelungen keinen Einfluss auf die Einhaltung der Umweltqualitätsnormen für die betrachteten Parameter haben. Bei der Aufstellung des Maßnahmenprogrammes müsste deshalb im Detail geprüft werden, welcher Sanierungsbescheid einen Einfluss besitzt und welcher nicht.

**Deshalb sollten die Sanierungsbescheide analog zu den Maßnahmen aus den ABK nicht in Schritt II, sondern in Schritt IV mit den kosteneffizienten Maßnahmen abgeglichen werden.**

Eine modifizierte Methodik unter Berücksichtigung der vorgenannten Erkenntnisse wird im nächsten Kapitel beschrieben.

## 8 Methodik zur Identifizierung technischer Maßnahmen

Nach den vorliegenden Ergebnissen des "Rur-Projektes" wurde die Arbeitsmethodik modifiziert und angepasst. Diese Methodik ist im Folgenden beschrieben.

### 1. Schritt

In einem ersten Schritt sind auf Grundlage der Ergebnisse aus Bestandsaufnahme und Monitoring negative Soll-Ist-Abweichungen (Defizite) aller Qualitätskomponenten innerhalb aller Wasserkörper eines betrachteten Flusseinzugsgebietes zu identifizieren. Bei den heavily modified water bodies (HMWB) ist hierbei zu berücksichtigen, dass in der Bestandsaufnahme für diese Einstufung der defizitäre Zustand der morphologischen Komponente maßgebend war (MUNLV, 2005d). Hier muss ein gutes ökologisches Potential erreicht werden.

Als weiterer Bestandteil des ersten Schrittes sind die in der wirtschaftlichen Analyse enthaltenen Baseline-Scenarien zu integrieren, die eine Prognose des Wasserzustands im Jahr 2015 darstellen. Hiermit können sich verändernde Wassernutzungen und damit verbundene Defizite erkannt und abgeschätzt werden.

Anschließend sind die nach dieser Prognose verbleibenden Defizite einschließlich ihrer Verursacherpfade zu ermitteln. Die Analyse ist auf Wasserkörper-Ebene durchzuführen.

### 2. Schritt

Maßnahmen, die das Ziel der Umsetzung einer bestehenden gemeinschaftlichen Vorschrift verfolgen, sind nach Kap. 2.1 als vorrangig zu betrachten. Deshalb ist für das jeweilige EZG zu prüfen, ob und wo Defizite zur Erfüllung dieses Mindestschutzniveaus nach EG-WRRL vorhanden sind.

Außerdem sind auch Ziele aus bestehenden internationalen Abkommen bzw. die Ergebnisse der Bestandsaufnahmen auf Ebene der Flussgebietseinheiten sowie die Umsetzung von bundes- bzw. landesweiten Rechtsvorschriften zu berücksichtigen. In Bezug auf bundes- oder landesweite Rechtsvorschriften sind in diesem Fall der "Stand der Technik" nach § 7a WHG, die "allgemein anerkannten Regeln der Technik" nach § 18b WHG zugrunde zu legen.

Die sich aus diesen Defiziten ergebenden Maßnahmen werden als Maßnahmen der „Priorität I“ festgelegt.

Bei der ökonomischen Bewertung der genannten Maßnahmen innerhalb dieses Schrittes gelten lediglich Kriterien der Kosteneffizienz, da der sich ergebende Nutzen aus den hier zugrunde liegenden gesetzlichen Anforderungen nicht in Frage gestellt wird.

Die Maßnahmen können aus einem landesweit geltenden und für das Bearbeitungsgebiet angepassten Katalog mit Maßnahmengruppen und ergänzenden Einzelmaßnahmen ausgewählt werden. In diesem Katalog sollten Kosten-Wirksamkeiten, Wirkungsgrade sowie Unsicherheitsfaktoren vorhanden sein.

Die potentiellen Maßnahmengruppen werden aufgrund ihrer nicht-monetären Wirksamkeit und ihrer Kosten verglichen (Kosten-Effizienz-Analyse) und gebündelt. D.h. es werden die Maßnahmenkombinationen ausgewählt, welche bei vorgegebener Zielerreichung die geringsten betriebswirtschaftlichen Kosten beanspruchen. Nach Analyse und Bündelung sind eine oder mehrere gleichwertige Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen identifiziert, mit deren Hilfe, unter Berücksichtigung der relevanten Kosten, die Erfüllung des Mindestschutzniveaus in Bezug auf die defizitären Parameter erreicht werden kann.

