

Umweltforschungsplan
des Bundesministeriums für Umwelt,
Naturschutz und Reaktorsicherheit

Forschungskennzahl 3711 21 220

Effizienz von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen

von

Stephan Fuchs (Projektleitung),
Tatyana Weber, Ramona Wander, Snezhina Toshovski, Steffen Kittlaus, Lucas Reid

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Wasser und Gewässerentwicklung (IWG)
Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft
Gotthard-Franz-Str. 3, 76131 Karlsruhe

und

Martin Bach, Laura Klement
Gesellschaft für Boden- und Gewässerschutz e.V.
Hainerweg 33
35435 Wettenberg

sowie

Thomas Hillenbrand, Felix Tettenborn
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
Dezember 2015

Kurzbeschreibung

Im Rahmen des Vorhabens wurde das Modellwerkzeug MoRE (Modelling of Regionalized Emissions) zu einem strategischen Planungsinstrument weiterentwickelt, mit dem der Ist-Zustand der Einträge in Gewässer beschrieben sowie strategische Maßnahmen bewertet werden können. Hierzu wurden die auf Ebene der Länder und Flussgebietsgemeinschaften im Rahmen der ersten Bewirtschaftungspläne der Wasserrahmenrichtlinie entwickelten Ansätze zur Eintragsmodellierung und Maßnahmenentwicklung analysiert. Bei Eignung wurden die Ansätze oder Eingangsdaten in das bundeseinheitliche Modell übernommen, teilweise wurden neue Ansätze entwickelt. Strategische Maßnahmen wurden in Zusammenarbeit mit den Ländern ausgewiesen. Zusätzlich wurde eine ökonomische Bewertungskomponente in MoRE implementiert, die eine Priorisierung verschiedener Einzelmaßnahmen oder Maßnahmenkombinationen erlaubt.

Zudem wurde MoRE von technischer Seite erweitert, sodass nun die Modellierung mit Varianten von Eingangsdaten und Maßnahmen sowie mit einzelnen Punktquellen möglich ist. Die erzeugten Ergebnisse können auf Ebene von Planungseinheiten aggregiert werden. Zur Validierung der Stoffeinträge können in MoRE zudem beobachtete Gewässerfrachten ermittelt werden und diese den modellierten gegenübergestellt werden.

So wurde ein Instrument geschaffen, welches zur Unterstützung der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie und der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie insbesondere in Hinblick auf die Erstellung der zweiten Bewirtschaftungspläne beitragen kann.

Abstract

Within the framework of the project the river basin management system MoRE (Modelling of Regionalized emission) has evolved into a strategic planning tool. Using this system, the actual condition of the emissions into water bodies can be described and strategic measures can be assessed. In order to achieve this goal, the modelling approaches and measure programs which have been developed for the first management plans of Water Framework Directive by the German states and river basin communities have been analysed. If suitable, approaches or input data were incorporated into this homogenized model, some new approaches have been developed. Strategic measures have been identified in cooperation with the German states. In addition, an economic evaluation component was implemented in MoRE. It allows prioritization of various individual measures or combinations of measures.

In addition, MoRE was expanded from the technical side, so now the modeling with variants of input data and measures as well as individual point sources is possible. The results generated can be aggregated at the level of planning units. To validate the emissions in MoRE observed river loads can also be calculated and compared to modeled river loads.

Thus an instrument was created which can help to support the implementation of the Water Framework Directive and the Marine Strategy Framework Directive, in particular with regard to the creation of the second river basin management plans.

Verzeichnisse

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis.....	16
Abkürzungen	20
Zusammenfassung	24
Summary.....	31
1 Einführung.....	38
2 Das Modellierungswerkzeug MoRE.....	41
2.1 Technische Umsetzung von MoRE	41
2.1.1 Struktur des MoRE-Systems	41
2.1.2 Komponenten des MoRE-Systems.....	42
2.2 Technische Weiterentwicklungen von MoRE	45
2.2.1 Modul „Dokumentation“	45
2.2.2 Modul „Modellierung“.....	47
2.2.3 Modul „Validierung“.....	53
2.3 Vorteile des MoRE-Systems	56
3 Anpassung der Eingangsdaten und Modellierungsansätze und Darstellung der Ergebnisse	58
3.1 Eingangsdatum Landnutzung	59
3.2 Eingangsdatum Atmosphärische Depositionsrate	60
3.3 Eingangsdatum N-Überschüsse	61
3.3.1 Bisherige Übertragung der N-Überschüsse auf die Analysegebiete.....	61
3.3.2 Neues methodisches Vorgehen	62
3.3.3 Ergebnisse	62
3.3.4 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung.....	63
3.4 Eintragspfad kommunale Kläranlagen.....	64
3.4.1 Bisherige Modellierung der Einträge über kommunale Kläranlagen	64
3.4.2 Neues methodisches Vorgehen	70
3.4.3 Ergebnisse und Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung.....	72
3.5 Eintragspfad Kanalisationssysteme	76
3.5.1 Bisherige Modellierung der Einträge über Kanalisationssysteme	77
3.5.2 Neues methodisches Vorgehen	80

3.5.3	Ergebnisse und Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung	92
3.6	Erosion	107
3.6.1	Ermittlung des Bodenabtrags anhand unterschiedlicher Geländemodelle	107
3.6.2	Vergleich des Bodenabtrags und Sedimenteintrags mit den Ergebnissen des Modells STOFFBILANZ	109
3.6.3	Bisherige und neue Eingangsdaten zu Schwermetallgehalten in Oberböden und Gestein.....	115
3.6.4	Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung.....	118
3.7	Eintragspfad Dränagen	119
3.7.1	Dränierter Flächen	119
3.7.2	Bisherige Modellierung der Einträge über Dränagen.....	119
3.7.3	Neues methodisches Vorgehen	120
3.7.4	Ergebnisse	121
3.7.5	Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung.....	126
3.8	Eintragspfad Grundwasser	126
3.8.1	Ergebnisse der Stickstoff-Einträge über Grundwasser.....	126
3.8.2	Bisherige Modellierung der PAK ₁₆ -Einträge und neue Methodik.....	129
3.8.3	Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung.....	129
3.9	Zusammenfassung und Fazit zu den Anpassungen der Eingangsdaten und Modellansätze	129
4	Umsetzung der überregionalen Maßnahmen in MoRE	132
4.1	Ableitung der überregionalen Maßnahmen und Maßnahmenwirkungen	132
4.1.1	Erstellung von Maßnahmenlisten	132
4.1.2	Raumbezug der Maßnahmen	135
4.1.3	Relevanz der Maßnahmen	135
4.1.4	Strategische überregionale Maßnahmen zur Umsetzung in MoRE	135
4.2	Beschreibung der Maßnahmen.....	136
4.2.1	Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kläranlagen“	136
4.2.2	Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kanalisationssysteme“	138
4.2.3	Maßnahmen mit Bezug zu den Eintragspfaden „Grundwasser“ und „Dränagen“	142
5	Kostenkomponente zur Bewertung der Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion	145
5.1	Hintergrund und Zielsetzung der ökonomischen Maßnahmenbewertung.....	145
5.2	Grundlagen der ökonomischen Maßnahmenbewertung	145
5.2.1	Methoden zur ökonomischen Maßnahmenbewertung.....	146
5.2.2	Kostenbegriffe	147