Nach der Identifikation der Priorität I-Maßnahmen ist abzuschätzen, wie sich die Umsetzung der Maßnahmen auf den Gewässerzustand auswirkt und ob ggf. der "gute Zustand" im betreffenden Gewässer bereits erreicht ist.

Deshalb ist zu ermitteln, in welchem Maße sich die nach Schritt I verbliebenen Defizite durch die Umsetzung der Maßnahmen der „Priorität I“ verringern bzw. welche quantifizierbaren Defizite mit Verweis auf ihre Eintragspfade verbleiben.

### 3. Schritt

Sollten nach Ausführung des zweiten Schrittes noch Defizite bzgl. des guten Zustandes in Oberflächengewässern bzw. des guten Zustandes im Grundwasser verbleiben, sind weitere Maßnahmen erforderlich und/oder es sind Ausnahmen zu begründen.

Dazu sind zunächst für diese Defizite potentielle Maßnahmengruppen aus dem schon unter Schritt II beschriebenen Maßnahmengruppen-Katalog auszuwählen. Mit Hilfe der Angaben aus dem Katalog werden „die technische, ökonomische und rechtliche Durchführbarkeit“ geprüft. D.h., für die Maßnahmengruppen können nach Berechnung der mittleren Kosten:

- eine ökonomische Verhältnismäßigkeit der Maßnahmenkosten (Nutzen-Kosten-Verhältnis),
- ein ausreichender Wirkungsgrad zur Beseitigung des Defizites / der Defizite,

- einer Prüfung der rechtlichen Machbarkeit der Maßnahmen im Hinblick auf geltendes Recht,
- gegebenenfalls eine Machbarkeit in Bezug auf den Standort der Umsetzung (geologische, räumliche und topografische Bedingungen etc.)

abgeschätzt werden.

Sollte die Prüfung hinsichtlich eines Punktes negativ ausfallen, sind die Maßnahmengruppen durch Einzelmaßnahmen aus dem Katalog zu ersetzen und es ist die beschriebene Prüfung zu wiederholen.

Mit dieser Vorgehensweise werden die Wasserkörper identifiziert, die inklusive Fristverlängerungen bis 2027 aus den oben genannten Gegebenheiten den "guten Zustand" generell nicht erreichen können. Die bei der oben angeführten Prüfung festgestellten negativen Abweichungen können als Begründungen für "weniger strenge Umweltziele" angeführt werden.

Bei einer Inanspruchnahme des Ausnahmetatbestandes "weniger strenges Umweltziel" entstehen Abweichungen zum Ziel des "guten Zustandes", die mit Hilfe einer Rückkopplung zu den Defiziten berücksichtigt werden müssen.

Somit verbleiben die kosteneffizienten Maßnahmengruppenkombinationen, bei denen davon auszugehen ist, dass sie (spätestens bis 2027) offensichtlich umgesetzt werden können. Diese Maßnahmen werden als Maßnahmen der „Priorität II“ definiert und mit den Maßnahmen aus den Abwasserbeseitigungskonzepten und Verbandsübersichten verglichen. Die in den Konzepten enthaltenen relevanten Maßnahmen zur Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie sind als vorrangig zu betrachten bzw. besitzen eine hohe Priorität.

Die EG-WRRRL fordert lediglich die Kosteneffizienz und die Kostenverhältnismäßigkeit der umzusetzenden Maßnahmen. Die Erstellung einer Rangfolge zur zeitlichen Vorrangigkeit bei der Umsetzung der Maßnahmengruppen wurde in Kapitel 2.4 beschrieben. Zur Berücksichtigung der Datenunsicherheiten wird zusätzlich ein weiterer Unsicherheitsfaktor für die stofflichen Einträge  $f_E$  eingeführt, der die Spanne der Frachten eines Eintragspfades berücksichtigt. Dieser Faktor wird zwischen Null und Eins (genaue Datenlage) festgelegt und ist mit der Wirkungsunsicherheit  $f_W$  zu multiplizieren, sodass sich der gesamte Unsicherheitsfaktor zu  $f_K/(f_W \cdot f_E)$  ergibt.

Diese Vorrangigkeit sollte zudem die räumlichen Wirkungen der Maßnahme im Gewässer (überregional, regional), die reduzierten Frachten (Wirksamkeit der Maßnahme) sowie die Umsetzungsdauer der Maßnahme und deren Wirkungsbeginn beinhalten.

Es kann zur Festlegung der Vorrangigkeit ggf. hilfreich sein, die Maßnahmen der "Priorität II" zur Entscheidungshilfe zusätzlich nach den folgenden Kriterien zu beurteilen:

- die Bedeutung des Gewässers im Hinblick auf die aquatische Umwelt (Laichgewässer, prioritäre Gewässer im Wanderfischprogramm, ggf. ökologische "Trittsteinfunktion")
- nicht-intendierte Gewässer- und Nichtgewässereffekte (oder -kosten) der favorisierten Maßnahmenkombinationen
- das Konfliktpotenzial der Maßnahmenkombinationen im Hinblick auf die verschiedenen Wassernutzer oder -nutzungsarten (ggf. in Form von so genannten "Stakeholder values" (HOSTMANN et al., 2004) für bevorzugte Lösungen der einzelnen Wassernutzer)

Da eine alleinige naturwissenschaftliche Begründung für die Vorrangigkeit bestimmter Maßnahmen oder Maßnahmengruppen aufgrund der hohen Komplexität des Prozesses weder möglich noch sinnvoll ist, muss diese in gesellschaftlichem Konsens und anschließender Festlegung über einen politischen Exkurs unter zu Hilfenahme der o. g. Kriterien gefunden werden.

Falls aus der zeitlichen Reihung und der Leistungsfähigkeit der Kostenträger die Umsetzung der Maßnahmen bis zum Jahr 2015 nicht realisiert werden kann, müssen Fristverlängerungen bis zum Jahr 2027 begründet werden.

#### 4. Schritt

Nach Durchlaufen der ersten drei Schritte kann nun in einem vierten Schritt die festgesetzte Rangfolge der Maßnahmen für die stufenweise und flächendeckende Umsetzung der EG-WRRL in das Maßnahmenprogramm aufgenommen werden. Hierzu zählen die erarbeiteten Maßnahmen aus „Priorität I“ (Schritt II) sowie die erarbeiteten Maßnahmen der „Priorität II“, die sich nach Durchlaufen des Schritts III im betrachteten Gewässersystem ergeben.

Die zuvor beschriebenen Schritte sind in der folgenden Abbildung 8-1 als Ablaufdiagramm dargestellt.