5.3	Eingrenzende Rahmenbedingungen.....	148
5.4	Vorgehen der Kostenbetrachtung zur Maßnahmenbewertung	149
5.5	Vorgehen der Kostenbetrachtung zur Maßnahmenbewertung	151
5.6	Darstellung der Berechnungsansätze des Kostenmoduls.....	152
5.6.1	Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad kommunaler Kläranlagen.....	152
5.6.2	Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem.....	169
5.7	Zusammenfassung und Ausblick.....	178
6	Ergebnisse	179
6.1	Ergebnisse der Eintragsmodellierung.....	179
6.1.1	Nährstoffe	179
6.1.2	Schwermetalle	182
6.1.3	PAK ₁₆	189
6.1.4	Zusammenfassung	190
6.2	Validierung der Ergebnisse.....	201
6.3	Ergebnisse der Maßnahmenberechnungen	205
6.3.1	Ergebnisse der Maßnahmen aus dem urbanen Bereich	205
6.3.2	Ergebnisse der Maßnahmen aus dem landwirtschaftlichen Bereich	218
6.4	Ergebnisdarstellung des Kostenmoduls zur Bewertung von Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion	224
6.4.1	Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad kommunaler Kläranlagen	224
6.4.2	Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem	227
7	Aggregation der Stoffeinträge auf der Ebene von Planungseinheiten	230
7.1	Zuordnung der Analysegebiete zu Planungseinheiten.....	230
7.2	Zuordnung der Stoffeinträge zu Planungseinheiten	231
7.2.1	Ableitung von Übertragungsfaktoren je nach Eintragspfad.....	232
7.3	Ergebnisse der Eintragsberechnungen auf der Ebene von Planungseinheiten	234
8	Validierung der Ergebnisse anhand beobachteter Gewässerfrachten.....	235
8.1	Präprozessing der Eingangsdaten	235
8.1.1	Daten der Abflussmessstellen.....	235
8.1.2	Daten der Gütemessstellen	236
8.2	Berechnung der Gewässerfrachten	237
8.2.1	Berechnungsansatz für die Gewässerfrachten.....	237

8.2.2	Kriterien zur Auswahl der Gütemessstellen für die Validierung	238
9	Literaturverzeichnis.....	241
10	Anhang	252
10.1	Ableitung der zeitlichen Gültigkeit kommunaler Kläranlagen	252
10.2	Maßnahmensteckbriefe.....	253
10.2.1	Maßnahmen im urbanen Bereich	253
10.2.2	Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich	267
10.3	Übersicht der Gütemessstellen.....	270
10.4	Gültige Gütemessstellen für die Validierung.....	277
10.4.1	Messstellen für Stickstoff.....	277
10.4.2	Messstellen für Phosphor	285
10.4.3	Messstellen für Cadmium.....	296
10.4.4	Messstellen für Chrom	304
10.4.5	Messstellen für Kupfer	311
10.4.6	Messstellen für Quecksilber	319
10.4.7	Messstellen für Nickel.....	325
10.4.8	Messstellen für Blei	332
10.4.9	Messstellen für Zink	340
10.4.10	Messstellen für PAK ₉	347
10.5	Gütemessstellen deren Einzugsgebiet vollständig in Deutschland liegt	349
10.6	Planungseinheiten.....	352
10.6.1	Änderungen der ursprünglichen Zuweisung nach Land.....	352
10.6.2	Übersicht der Planungseinheiten.....	353
10.6.3	Übersicht der Teilflächen die nicht eindeutig einer Planungseinheit zugeordnet werden können	360
10.6.4	Manuelle Änderungen der Zuordnung der Einleitstellen der kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW in den Teilflächen nach Rückmeldung aus den Ländern	366
10.6.5	Ergebnisse der Eintragsmodellierung für Nährstoffe, Schwermetalle und PAK ₁₆ als Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 auf der Ebene von Planungseinheiten	367
10.7	Wirkung von ausgewählten Maßnahmen auf die Verminderung des Überschusses der Stickstoff-Flächenbilanz 2009-2011.....	376

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Architektur des MoRE-Systems.....	42
Abbildung 2:	Struktur der Modellierungsansätze in MoRE	44
Abbildung 3:	Sachdatentabelle <i>Modellierung</i> > <i>räumliche Modelleinheiten</i> > <i>Planungseinheiten</i> in MoRE.....	50
Abbildung 4:	Variantenmanager in MoRE zur Modellierung mit Varianten von Eingangsdaten.....	51
Abbildung 5:	Beispiel zu Varianten von Formeln.....	52
Abbildung 6:	Beispiel zu Varianten von Rechenwegen	52
Abbildung 7:	Maßnahmenmanager in MoRE zur Modellierung mit Maßnahmen(kombinationen).....	53
Abbildung 8:	Struktur des Moduls „Validierung“	54
Abbildung 9:	Metadatentabelle der Gütemessstellen im MoRE Validierungsmodul am Beispiel einer Messstelle in Baden Württemberg	55
Abbildung 10:	Stoffe im Modul Validierung und deren entsprechende Variablen aus dem Modul Modellierung.....	56
Abbildung 11:	Absolute Flächen von Acker- und Grünland sowie relative Anteile im Mittel für Deutschland anhand der Datensätze CLC2006, Basis-DLM und StaBu (aus Fuchs et al. 2012)	60
Abbildung 12:	Vergleich der Stickstoff-Überschüsse auf Ebene der Kreise und nach der Übertragung auf die Analysegebiete im Jahr 2010 in Deutschland	63
Abbildung 13:	Ermittlung der maximal zulässigen Bestimmungsgrenze für Blei ..	66
Abbildung 14:	Spezifische Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 in Deutschland.....	74
Abbildung 15:	Änderung der Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	74
Abbildung 16:	Vorgehensweise zur Erzeugung von Daten zur Bevölkerungsverteilung für die Jahre 2006-2010	82
Abbildung 17:	Datensatz zu Versiegelungsgraden (Darstellung für Deutschland für das Jahr 2009; EEA 2014) in Deutschland	84
Abbildung 18:	Vergleich der innerörtlich versiegelten Gewerbeflächen aus zwei Datensätzen am Beispiel von Berlin.....	85
Abbildung 19:	Vorgehensweise zur Übertragung der Anschlussverhältnisse auf die Analysegebiete	87
Abbildung 20:	Häufigkeitsverteilung von Kupfer-Konzentrationen im Niederschlagsabfluss von ländlichen und städtischen Räumen (Fuchs et al. 2012)	91

Abbildung 21:	Häufigkeitsverteilung von Zink-Konzentrationen im Niederschlagsabfluss von ländlichen und städtischen Räumen (Fuchs et al. 2012)	92
Abbildung 22:	Spezifische Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland	95
Abbildung 23:	Änderung der Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	95
Abbildung 24:	Spezifische Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland	96
Abbildung 25:	Änderung der Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	96
Abbildung 26:	Spezifische Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland	102
Abbildung 27:	Änderung der Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	102
Abbildung 28:	Spezifische Zink-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland	103
Abbildung 29:	Änderung der Zink-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	103
Abbildung 30:	Agglomerationsräume in MoRE nach Fuchs et al. (2012) (Abbildung modifiziert) in Deutschland	104
Abbildung 31:	Spezifische PAK ₁₆ -Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland	105
Abbildung 32:	Änderung der PAK ₁₆ -Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	105
Abbildung 33:	Übersicht über Abweichungen der Bodenabträge bei Verwendung zweier verschiedener Höhenmodelle	108
Abbildung 34:	Frequenz-Histogramm und eCDF-Diagramm am Beispiel der 25 m und 100 m Höhenmodelle im Einzugsgebiet des Inn.....	108
Abbildung 35:	Darstellung der S- und L-Faktoren der ABAG (blaue Kurve) mit durchschnittlichen Steigungswerten der verschiedenen Höhenmodelle.....	109
Abbildung 36:	Vergleichsrechnung zum Bodenabtrag zwischen MoRE und STOFFBILANZ	111
Abbildung 37:	Vergleich der Faktoren der ABAG zwischen STOFFBILANZ und MoRE-Neuimplementierung	113

Abbildung 38:	Vergleichsrechnung zum Sedimenteintragsverhältnis zwischen MoRE und STOFFBILANZ.....	114
Abbildung 39:	Vergleichsrechnung zum Sedimenteintrag zwischen MoRE und STOFFBILANZ	114
Abbildung 40:	Spezifische Chrom-Einträge über Erosion im Jahr 2010 in Deutschland	116
Abbildung 41:	Änderung der Chrom-Einträge über Erosion von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland.....	117
Abbildung 42:	Spezifische Blei-Einträge über Erosion im Jahr 2010 in Deutschland	117
Abbildung 43:	Änderung der Blei-Einträge über Erosion von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland.....	118
Abbildung 44:	Dränspende im Jahr 2010 in Deutschland	123
Abbildung 45:	Änderung der Dränspende von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	123
Abbildung 46:	Spezifische Stickstoff-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 in Deutschland	124
Abbildung 47:	Änderung der Stickstoff-Einträge über Dränagen von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland.....	124
Abbildung 48:	Spezifischer Stickstoff-Einträge über Grundwasser im Jahr 2010 in Deutschland	128
Abbildung 49:	Änderung der Stickstoff-Einträge über Grundwasser von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	128
Abbildung 50:	Spezifisches Speichervolumen der Regenüberlaufbecken im Mischsystem in Deutschland.....	141
Abbildung 51:	Einwohnerbezogene Investitionskosten für kommunale Kläranlagen zwischen 50 und 100.000 Einwohnerwerten (EW) in Abhängigkeit von der Ausbaugröße	154
Abbildung 52:	Einwohnerwertbezogene Energiekosten in Abhängigkeit von der Ausbaugröße entsprechend des spezifischen Stromverbrauchs von kommunalen Kläranlagen nach (DWA 2012) und geschätzte einwohnerwertbezogene Gesamtbetriebskosten.....	156
Abbildung 53:	Gesamtkosten pro Ausbaugröße in €/Einwohnerwert (hier E) für verschiedene Kläranlagentypen, Stand 2013. Quelle: Rapp-Fiegler et al. (2014)	157
Abbildung 54:	Investitionskosten für Regenüberlaufbecken, abgeleitet von Halbach (2003/2010)	170
Abbildung 55:	Stickstoff-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	181
Abbildung 56:	Phosphor-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	182