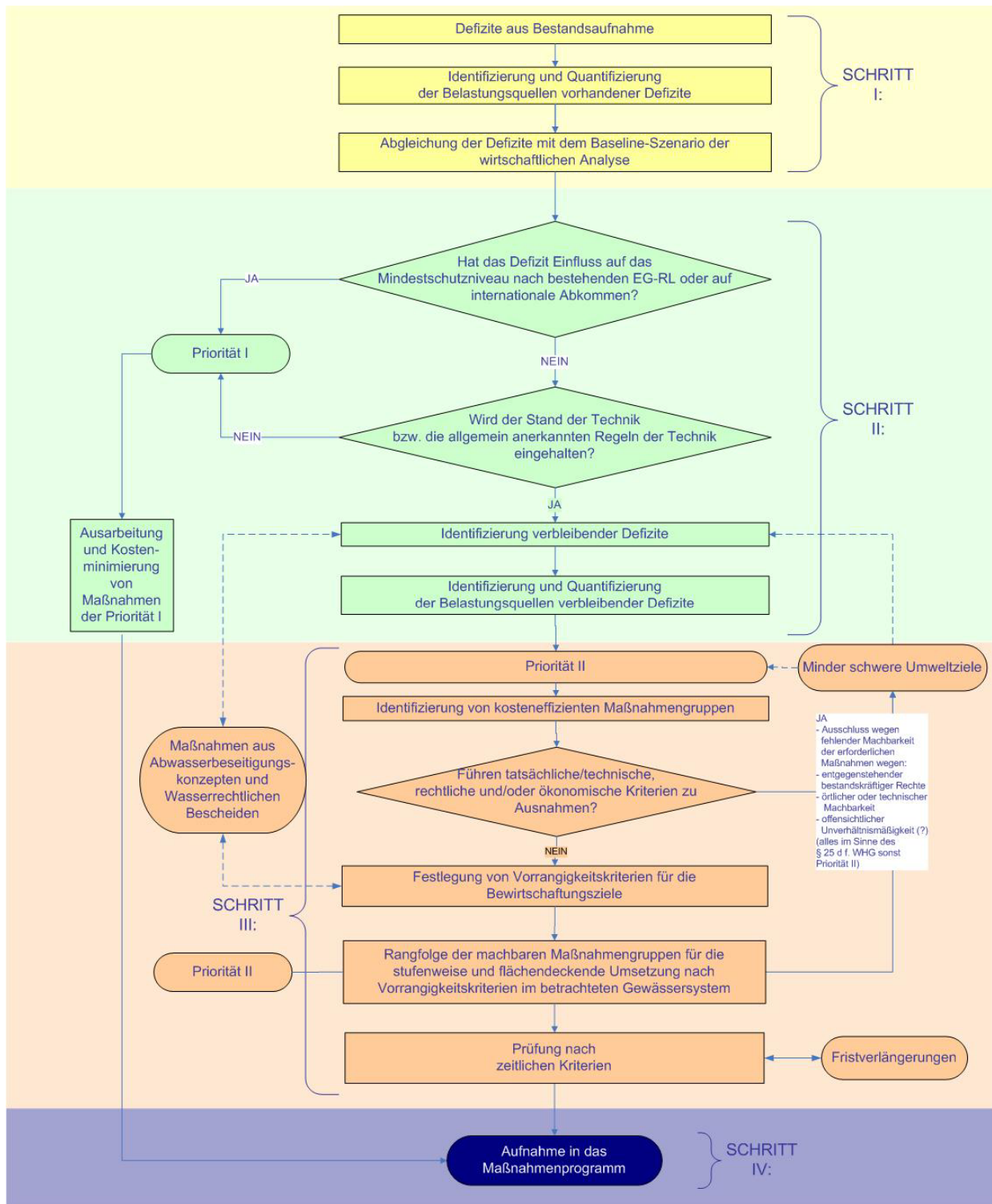


Abbildung 8-1: Modifiziertes Arbeitsschema zur Identifizierung kosteneffizienter Maßnahmenkombinationen

## 9 Literatur

- 76/160/EWG: Richtlinie 76/160/EWG des Rates vom 8. Dezember 1975 über die Qualität der Badegewässer (ABl. Nr. L 31 vom 31.12.1976 S. 1; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48; VO (EG) 807/2003 - ABl. Nr. L 122 vom 16.5.2003 S. 36) (aufgehoben zum 31. Dezember 2014, gemäß Artikel 17 der RL 2006/7/EG).
- 76/464/EWG: Richtlinie des Rates 76/464/EWG vom 4. Mai 1976 betreffend die Verschmutzung infolge der Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe in die Gewässer der Gemeinschaft (ABl. Nr. L 129 vom 18.5. 1976 S. 23; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48) gültig bis 22.12. 2013 gemäß Art. 22 RL 2000/60/EG.
- 78/659/EWG: Richtlinie des Rates 78/659/EWG vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten (ABl. Nr. L 222 vom 14.8.1978 S. 1; Beitrittsakte Griechenland - ABl. Nr. L 291 vom 19.11. 1979 S. 17); Beitrittsakte Spanien, Portugal - ABl. Nr. L 302, 15.11. 1985 S. 9); 90/656/EWG - ABl. Nr. L 353 vom 17.12. 1990 S. 59); VO (EG) 807/2003 - (ABl. Nr. L 122 vom 16.5.2003 S. 36) gültig bis 22.12. 2013 gemäß Art. 22 RL 2000/60/EG.
- 79/409/EWG: Richtlinie des Rates 79/409/EWG vom 2. April 1979 über die Erhaltung der wildlebenden Vogelarten Richtlinie zuletzt geändert durch die Richtlinie 97/49/EG (ABl. L 223 vom 13.8.1997 S. 9). (ABl. L 103 vom 25.4.1979 S. 1).
- 79/923/EWG: Richtlinie 79/923/EWG des Rates vom 30. Oktober 1979 über die Qualitätsanforderungen an Muschelgewässer (ABl Nr. L 281/47 vom 10.11.1979)
- 80/778/EWG: Richtlinie 80/778/EWG des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (ABl. Nr. L 229 vom 30.8. 1980 S. 11, 81/857/EWG - ABl. Nr. L 318 vom 7.11. 1981 S. 18; 89/427/EWG - ABl. Nr. L 201 vom 14.7. 1989 S. 53; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48) 98/83/EG - ABl. Nr. L 330 vom 5.12. 1998 S. 32 aufgehoben gemäß der RL/).
- 82/176/EWG: Richtlinie 82/176/EWG des Rates vom 22. März 1982 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen aus dem Industriezweig Alkalichloridelektrolyse (ABl. Nr. L 81 vom 27.3. 1982 S. 29)
- 83/513/EWG: Richtlinie 83/513/EWG des Rates vom 26. September 1983 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Cadmiumableitungen (ABl. Nr. L 291 vom 24.10. 1983 S. 1)
- 84/156/EWG: Richtlinie 84/156/EWG des Rates vom 8. März 1984 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Quecksilberableitungen mit Ausnahme des Industriezweigs Alkalichloridelektrolyse (ABl. Nr. L 074 vom 17/03. 1984 S. 49).
- 84/491/EWG: Richtlinie 84/491/EWG des Rates vom 9. Oktober 1984 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für Ableitungen von Hexachlorcyclohexan (ABl. Nr. L 274 vom 17.10. 1984 S. 11).

- 85/337/EWG: Richtlinie 85/337/EWG des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (ABl. Nr. L 175 vom 5.7. 1985 S. 40; 97/11/EG - ABl. Nr. L 73 vom 14.3. 1997 S. 5; 2003/35/EG - ABl. Nr. L 156 vom 25.6.2003 S. 17)
- 86/278/EWG: Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (ABl. Nr. L 181 vom 4.7. 1986 S. 6; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48; VO (EG) 807/2003 - ABl. Nr. L 122 vom: 16.5.2003 S. 36).
- 86/280/EWG: Richtlinie 86/280/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für die Ableitung bestimmter gefährlicher Stoffe im Sinne der Liste I im Anhang der Richtlinie 76/464/EWG (ABl. Nr. L 181 vom 4.7. 1986 S. 16) 88/347/EWG - ABl. Nr. L 158 vom 17.12. 1988 S. 35; 90/415/EWG - ABl. Nr. L 219 vom 14.8. 1990 S. 49; 90/656/EWG - ABl. Nr. L 353 vom 17.12. 1990 S. 59; 91/692/EWG - ABl. Nr. L 377 vom 31.12. 1991 S. 48)
- 87/217/EWG: Richtlinie 87/217/EWG des Rates vom 19. März 1987 zur Verhütung und Verringerung der Umweltverschmutzung durch Asbest (ABl. EG Nr. L 85 vom 28. 3. 1987, S. 40; 91/692/EWG - (ABl. Nr. L 377 vom: 31.12. 1991 S. 48)
- 91/271/EWG: Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (ABl. Nr. L 135 vom 30.5. 1991 S. 40; 98/15/EG - ABl. Nr. L 67 vom 7.3. 1998 S. 29; Anforderung gemäß Beitrittsakte\* 2003; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003 S. 1).
- 91/414/EWG: Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (ABl. Nr. L 230 vom 19.8.1991 S. 1).
- 91/676/EWG: Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen (ABl. Nr. L 375 vom 31.12. 1991 S. 1; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003 S. 1).
- 92/43/EWG: Richtlinie 92/43/EWG des Rates vom 21. Mai 1992 zur Erhaltung der natürlichen Lebensräume sowie der wildlebenden Tiere und Pflanzen (ABl. Nr. L 206 vom 22.7. 1992 S. 7; 97/62/EG - ABl. Nr. L 305 vom 8.11. 1997 S. 42; geändert durch Beitrittsakte 2003; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003 S. 1).
- 96/61/EG: Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) (Integrated Pollution Prevention and Control - "IPPC-Richtlinie") (ABl. Nr. L 257 vom 10.10. 1996 S. 26; 2003/35/EG - ABl. Nr. L 156 vom 25.6.2003 S. 17; 2003/87 - ABl. Nr L 275 vom 25.10.2003 S. 32; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003 S. 1; VO (EG) 166/2006 - (ABl. Nr. 33 vom 04.02.2006 S. 1).
- 96/82/EG: Richtlinie 96/82/EG des Rates vom 9. Dezember 1996 zur Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen mit gefährlichen Stoffen "Seveso II-Richtlinie" (ABl. Nr. L 10 vom 14.1. 1997 S. 13; VO (EG) 1882/2003 - ABl. Nr. L 284 vom 31.10.2003 S. 1; 2003/105/EG - ABl. Nr. L 345 vom 31.12.2003 S. 100)