Abbildung 57:	Cadmium-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	186
Abbildung 58:	Chrom-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	186
Abbildung 59:	Kupfer-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	187
Abbildung 60:	Quecksilber-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	187
Abbildung 61:	Nickel-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	188
Abbildung 62:	Blei-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	188
Abbildung 63:	Zink-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	189
Abbildung 64:	PAK ₁₆ -Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011	190
Abbildung 65:	Relative Bedeutung der Eintragspfade an den Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante)	193
Abbildung 66:	Relative Bedeutung der Eintragspfade an den Schwermetall-Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante).....	194
Abbildung 67:	Relative Bedeutung der Eintragspfade an den PAK ₁₆ -Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante).....	194
Abbildung 68:	Spezifische Stickstoff-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland	196
Abbildung 69:	Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland.....	196
Abbildung 70:	Spezifische Phosphor-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland	197
Abbildung 71:	Änderung der Phosphor-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland.....	197
Abbildung 72:	Spezifische Chrom-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland	198
Abbildung 73:	Änderung der Chrom-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	198
Abbildung 74:	Spezifische Zink- Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland .	199
Abbildung 75:	Änderung der Zink-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	199
Abbildung 76:	Spezifische PAK ₁₆ -Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland	200

Abbildung 77:	Änderung der PAK ₁₆ - Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland	200
Abbildung 78:	Vergleich modellierter und beobachteter Gewässerfrachten für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011 für Nährstoffe	202
Abbildung 79:	Gegenüberstellung der modellierten Einträge und der beobachteten Gewässerfrachten für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011 für Schwermetalle (Fortsetzung auf nächster Seite) .	203
Abbildung 80:	Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch die Maßnahmen „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ beim Eintragspfad Kanalisationssysteme und kommunale Kläranlagen für Phosphor und Stickstoff (Bilanzierungsjahr 2010)	206
Abbildung 81:	Regionale Bedeutung der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ hinsichtlich Nährstoffeinträge über kommunale Kläranlagen	206
Abbildung 82:	Reduktionspotenzial der modellierten Einträge mit der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ für Phosphor und Stickstoff, Bilanzierungsjahr 2010	207
Abbildung 83:	Änderung der Stickstoffeinträge über Kläranlagen durch die Maßnahmenvarianten zur „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ gegenüber der Ausgangssituation	208
Abbildung 84:	Änderung der Phosphoreinträge über Kläranlagen durch die Maßnahmenvarianten zur „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ gegenüber der Ausgangssituation	209
Abbildung 85:	Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Chrom, Nickel und Blei (Bilanzierungsjahr 2010).....	210
Abbildung 86:	Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Cadmium und Quecksilber (Bilanzierungsjahr 2010).....	211
Abbildung 87:	Reduktionspotenzial der modellierten durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Kupfer und Zink (Bilanzierungsjahr 2010).....	211
Abbildung 88:	Änderung der Chrom-Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme gegenüber der Ausgangssituation	212
Abbildung 89:	Änderung der Zink-Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme gegenüber der Ausgangssituation	212
Abbildung 90:	Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge durch Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung gegenüber der Ausgangssituation im 2010	214
Abbildung 91:	Änderung der Phosphor-Gesamteinträge durch Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung gegenüber der Ausgangssituation im 2010	215

Abbildung 92:	Änderung der Quecksilber-Gesamteinträge durch Maßnahmen in Kanalisationssystemen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010	217
Abbildung 93:	Änderung der Zink-Gesamteinträge durch Maßnahmen in Kanalisationssystemen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010	217
Abbildung 94:	Änderung der Stickstoff-Überschüsse durch Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich gegenüber der Ausgangssituation auf Ebene der Kreise.....	218
Abbildung 95:	Stickstoff-Einträge über Dränagen für die Ausgangssituation und nach Umsetzung landwirtschaftlicher Maßnahmen im Jahr 2010	221
Abbildung 96:	Änderung der Stickstoff-Einträge über Dränagen nach Umsetzung landwirtschaftlicher Maßnahmen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010.....	222
Abbildung 97:	Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge durch Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010	223
Abbildung 98:	Gütemessstellen zur Validierung	236
Abbildung 99:	Ableitung der Gültigkeit bzw. Eignung der Gütemessstellen zur Validierung der Gewässerfrachten	240
Abbildung 100:	Vorgehensweise bei der Interpolation für die Jahre 2006, 2007, 2009 und 2011.....	252

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Maximal zulässige Bestimmungsgrenzen (BG) für Schwermetalle im Kläranlagenablauf [$\mu\text{g/L}$] 67
Tabelle 2:	Mittlere Schwermetall-Konzentrationen für Länder ohne aktuelle Datenlieferung 67
Tabelle 3:	Bundeslandesspezifische Schwermetallkonzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen für den Bilanzzeitraum 2006-2011..... 69
Tabelle 4:	Mittlere PAK_{16} -Konzentration im Kläranlagenablauf 70
Tabelle 5:	Regeln für die Ableitung der zeitlichen Gültigkeit von kommunalen Kläranlagen für die Modellierung..... 72
Tabelle 6:	Vergleich der Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 73
Tabelle 7:	Vergleich der Stickstoff-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 75
Tabelle 8:	Vergleich der Zink-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 76
Tabelle 9:	Übersicht der bisher verwendeten Grundlagen- und Eingangsdaten zur Modellierung der Einträge über Kanalisationssysteme (Basisvariante MoRE) 78
Tabelle 10:	Wasserverbrauch der Einwohner [$\text{L}/(\text{Einwohner}\cdot\text{d})$] für die Jahre 2007 und 2010 für die Bundesländer und als Mittelwert für Deutschland (StaBu 2013b) 83
Tabelle 11:	Abschätzung zum prozentualen Anteil von Durchlaufbecken an Regenüberlaufbecken in Deutschland - bezogen auf das Volumen der Becken..... 89
Tabelle 12:	Städtische Räume (Agglomerationsräume) in Deutschland 90
Tabelle 13:	Regionalisierte Oberflächenpotenziale für Kupfer und Zink nach Fuchs et al. (2014a) 92
Tabelle 14:	Vergleich der Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 94
Tabelle 15:	Vergleich der Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 94
Tabelle 16:	Vergleich der Schwermetall-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 97
Tabelle 17:	Vergleich der Cadmium-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 98
Tabelle 18:	Vergleich der Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 99
Tabelle 19:	Vergleich der Quecksilber-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten 99

Tabelle 20:	Vergleich der Nickel-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	100
Tabelle 21:	Vergleich der Blei-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	100
Tabelle 22:	Vergleich der Kupfer-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	101
Tabelle 23:	Vergleich der Zink-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	101
Tabelle 24:	Vergleich der PAK ₁₆ -Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	106
Tabelle 25:	Ausgewählte Einzugsgebiete und ihre Charakteristika für die Vergleichsrechnung von MoRE und STOFFBILANZ zum Eintragspfad Erosion	110
Tabelle 26:	Methodische Unterschiede bei der Berechnung der Faktoren der ABAG: „STOFFBILANZ“ vs. „MoRE-Neuimplementierung“	111
Tabelle 27:	Schwermetalleinträge über Erosion im Jahr 2010	115
Tabelle 28:	Monatliche Faktoren zur Berechnung der Dränspende	120
Tabelle 29:	Vergleich der Stickstoff-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	122
Tabelle 30:	Vergleich der Phosphor-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	125
Tabelle 31:	Vergleich der Zink-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	126
Tabelle 32:	Vergleich der Stickstoff-Einträge über Grundwasser im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten	127
Tabelle 33:	Kriterien zur inhaltlichen Analyse der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenpläne	132
Tabelle 34:	Maßnahmenliste Projekt “Maßnahmeneffizienz”	134
Tabelle 35:	Priorisierung von Umsetzungsmaßnahmen mit Bezug zum Wasserkörper	135
Tabelle 36:	Abgeleitete Zielkonzentrationen im Vergleich zu den Anforderungen nach Anhang 1 Abwasserverordnung (AbwV)	138
Tabelle 37:	Größenklassen (GK) spezifischer Stromverbrauch kommunaler Kläranlagen nach DWA (2011)	155
Tabelle 38:	Kostenparameter und -daten für die Maßnahme Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen	161
Tabelle 39:	Jahreskosten zur weitergehenden Nährstoffreduktion durch Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen auf Basis von LUGV (2011) (zitiert in Mutz et al. (2013))	164

Tabelle 40:	Kostendaten (Investitionskosten, laufende Kosten, Jahreskosten) für zusätzliche technische Maßnahmen auf der kommunalen Kläranlage nach Größenklasse (GK)	165
Tabelle 41:	Kostenparameter und -daten für die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“	167
Tabelle 42:	Kostenparameter und -daten für die Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem	173
Tabelle 43:	Kostendaten für die flächenbezogenen Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem am Beispiel Entsiegelung	177
Tabelle 44:	Mittlere Nährstoff-Einträge der Jahre 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag	180
Tabelle 45:	Mittlere Schwermetall-Einträge im Zeitraum 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag	185
Tabelle 46:	Mittlere PAK ₁₆ -Einträge für den Zeitraum 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag	190
Tabelle 47:	Vergleich der stoffspezifischen Gesamteinträge im Zeitraum 2006-2011	193
Tabelle 48:	Statistische Güteparameter für Nährstoffe	202
Tabelle 49:	Modellierte Phosphor- und Stickstoff-Einträge für die Eintragspfade Kläranlage und Kanalisationssysteme bei Umsetzung der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“	205
Tabelle 50:	Reduktionspotential der Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung für Stickstoff und Phosphor bezogen auf das Jahr 2010	214
Tabelle 51:	Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Cadmium und Quecksilber im Jahr 2010	216
Tabelle 52:	Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Chrom, Nickel und Blei im Jahr 2010	216
Tabelle 53:	Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Kupfer und Zink im Jahr 2010.....	216
Tabelle 54:	Reduktionspotential der Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich für Stickstoff im Jahr 2010	223
Tabelle 55:	Abgeschätzte mittlere Kosten der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“	224
Tabelle 56:	Kostenabschätzung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an der kommunalen Kläranlage in Bezug auf Phosphor-Elimination“: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)	225

Tabelle 57:	Kostenabschätzung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an der kommunalen Kläranlage in Bezug auf Stickstoff-Elimination“: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)	226
Tabelle 58:	Kostenabschätzung der Maßnahme Neubau Speichervolumen mit Zielwert 23,3 m ³ /ha	227
Tabelle 59:	Kostenabschätzung der Maßnahme Nachschaltung eines Retentionsbodenfilters bei einer Umsetzung bei 50 % des über das Speicherbecken eingeleiteten Volumens im urbanen Raum.....	228
Tabelle 60:	Kostenabschätzung der Maßnahme Entsiegelung für Gesamtdeutschland: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)	228
Tabelle 61:	Kriterien für die pfadabhängige Zuordnung der Modellierungsergebnisse der Analysegebiete zu den Planungseinheiten bei Überlappung eines Analysegebietes mit mehreren Planungseinheiten.....	231
Tabelle 62:	CLC-Nutzungsklassen für Acker- und Grünlandflächen (EEA 2013a)	234

Abkürzungen

A	Abwasserteiche unbelüftet
AB	Abwasserteiche belüftet
ABAG	Allgemeine Bodenabtragsgleichung
AbwV	Abwasserverordnung
AD	Atmosphärische Deposition
AU	Analytical Unit (Analysegebiet)
BA	mittlerer, langjähriger Bodenabtrag
BF	Belebungsverfahren mit anaerober Schlammstabilisierung
BfG	Bundesanstalt für Gewässerkunde
BfN	Bundesamt für Naturschutz
BG	Bestimmungsgrenze
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe
BK	Betriebskosten
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie
BL	Bundesland
B/L AK	Bund/Länder Arbeitskreis
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BS	Belebungsverfahren mit aerober Schlammstabilisierung
BÜK	Bodenübersichtskarte
Cd	Cadmium
CLC	Corine Land Cover
CM	Kostenmodul in MoRE zur ökonomischen Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen
CORINE	Coordinated Information on the European Environment
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
DEHP	Bis(2-ethylhexyl)phthalat
DGM	Digitales Geländemodell
DIN	Deutsche Industrienorm
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
DWD	Deutscher Wetterdienst
E	Eintrag
EEA	European Environment Agency

EMEP	Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe
EnR	Enrichment Ratio (Anreicherungsfaktor)
EPA	Environmental Protection Agency, USA
ER	Erosion
EU	Europäische Union
EUROSTAT	Statistical Office of the European Communities
EW	Einwohnerwerte
FDZ	Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder
FGG	Flussgebietsgemeinschaft
GALF	Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung
GIS	Geoinformationssystem
GK	Größenklasse
GW	Grundwasser
Hg	Quecksilber
IK	Investitionskosten
ISI	Institut für System- und Innovationsforschung, Karlsruhe
IWG-SWW	Institut für Wassergüte und Gewässerentwicklung des Karlsruher Instituts für Technologie, Karlsruhe, Bereich Siedlungswasserwirtschaft
IKSE	Internationale Kommission zum Schutz der Elbe
KA	keine Angaben
KVR	Kostenvergleichsrechnung
KWR	Kostenrichtwert
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LF	landwirtschaftliche Fläche
lfm	laufender Meter
Mio	Million
MONERIS	Modeling Nutrient Emissions into River Systems
MoRE	Modelling of Regionalized Emissions
MP	Maßnahmenprogramm
MSRL	Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie
N	Stickstoff
Ni	Nickel
NHx	reduzierte Stickstoffverbindungen
NOx	oxidierte Stickstoffverbindungen

OGewV	Oberflächengewässerverordnung
P	Phosphor
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
PE	Planungseinheit
PF	Pflanzenkläranlagen
PQ	Punktquelle
PRTR	Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister
Q	Abflussbilanz
RBF	Retentionsbodenfilter
RKB	Regenklärbecken
RPA	Regionalisierte Pfadanalyse
RÜB	Regenüberlaufbecken
SBR	Belebungsanlage mit Aufstaubetrieb
SR	Oberflächenabfluss
SDR	Sediment Delivery Ratio (Sedimenteintragsverhältnis)
SED	Sedimenteintrag
StaBu	Statistisches Bundesamt
TD	Dränagen
Tech	Übergeordnete Bezeichnung verschiedener möglicher Technologien
TK	Tropfkörperanlagen
TM	Trockenmasse
TN	Gesamtstickstoff
TP	Gesamtposphor
TS	Trockensubstanz
UBA	Umweltbundesamt
UQN	Umweltqualitätsnorm
US	Kanalisationssysteme
VG	Verwaltungsgrenzen
WK	Wasserkörper
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
WWTP	Kläranlage
Zn	Zink

Zusammenfassung

Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme sind grundlegende Instrumente der Wasserrahmenrichtlinie zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Flussgebieten. Um deren Aussagekraft zu erhöhen, ist bei der Erstellung der Pläne und Programme durch die Länder zwingend ein abgestimmtes Vorgehen notwendig. Dies betrifft sowohl die Aufnahme des Ist-Zustandes als auch die Ausweisung überregionaler Bewirtschaftungsziele.