- 98/83/EG: Richtlinie 98/83/EG des Rates vom 3. November 1998 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch - Trinkwasser-Richtlinie - (ABl. Nr. L 330 vom 5.12. 1998 S. 32, ber. ABl. Nr. L 45 vom 19.2. 1999 S. 55; Anforderung gemäß Beitrittsakte\* 2003 VO (EG) 1882/2003 - (ABl. Nr. L 284 vom: 31.10.2003 S. 1).
- 2000/60/EG: 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 - Wasser-Rahmen-Richtlinie - (ABl. Nr. L 327 vom 22.12.2000 S. 1; 2455/2001/EG - ABl. Nr. L 331 vom 15.12.2001 S. 1; geändert durch Beitrittsakte 2003)
- ABWASSER-EMISSIONSERKLÄRUNGSVO NRW (2002): Verordnung zur Erhebung von Daten über Abwasseremissionen. Abwasser - Emissionserklärungsverordnung - Nordrhein-Westfalen - vom 24. Januar 2002 (GVBl. NRW Nr. 4 vom 19.2.2002 S. 68; 5.4.2005 S. 351)
- ABWV (2004): Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer. AbwV - Abwasserverordnung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I Nr. 28 vom 22.6.2004 S. 1108; ber. 2004 S. 2625)
- AGA (1991): Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA). In: Rund-erlass des Ministerium für Umwelt Raumordnung und Landwirtschaft NRW, Min.BI.NRW, Nr. 42/3.7.91.
- ALTMAYER, B.; TWERTEK, M.; PAETZOLD, M.; LARONCHE, J. S. (2003): Einträge von Pflanzenschutzmitteln in Gewässer - Situation im Weinbau und Gegenmaßnahmen. GESUNDE PFLANZEN, Jahrgang: 55, Nr. (6).
- ATV A 128 (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen. St. Augustin.
- BACH; HUBER; MOHAUPT, V. (2000): Schätzung der Einträge aus der Landwirtschaft in die Oberflächengewässer Deutschlands. Bericht 3/2000. Umweltbundesamt (Hrsg.), Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELTSCHUTZ (2003): Behandlung von Deponiesickerwässern in Bayern: Grundlagen, Forschung und Praxis. Augsburg.
- BÖHM, E.; HILLENBRAND, T.; LIEBERT, J.; SCHLEICH, J.; WALZ, R. (2002): Kosten-Wirksamkeitsanalyse von nachhaltigen Maßnahmen im Gewässerschutz. Forschungsbericht 29921289. UBA-FB 000221. Texte, Umweltbundesamt (Hrsg.), 12/02, Berlin.
- BÖHM, E.; HILLENBRAND, T.; MARSCHIEDER-WEIDEMANN, F.; SCHEMP, C. (2000): Emissionsinventar Wasser für die Bundesrepublik Deutschland. UBA-Texte 53/00, Berlin.
- BORCHARDT, D.; KRAEMER, R. A.; INTERWIES, E.; RICHTER, S.; WILLECKE, J.; GÖRLACH, B.; KRANZ, N. (2004): Grundlagen für die Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmen-Kombinationen zur Aufnahme in das Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie UBA-Texte 02/04, Umweltbundesamt (Hrsg.).
- BORCHARDT, D.; VÖLKER, S. (2006): Ermittlung von Orientierungswerten für allgemeine chemisch-physikalische Parameter für den Umsetzungsprozess der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Wasserwirtschaft - Förderkennzeichen 20424212.
- EUROPEAN COMMISSION (2004): Reference Document on Best Available Techniques for Management of Tailings and Waste-Rock in Mining Activities. Directorate-General Joint Research Center. Sevilla, Spain.