Ähnlich der Wasserrahmenrichtlinie sollten nach Art. 5 der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie bis zum Jahr 2012 eine Bestandsaufnahme fertig gestellt, der Umweltzustand der betreffenden Gewässer beschrieben und Umweltziele festgelegt sein. Weiterhin sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, bis zum Jahr 2015 kostenwirksame Maßnahmenprogramme zum Erreichen bzw. Aufrechterhalten eines guten Umweltzustands der Meere festzulegen. Dabei sind Kosten-Analysen ein wesentliches Element der Identifikation von Maßnahmenprogrammen.

In Bezug auf die Bestandsaufnahme ergab sich hieraus die Notwendigkeit, ein harmonisiertes Modellwerkzeug für die bundesweit einheitliche Modellierung von Stoffeinträgen in die Gewässer zu entwickeln. Dies betrifft sowohl die dafür verwendeten Daten als auch die Ansätze, anhand derer die Stoffeinträge modelliert werden. In Hinblick auf überregionale Bewirtschaftungsziele war die Identifikation strategischer, überregional wirksamer Maßnahmen ein wichtiger Meilenstein. Bei der Auswahl derselben sind neben der Wirksamkeit von Maßnahmen deren Kosten einzubeziehen.

Ziel dieses Vorhabens war es, durch Zusammenführung und Auswertung der Erfahrungen des ersten Bewirtschaftungszyklus ein harmonisiertes Vorgehen der Länder bei der Erstellung von Maßnahmenprogrammen für die zweiten Bewirtschaftungspläne zu unterstützen sowie wichtige Grundlagen für die Umsetzung der Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie zu schaffen. Dieses koordinierte Vorgehen ist eine Voraussetzung für einen möglichst effektiven Mitteleinsatz.

Für die bundesweite regionalisierte Modellierung von Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer wird das nutzerfreundliche Modellsystem MoRE (**Modelling of Regionalized Emissions**) verwendet (Fuchs et al. 2012), welches basierend auf dem Modellkonzept MONERIS (**MOdelling Nutrient Emissions into RIver Systems**) (Behrendt et al. 1999) im Auftrag des UBA entwickelt wurde.

Für das Erreichen der Vorhabensziele sollte im Rahmen des Vorhabens das Modellwerkzeug MoRE für die bundesweite Modellierung vereinheitlicht und sowohl fachlich als auch technisch weiterentwickelt werden. Zudem wurde angestrebt, eine Harmonisierung hinsichtlich der Ausweisung überregionaler Bewirtschaftungsziele zu erlangen.

Zunächst wurden die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme der Länder und Flussgebietseinheiten Deutschlands hinsichtlich der verwendeten Stoffeintragsmodelle und ausgewiesenen Maßnahmenlisten ausgewertet. Hierbei wurde eine Bewertung der vorhandenen Ansätze zur Eintragsmodellierung durchgeführt und Maßnahmen mit überregionaler Bedeutung in Abstimmung mit den Ländern ausgewiesen. Die identifizierten, modellverbessernden Ansätze und die überregional wichtigen Maßnahmen wurden in das bundeseinheitliche Modell integriert. Zur Bewertung der Kosteneffizienz wurde das resultierende Modell um eine ökonomische Bewertungskomponente erweitert.

Die Notwendigkeit zur **technischen Weiterentwicklung** des Modells ergab sich zum größten Teil aus der fachlichen Weiterentwicklung. So waren die Erweiterung um ein Dokumentationsmodul, die Implementierung von neuen räumlichen Modelleinheiten, die Variantenberechnung, die

Maßnahmenberechnung und das Validierungsmodul zentrale Arbeitsschwerpunkte der technischen Weiterentwicklung.

Für die Gewährleistung höherer Transparenz in MoRE wurde ein Konzept zur Dokumentation von Grundlagendaten und Eingangsdaten in MoRE entwickelt und in einem Dokumentationsmodul umgesetzt.

Bezüglich der räumlichen Modellierungseinheiten wurden zusätzlich zu den bestehenden Analysegebieten zwei weitere Ebenen integriert: Punktquellen und Planungseinheiten. Die Verwaltung von Punktquellen wurde eingerichtet, um punktförmige Grundlagendaten als solche in MoRE vorzuhalten und damit zu modellieren. Vorteile dieser Umsetzung sind die höhere Transparenz und die differenziertere Abbildung der Auswirkungen gezielter Maßnahmen bei einzelnen Anlagen(typen). Dem Wunsch der Länder nachkommend wurden Planungseinheiten in MoRE hinterlegt. Zudem wurde ein Algorithmus entwickelt, wonach die Einträge, die in MoRE prinzipiell immer auf Ebene von Analysegebieten berechnet werden, auf Ebene von Planungseinheiten aggregiert werden können.

Weitere zentrale technische Neuerungen in MoRE waren die Umsetzung von Varianten- und Maßnahmenrechnungen. Variantenrechnungen können für Eingangsdaten als auch für Ansätze durchgeführt werden. Ein Variantenmanager wurde entwickelt, um die Auswirkung verschiedener Eingangsdatensätze auf die Eintragsmodellierung zu quantifizieren. So können in MoRE erstmals verschiedene Varianten von Eingangsdaten vorgehalten und damit Modellierungen durchgeführt werden. Zudem können die Stoffeinträge unter Verwendung verschiedener Varianten von Ansätzen modelliert werden. Zur Beurteilung der Wirksamkeit einzelner Reduktionsmaßnahmen auf die Stoffeinträge wurde der Maßnahmenmanager in MoRE entwickelt. Er enthält die in Zusammenarbeit mit den Ländern ausgewiesenen Maßnahmen.

Weiterhin wurden mit dem Modul „Validierung“ die technischen Voraussetzungen geschaffen, um punktförmige Messdaten aus Gewässern (Abfluss- und Gütedaten) in MoRE zu integrieren und daraus beobachtete Gewässerfrachten zu ermitteln. Durch diesen Schritt können nun erstmals in MoRE die modellierten Gewässerfrachten den beobachteten Gewässerfrachten gegenüber gestellt werden und so eine Aussage zur Güte der Modellierung gemacht werden.

Eine wesentliche fachliche Aufgabe des Vorhabens war die **Verbesserung der im bundeseinheitlichen Modellinstrument MoRE verwendeten Eingangsdaten und Modellierungsansätze**. Hierdurch wurde über höher aufgelöste räumliche und zeitliche Eingangsdaten und entsprechende Anpassung der Modellansätze eine Verbesserung der Modellergebnisse erzielt und somit deren Aussagefähigkeit gesteigert.

Zunächst wurden hierfür die von den Ländern und Flussgebietsgemeinschaften verwendeten Modellansätze und Eingangsdaten gesichtet. Bei der Übernahme in die bundeseinheitliche Modellierung mit dem Modellinstrument MoRE wurde bspw. geprüft, ob die Daten und Ansätze in der räumlichen Auflösung zu den in MoRE bereits vorhandenen passen oder ob die für einen Ansatz notwendigen Daten bundesweit in ähnlicher Qualität verfügbar sind. Außerdem wurden in Abhängigkeit von der Datenverfügbarkeit eigene Ansätze entwickelt und bei Datenlücken valide Eingangsdaten abgeleitet. Die gesichteten Daten und Ansätze werden im Folgenden erläutert.

Das **Eingangsdatum Landnutzung** bildet eine wichtige Grundlage der Stoffeintragsmodellierung. Daher wurden zwei verschiedene Landnutzungsdatensätze, Corine Landcover 2006 (CLC2006) von EEA (2013a) und Basis-DLM (BKG 2010a), miteinander verglichen und ausgewertet. Dabei wird zwar für den Datensatz Basis-DLM aufgrund der höheren räumlichen und zeitlichen Auflösung

eine bessere Eignung konstatiert. Trotzdem wurde aus Gründen der Homogenität unter den verschiedenen Eintragungspfaden der Datensatz Corine Landcover 2006 beibehalten.

Für das **Eingangsdatum atmosphärische Depositionsrates** wurden die vorhandenen Eingangsdatensätze gesichtet und ihre Eignung für die Modellierung u.a. anhand ihres Aktualisierungsrhythmus diskutiert.

Das **Eingangsdatum Stickstoff-Überschüsse** wird bei den Eintragungspfaden „Dränagen“ und „Grundwasser“ verwendet. Die N-Überschüsse basieren auf statistischen Daten zu landwirtschaftlichen Nutzflächen und wurden auf Ebene der Kreise bzw. kreisfreier Städte im Präprozessing ermittelt. Für die Modellierung müssen sie von den genannten Verwaltungseinheiten auf die Analysegebiete übertragen werden. Da die statistischen Daten die Lage der Flächen innerhalb der Verwaltungseinheiten nicht enthalten, kann anhand dieser Daten keine Übertragung auf die Analysegebiete durchgeführt werden. So wurden die landwirtschaftlichen Nutzflächen aus dem Datensatz CLC2006 (EEA 2013a), welcher zudem auch für die Modellierung verwendet wird, für die Übertragung herangezogen. Aufgrund der Tatsache, dass die statistischen Daten ca. 20 % weniger landwirtschaftliche Nutzflächen ausweisen als CLC2006, resultiert aus dieser Übertragung ein niedrigerer flächenspezifischer N-Überschuss auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen in MoRE als in dem Ausgangsdatsatz auf Kreisebene. Der absolute N-Überschuss für Deutschland ändert sich dadurch jedoch nicht.

Bei dem **Eintragungspfad „kommunale Kläranlagen“** wurden die punktförmigen Eingangsdaten bislang im Präprozessing auf Ebene der Analysegebiete aggregiert. Eine differenzierte Betrachtung von einzelnen Anlagen bei der Modellierung war dadurch bislang nicht möglich, da die Modellierung in MoRE auf Ebene der Analysegebiete erfolgte. Mit der Einbindung der Punktquellen als räumliche Modellierungseinheit werden die vorliegenden lagegenauen Eingangsdaten aller Anlagen ≥ 2.000 Einwohnerwerte Nominalbelastung nun auch als solche in MoRE vorgehalten. Für die Einträge aus kleineren Anlagen, die nach wie vor auf Ebene von Gemeinden vorliegen, wurde die Übertragungsmethodik geändert, so dass die Übertragung der Daten von den Gemeinden auf die Analysegebiete nun anhand der Einwohnerzahlen durchgeführt wird. Weiterhin wurden anhand genauerer analytischer Bestimmungsgrenzen neue zuverlässigere Eingangsdaten zu Schadstoffkonzentrationen im Kläranlagenablauf ermittelt. In Bezug auf die Ansätze wurden in MoRE Anpassungen vorgenommen, so dass diese nun maßnahmenfähig sind. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich bei den Einträgen über Kläranlagen für Deutschland die absolute Höhe kaum geändert hat. Dies spiegelt sich auch in der räumlichen Verteilung wider, sodass bei der Mehrheit der Analysegebiete kaum Änderungen zu verzeichnen sind. Das räumliche Verteilungsmuster hat sich nur in jenen wenigen Gebieten geändert, in denen Einträge aus Anlagen < 2.000 Einwohnerwerte von Relevanz sind. Trotz der kaum veränderten Eintragungssituation waren die Anpassungen insbesondere in Bezug auf Modellierungen mit Maßnahmen alternativlos.

Bei dem **Eintragungspfad „Kanalisationssysteme“** wurden höher räumlich/zeitlich aufgelöste Eingangsdaten verwendet bzw. andere Ansätze zur deren Ableitung entwickelt. Eine Verbesserung der Auflösung bzw. Aktualisierung von allgemeinen Eingangsdaten erfolgte bei der Gesamteinwohnerzahl und dem Wasserbrauch der Einwohner sowie bei den versiegelten Flächen und Gewerbeflächen, die früher über empirische Ansätze abgeleitet wurden. Für die statistischen Daten zu Kanalisationssystemen wurde eine neue Aufbereitungsmethode für die Übertragung auf Ebene der Analysegebiete entwickelt, sodass diese nun in Abhängigkeit von einer adäquaten Bezugsgröße erfolgt. In Bezug auf die stofflichen Eingangsdaten erfolgte eine räumliche Differenzierung der Stoffeinträge für ausgewählte Schwermetalle, indem die städtischen und ländlichen Gebiete in ihrem Verschmutzungspotential unterschieden wurden. Eine Anpassung der Modellierungsansätze erfolgte im Sinne der Integration der Wirksamkeit von

Regenbecken (Regenüberlaufbecken und Regenklärbecken) in die Modellierung, sodass nun erstmalig die bestehenden Infrastrukturen mit ihrer Wirksamkeit auf Stoffeinträge abgebildet wurden. Auch hier wurden die Ansätze in MoRE so angepasst, dass sie maßnahmenfähig sind. Die resultierenden Ergebnisse haben unterschiedliche Auswirkungen auf die Einträge der einzelnen Stoffe. Hinsichtlich der Eingangsdaten kommt es so bspw. bei allen Stoffen zu tendenziell höheren Einträgen in die Kanalisation durch eine mittlere Zunahme der versiegelten Flächen sowie der versiegelten Gewerbeflächen. In Bezug auf die restlichen Eingangsdatensätze hat sich die mittlere Situation in Deutschland kaum verändert, durch räumlich höher aufgelöste Daten kam es jedoch lokal zu Verschiebungen. Die Integration eines Datensatzes zum Speichervolumen von Regenklärbecken sowie die Berücksichtigung einer Rückhaltewirkung bei Regenbecken (Regenüberlaufbecken und Regenklärbecken) wirkt sich im Allgemeinen in allen Gebieten mit entsprechenden Strukturen und auf alle partikulär gebundenen Stoffe eintragsmindernd aus. Die um 24 % gestiegenen Stickstoff-Einträge stellen ein Bild der geänderten Eingangsdaten dar, während bei den restlichen Stoffen neben dem Einfluss geänderter Eingangsdaten auch geänderte Ansätze zum Tragen kommen. Die Kupfer und Zink-Einträge sinken - trotz gesteigener versiegelten Flächen - aufgrund eines geringeren mittleren Oberflächenpotenzials und des Stoffrückhalts in Regenbecken um 27 bzw. 11 %. Die Einträge der restlichen Stoffe steigen um 19 bis 30 % an. In Hinblick auf die Gesamteinträge steigen diese - bei ansonsten unveränderter Situation - um max. 6 % (Blei) an. Die Kupfer- und Zink-Gesamteinträge sinken um 10 bzw. 5 %.

Bei dem **Eintragspfad „Erosion“** wurde eine Bodenabtragsberechnung mit einem besser aufgelösten digitalen Geländemodell durchgeführt und die daraus resultierenden Limitierungen diskutiert. Zudem wurden Vergleichsrechnungen mit dem Stoffeintragsmodell STOFFBILANZ durchgeführt und analysiert. Die Ergebnisse der beiden Analysen werden diskutiert. Des Weiteren wurden räumlich höher aufgelöste Eingangsdaten zu Schwermetallgehalten in Oberboden und Gestein aus einem Vorgängervorhaben (Fuchs et al. 2012) in die bundeseinheitliche Modellierung übernommen. Die resultierenden Schwermetall-Einträge über Erosion haben sich dadurch bei Cadmium und Quecksilber kaum verändert, bei Nickel sind sie merklich gestiegen. Bei den restlichen Schwermetallen wirkte sich die veränderte Datenbasis auf die Einträge über Erosion stark aus (Kupfer +19 %, Chrom +22 %, Zink +33 % und Blei +41 %). Trotz der teilweise sehr stark angestiegenen Einträge fallen - bei ansonsten unveränderter Situation - die Auswirkungen auf die Gesamteinträge jedoch bei den Schwermetallen, bei denen der Anteil der Erosion am Gesamteintrag mäßig hoch ist, naturgemäß niedrig aus (Kupfer, Nickel, Zink). Bei jenen Schwermetallen hingegen, deren Eintragsgeschehen von der Erosion dominiert wird, wirken sich die Anpassungen gravierend aus: bei Chrom steigen die Gesamteinträge um 14 %, bei Blei um 24 %.