- GEWQV NRW (2001): Verordnung über Qualitätsziele für bestimmte gefährliche Stoffe und zur Verringerung der Gewässerverschmutzung durch Programme. GewQV - Gewässerqualitätsverordnung - Nordrhein-Westfalen - Vom 1. Juni 2001 (GV. NRW. Nr. 17 vom 11.6.2001 S. 227; 5.4.2005 S. 351; 10.2.2006 S.52).
- HAHN, H. H.; FUCHS, S.; XANTHOPOULOS, C. (2000): Niederschlagsbedingte Schmutzbelastung der Gewässer aus städtischen befestigten Flächen - Endbericht. Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Universität Karlsruhe.
- HALBACH (2003): Kommunale Abwasserbeseitigung. Normative Kosten und Risikoabbau. Institut für Abwasserwirtschaft Halbach (Hrsg.) 3. überarbeitete Auflage, Werdau,.
- HEß, O. (2003): Modellierung, Analyse und Bewertung des chemischen Gewässerzustandes in Flussgebieten Universität Osnabrück.
- HOSTMANN, M.; TRUFFER, B.; REICHERT, P.; BORSUK, M. (2004): Stakeholder values in decision support for river rehabilitation. Submitted to the Journal of Multi-Criteria Decision Analysis (JMCD) September 15, 2004.
- HYDROTEC (2004): MOBINEG 3.1: Modell zur Bilanzierung von Nährstoffeinträgen in Gewässer. Quantifizierung der diffusen und punktuellen Gewässerbelastung gemäß EU-Wasserrahmenrichtlinie. Handbuch. Hydrotec Ingenieurgesellschaft für Wasser und Umwelt mbH (Hrsg.), Aachen.
- IMK (2005): Internationale Flussgebietseinheit Maas – Analyse, übergeordneter Bericht. Internationale Maaskommission.
- IMPRESS (2002): Analyse der Belastungen und Ihrer Auswirkungen. Die Hauptanforderungen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL). Zusammenfassung der Leitlinie. In: IMPRESS.
- KOPPE (1973): Untersuchungen über das Verhalten von Inhaltsstoffen der Abwässer der Metallverarbeitenden Industrie im Wasserkreislauf und ihren Einfluss auf die Wasserversorgung. GWF Wasser Abwasser, Jahrgang: 114, S. 170-175.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER (1997): Erprobung von Zielvorgaben für gefährliche Stoffe an ausgewählten Fließgewässern: Vergleich von Belastungsdaten und Zielvorgaben für Schwermetalle (1991-1994). Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin.
- LAWA (2005): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (Hrsg.), Kulturbuchverlag Berlin GmbH, 7. Auflage, Berlin.
- LONDONG, J.; BORCHARDT, D.; SAUER, S. (2005a): Gutachten zur Roh- und Trinkwasserbewirtschaftung im Einzugsgebiet der oberen Rur - Phase 1. Im Auftrag der Stadtwerke Düren (SWD) und des Wasserverbandes Eifel-Rur (WVER). Weimar, (unveröffentlicht).
- LONDONG, J.; GEIGER, W. F.; KARL, H.; MEYER, P.; MEUSEL, S.; HECHT, D.; WERBECK, N. (2005b): Auswahl von kosteneffizienten Maßnahmenkombinationen im Rahmen der Bewirtschaftungsplanung zur Erfüllung der EU-Wasserrahmenrichtlinie – Beispiel Lippe. Projekt gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Aktenzeichen: IV-9-042 049.
- MUNLV (2005a): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen. 12. Auflage. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (Hrsg.), Düsseldorf, 450 S.