Die Anpassungen der Ansätze bei der Modellierung von Einträgen über den **Eintragspfad „Dränagen“** basieren zum einen auf den Arbeiten von Hirt et al. (2011), zum anderen auf jenen von Kreins et al. (2010). So werden die bisher auf Jahresbasis berechneten Dränspenden nun als zeitlich höher aufgelöste monatliche Dränspenden ermittelt. Auch wurden speziell für Stickstoff Veränderungen vorgenommen, die in Abhängigkeit von der Art der landwirtschaftlichen Nutzfläche (Grün- oder Ackerfläche) Faktoren zur Berücksichtigung der Abbauprozesse im Boden einbeziehen. Diese waren bisher undifferenziert für alle landwirtschaftlichen Nutzflächen umgesetzt. Mit der zeitlich und landnutzungsspezifisch differenzierten Berechnung der Dränspende und der auf den geänderten Stickstoff-Überschuss basierenden Stickstoff-Konzentration im Dränwasser wurde für Deutschland insgesamt ein um ca. 26 % niedrigerer Stickstoffeintrag über Dränagen berechnet. Bei den anderen Stoffen resultiert eine Zunahme der Einträge um ca. 1-2 %, die lediglich auf die Zunahme der Dränspende zurückzuführen ist. Zusätzlich zu Stickstoff wurde die Datenbasis zu PAK-Einträgen so angepasst, dass die

Konzentration im Dränwasser nunmehr den Wert Null annimmt. Demnach sind über Dränagen keine PAK-Einträge mehr zu erwarten.

Hinsichtlich des **Eintragspfads „Grundwasser“** wurden Anpassungen in Bezug auf die Eingangsdaten für Stickstoff (Stickstoff-Überschuss) und PAK durchgeführt. Die Gesamtstickstoffeinträge reduzieren sich dadurch - bei ansonsten unveränderter Datenlage - um 7 % im Mittel für den Zeitraum 2006-2011. Zusätzlich zu Stickstoff wurde die Datenbasis zu PAK-Einträgen so angepasst, dass die Konzentration im Grundwasser nunmehr den Wert Null annimmt. Demnach sind über Grundwasser keine PAK-Einträge mehr zu erwarten.

Je nach betrachtetem Eintragspfad wird eine **Empfehlung für zukünftig zu nutzende bundeseinheitliche Eingangsdaten sowie Ansätze** für die Stoffeintragsmodellierung gegeben. Grundsätzlich wird empfohlen, immer den besten verfügbaren Datensatz zu nutzen, wobei auch darauf geachtet werden muss, dass das Modell in sich stimmig ist. Daraus folgend wurden im Rahmen des Vorhabens nicht immer die besten verfügbaren Datensätze verwendet, vielmehr wurden Datensätze verwendet, die zueinander passen, so dass eine konsistente Datengrundlage für die Eintragspfade erreicht wurde, die die Identifizierung räumlicher Belastungsschwerpunkte unterstützt.

Basierend auf den angepassten allgemeinen und stoffspezifischen Eingangsdaten und Ansätzen wurden die Gesamteinträge von Nährstoffen, Schwermetallen und Summenparameter PAK₁₆ mittels der regionalen Pfadanalyse für den Zeitraum 2006-2011 modelliert und ihre Herkunft nach Eintragspfaden ermittelt. Die **Ergebnisse der Eintragsberechnung** wurden für Deutschland auf Ebene von Analysegebieten erzeugt. Diese können über die Analysegebiets-Metadaten auf verschiedene Ebenen aggregiert werden: Subunits, Koordinierungsräume, Flussgebiete, Meeresgebiete sowie administrative Einheiten wie Staaten und Länder. Über eine neue im Rahmen des Vorhabens entwickelte Funktionalität sind die Einträge erstmals auch auf Ebene der Planungseinheiten verfügbar. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich die Eintragungssituation hinsichtlich der Gesamteinträge insbesondere in den Analysegebieten geändert hat, in denen die Eintragspfade, deren Eingangsdaten und Ansätze angepasst wurden, relevant sind. So sind die Änderungen der Modellierungsgrundlage bspw. besonders in Analysegebieten gut sichtbar, die stark von Siedlungsgebieten geprägt sind und deren Eintragsgeschehen somit stark durch Kanalisationssysteme dominiert ist. Andererseits, wenn ein Analysegebiet stark durch landwirtschaftliche Nutzflächen geprägt ist und sich zudem relevante Abflusskomponenten aufgrund der neuen Ansätze stark ändern, liegt es auf der Hand, dass sich die Gesamteinträge hier relevant verändern werden.

Zur **Modellvalidierung** wurden aus den erzeugten Ergebnissen Gewässerfrachten ermittelt und diese mit beobachteten Gewässerfrachten verglichen. Dank der Entwicklung des neuen Validierungsmoduls wurden die beobachteten Gewässerfrachten hierfür zum ersten Mal im MoRE-System berechnet. Die Gegenüberstellung von modellierten zu beobachteten Gewässerfrachten erfolgte nur für die Nährstoffe. Die Modelleffizienz ist für beide Stoffe mit über 0,9 sehr hoch. Aufgrund mangelnder Anpassungen bei der Retention konnten aus den modellierten Schwermetalleinträgen keine modellierte Gewässerfracht ermittelt werden. Deswegen wurden die modellierten Einträge den beobachteten Gewässerfrachten gegenübergestellt. Für Σ EPA-PAK₁₆ war ein Vergleich nicht möglich, da hierfür keine Monitoringdaten verfügbar waren.

Ausgehend von der Analyse der Maßnahmenprogramme wurden in Abstimmung mit den Ländern **strategisch überregional relevante Maßnahmen** identifiziert. Dabei wurden Maßnahmen ausgewählt, die mit den operablen Größen in MoRE abgebildet werden können. Zur Modellierung mit diesen Maßnahmen wurden die entsprechenden Ansätze maßnahmenfähig gemacht. Des Weiteren mussten aufgrund fehlender Daten Wirkungen zu den Maßnahmen recherchiert werden.

Um die Maßnahmen zu dokumentieren, wurden Steckbriefe erstellt, die einerseits die fachlichen Inhalte der Maßnahmen erläutern, andererseits die Umsetzung in MoRE aufzeigen.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit der ausgewählten überregionalen Maßnahmen wurden die Einträge unter Berücksichtigung ebendieser modelliert. Das Reduktionspotential der einzelnen Maßnahmen wurde beispielhaft für das Jahr 2010 ermittelt.

Hinsichtlich der **Maßnahmen mit Bezug zu Nährstoffen** ist festzustellen, dass die Maßnahme **„Erhöhung des Anschlussgrades an bestehende Kläranlagen“** zwar in Bezug auf den Eintragspfad Kanalisationssysteme deutschlandweit ca. 10 % Reduktion bringt. Berücksichtigt man jedoch die zusätzlichen Einträge über Kläranlagen, die daraus entstehen und die Tatsache, dass die Kläranlagen hinsichtlich der Nährstoffeinträge relevanter als die Kanalisationssysteme sind, kommt es letztendlich trotz einer deutlichen Verringerung der Einträge über Kanalisationssysteme zu einer eher bescheidenen Verringerung der Einträge für die Summe aus den beiden Eintragspfaden (ca. 2 %). Nichtsdestotrotz kann die Maßnahme besonders in Thüringen und Sachsen von Relevanz sein.

Eine weitere Maßnahme zu Nährstoffeinträgen ist die Maßnahme **„Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“**. Hierbei wird angenommen, dass alle Kläranlagen einer Größenklasse als Zielwert im Jahresmittel mindestens die Ablaufkonzentration der besten 25 %, 50 % und 75 % (1. Quantil, Median, 3. Quantil) der Anlagen erreichen. Diese Maßnahme würde deutschlandweit eine deutliche Verminderung der Nährstoffeinträge über kommunale Kläranlagen zur Folge haben: um 10 %, 24 % bzw. 44 % für die Maßnahmenausprägung „3. Quantil“, „Median“ bzw. „1. Quantil“. In Bezug auf die Gesamteinträge ist besonders die Maßnahmenausprägung 1. Quantil von Relevanz: 7 % Reduktion für Stickstoff bzw. 12 % Reduktion für Phosphor sind hier möglich. Bezogen auf die räumliche Verteilung der Einträge wird für Stickstoff das größte Reduktionspotential im Rhein-Einzugsgebiet lokalisiert. Bei Phosphor handelt es sich neben dem Rhein auch um das Donau-Einzugsgebiet. Somit kann diese Maßnahme eindeutig als überregional wichtig angesehen werden.