- MUNLV (2005b): Leitfaden zur Umsetzung der WRRL in NRW - Internet: [www.flussgebiete.nrw.de/ergebnisse\\_darstellungen/wichtige\\_dokumente](http://www.flussgebiete.nrw.de/ergebnisse_darstellungen/wichtige_dokumente) (am 18.09.2006).
- MUNLV (n.n.): Bericht zur Fischgewässer-Richtlinie für den Berichtszeitraum 2002-2004. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes NRW (Hrsg.).
- ODENKRICHEN, G. (2006): Tochterrichtlinie Grundwasser. Umsetzung der WRRL in Europa und NRW - Auf dem Weg zur Maßnahmenplanung, Gelsenkirchen, 17. - 18. Januar
- OSPAR (2003): 2003 Strategies of the OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (Reference number: 2003-21). Webseite: [www.ospar.org](http://www.ospar.org).
- PROJEKTAUFTRAG KURZFASSUNG (19.09.2005): Kurzfassung des Projektauftrages innerhalb des Protokolls der Projektsitzung vom 19.09.2005 (unveröffentlicht).
- PROTOKOLL (19.09.2005): Protokoll zur Projektsitzung am 19.09.2005. (unveröffentlicht).
- PROTOKOLL (21.09.2006): Protokoll zur Projektsitzung am 21.09.2006. (unveröffentlicht).
- SCHNEIDER, F. K. (1982): Untersuchungen über den Gehalt an Blei und anderen Schwermetallen in den Böden und Halden des Raumes Stolberg (Rheinland). Geologisches Jahrbuch. Reihe D: Mineralogie, Petrographie, Geochemie, Lagerstättenkunde, Jahrgang: 53, S. 3-31.
- SCHÜTZE, M. (2002): Innovationen in der Abflusssteuerung. Korrespondenz Abwasser, Jahrgang: 54, Nr. (10).
- STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN (2004): Bestandsaufnahme NRW. Dokumentation der wasserwirtschaftlichen Grundlagen. Maas / Maas Deutschland / Rur (Staatliches Umweltamt Aachen). Datum: 15.06.2005, Website: [www.rur.nrw.de](http://www.rur.nrw.de).
- STAATLICHES UMWELTAMT AACHEN (2005): Ergebnisbericht Rur und südliche sonstige Maaszuflüsse. Bearbeitungsgebiet Maas-Deutschland (Süd). Website: [www.maas.nrw.de](http://www.maas.nrw.de). Ministerium für Umwelt und Naturschutz Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein Westfalen (Hrsg.).
- STIEF, K.; AUGUST, H. (2002): Zur Gleichwertigkeit von Deponieabdichtungen. Was ist mit wem und warum gleichwertig? Fragen und Antworten. 18. Fachtagung „Die sichere Deponie“ Sicherung von Deponien und Altlasten mit Kunststoffen
- SÜWVKAN (1995): Selbstüberwachungsverordnung Kanal: Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitung von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Nordrhein-Westfalen, 49 (Nr. 10), Düsseldorf S. 64- 67.
- TMLNU (2006): Unterlagen des TMLNU zur Wismut. Webseite: <http://www.thueringen.de/de/tmlnu/themen/wasser/flussgebiete/>.
- WENDE, T. (2006): Quantifizierung diffuser Nährstoffeinträge mit MOBINEG. Masterarbeit an der Fakultät Bauingenieurwesen, Professur Siedlungswasserwirtschaft (unveröffentlicht). Bauhaus-Universität Weimar, Weimar.
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts WHG - Wasserhaushaltsgesetz \*) Vom 19. August 2002 (BGBl. I Nr. 59 vom 23.8.2002 S. 3245; 6.1.2004 S. 2 04; 3.5.2005 S. 1224 05; 21.6.2005 S. 1666 05a;:: 25.6.2005 S. 1746 05b) Gl.-Nr.: 753-1

- WVER (2006): Fünfjahresübersicht 2006-2010. Fortschreibung 2006. Wasserverband Eifel-Rur (Hrsg.), Düren.
- ZUMBROICH (2000): Zustand der kleinen Fließgewässer. Ökologische Entwicklung von Fließgewässern, Forschungsberichte aus dem Fachbereich Bauwesen, Universität-GH Essen. S. 41-55.