Prinzipiell haben **Maßnahmen mit Bezug zum Stickstoff-Überschuss** neben dem Eintragspfad Dränagen natürlich auch eine bedeutende Wirkung auf den Eintragspfad Grundwasser. Aufgrund der Aufenthaltszeit des Grundwassers wirken sie sich jedoch teilweise in ferner Zukunft aus. Aus diesem Grund wurde die Auswirkung dieser Maßnahmen anhand des Eintragspfades Dränagen quantifiziert. Die Maßnahme **„Optimierung N-Management“** ist mit einem Reduktionspotenzial von ca. 30 % dabei die effektivste. Sie bewirkt in fast allen Analysegebieten merkliche Reduktionen. Diese reichen von bis 5 % in einigen wenigen Gebieten in Ostbayern und Nordrhein-Westfalen bis zu 25 % in weiteren wenigen Gebieten Deutschlands. Im Großteil der Analysegebiete kommt es sogar zu Verminderungen von deutlich über 25 % (mit Spitzenwerten um ca. 40 %). Die Maßnahme **„20 % ökologischer Landbau“** bewirkt in einem Großteil der Analysegebiete bereits eine Reduktion bis 25 %. Die Maßnahme **„10 % ökologischer Landbau“** hingegen bewirkt in dem Großteil der Analysegebiete keine Reduktion, die über 5 % liegt. In Hinsicht auf die Stickstoff-Gesamteinträge erweist sich die Maßnahme **„Optimierung des Stickstoff-Managements“** mit 3,5 % Reduktion als die wirkungsvollste. Der räumliche Schwerpunkt der Maßnahmenwirkung liegt im Nord-Osten Deutschlands, wo auch der Anteil an dränierten Flächen deutlich höher ist als im restlichen Deutschland. Dort werden in vielen Gebieten Reduktionspotentiale über 10 % erreicht. Durch die Nähe dieser Gebiete an Nord- und Ostsee werden vor allem die Maßnahmen **„20 % ökologischer Landbau“** und **„Optimierung des Stickstoff-Managements“** im Hinblick auf den Meeresschutz als zielführend angesehen.

Die **Maßnahmen mit Bezug zu Schwermetalleinträgen** wurden aufgrund seiner hohen Relevanz im Eintragspfad Kanalisationssysteme exemplarisch für das Mischsystem implementiert. Die

Maßnahme „**Retentionsbodenfilter im Mischsystem**“ zu einer Reduktion der Schwermetalleinträge um ca. 15 %. Die Reduktion über die Maßnahmen „**Schräglklärer Regenüberlaufbecken**“, **Neubau „Regenüberlaufbecken**“ und „**Entsiegelung**“ sind im Mittel nur halb so hoch. Die Reduktion in den einzelnen Analysegebieten deckt eine Spannbreite von 0 bis ca. 40 % ab. Zur Gesamtbeurteilung der Reduktion von Einträgen über Kanalisationssysteme muss berücksichtigt werden, dass eine hohe prozentuale Reduktion nicht gleichzeitig einhergehen muss mit einer absolut hohen Reduktion. Ist in einem Analysegebiet bspw. der Anteil des Mischsystems sehr hoch, so ist das Eintragsmuster durch Einträge aus dem Mischsystem stark geprägt. Entsprechend wirken sich Maßnahmen im Mischsystem prozentual gesehen stark aus. Trotz der hohen Wirksamkeit einzelner Maßnahmen wie „Retentionsbodenfilter im Mischsystem“ oder „Schräglklärer im Mischsystem“ fällt die Reduktion der Gesamteinträge über Kanalisationssysteme teilweise gering aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Maßnahmen nur im Mischsystem und dort nur bei Durchlaufbecken zur Anwendung kommen. Zudem wird bei der Maßnahme „Retentionsbodenfilter“ angenommen, dass nur die Hälfte des Mischwasserüberlaufs von Durchlaufbecken im Retentionsbodenfilter behandelt wird. Die Reduktion der Gesamteinträge beträgt für Kupfer und Zink im Mittel maximal 4 %, bei den anderen Schwermetallen fällt sie niedriger aus. Regional betrachtet, profitieren insbesondere die Agglomerationsräume, die zudem auch noch im Mischsystem entwässert werden, von der Maßnahmenwirkung. Die Wirkung der Maßnahme „Retentionsbodenfilter“ kann als überregional eingestuft werden. Alle anderen Maßnahmen sind in ihrer Wirksamkeit lokal begrenzt und eignen sich nicht als alleinige Maßnahme zur Reduktion der Gesamt-Schwermetalleinträge.

Für ausgewählte Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion wurde basierend auf Kostendaten aus der Literatur eine **Kostenbetrachtung** in MoRE umgesetzt. Für die großräumige Betrachtung werden hierbei mittlere Kostendaten verwendet. Die Kosten werden jeweils als Investitions-, Betriebs- und zusammenfassende Jahreskosten berechnet und sind direkt abhängig vom Umfang der modellierten Maßnahmenumsetzung, so dass eine vergleichende Betrachtung verschiedener Maßnahmen nachfolgend über eine spezifische Kostenwirksamkeit (bspw. Kosten pro eliminierte Fracht) erfolgen muss. Für die mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem beispielhaft betrachteten Maßnahmen zeigt sich unter den angenommenen Randbedingungen, dass in Relation zu den jeweils ermittelten Rückhalteraten die Maßnahme „Neubau von Regenüberlaufbecken“ kosteneffektiver ist als die Maßnahmen „Reduktion der versiegelten Fläche“ und „Nachschaltung eines Retentionsbodenfilters“. Bei einer konkreten Maßnahmenpriorisierung sind jedoch weitere, differenziertere Zielsetzungen und lokale Faktoren (bspw. hydraulische Randbedingungen, Grenzwerteinhaltung, städtebauliche Aspekte) zu berücksichtigen. Für eine Maßnahmenauswahl insbesondere auf kleinräumiger Ebene (bspw. AU-Ebene) müssen Maßnahmenwirkung und -kosten grundsätzlich individuell betrachtet und in Abhängigkeit von den lokal vorherrschenden Randbedingungen diskutiert werden, die eine Umsetzung stark beeinflussen und somit zu deutlich abweichenden Kosten führen können. Die Ergebnisse aus MoRE bieten hier nur einen ersten Anhaltspunkt.

Mit dem Abschluss dieses Vorhabens liegt eine **angepasste bundeseinheitliche Version** des OpenSource-Stoffeintragsmodells MoRE vor, mit dem Stoffeinträge in die Gewässer und Reduktionspotentiale ausgewählter Maßnahmen quantifiziert werden können. Mit Hilfe der regionalisierten Pfadanalyse wurden so räumliche Belastungsschwerpunkte und die Herkunft nach Eintragspfaden für die unterschiedlichen Stoffgruppen in großen Flussgebieten identifiziert, sowie erste mögliche überregionale Maßnahmen abgebildet. Hieraus können Handlungspotentiale hinsichtlich Ort und Eintragspfad abgeleitet werden.

Summary

Management plans and measure programs are the basic instruments of the European Water Framework Directive for the sustainable management of river basins. To increase their significance, a coordinated approach between the federal states of Germany is mandatory when creating and plans and programs. This includes the identification of both the current status and of supra-regional management goals.

Similar to the Water Framework Directive and following article 5 of the Marine Strategy Framework Directive, an inventory which describes the ecological state of the respective water bodies must be completed by 2012. Environmental management goals must be determined, as well. Furthermore, the EU member states are obligated to specify cost-effective measure programs for the achievement or maintenance of a good ecological state of the marine zones. Here, cost analyses are the principal components for the identification of measure programs.

Therefore, a harmonized modeling tool for the consistent nationwide modeling of the substance emissions into water bodies is needed for this inventory. This concerns the data used as well as the approaches, by which emissions are modeled. In regard of the supra-regional management goals, the identification of strategical, supra- nationally effective measures was an important milestone. Here, besides their effectivity, the costs of the measures must be considered.

The goal of the project was it to support a harmonized approach of the federal states by combining and evaluating the experiences of the first management cycle. This would help to create measure programs for the second management cycle and to develop basics for the implementation of the Marine Strategy Framework Directive. This coordinated approach is a precondition for an effective use of funds.

The user-friendly river basin mangement system MoRE (**Modelling of Regionalized Emissions**) (Fuchs et al. 2012) is used to perform nationwide regionalized modeling of substance emissions into surface waters. It is based on the modeling concept MONERIS (**MOdelling Nutrient Emissions into Rlver Systems**) (Behrendt et al. 1999), which was developed on behalf of the German Federal Environment Agency (UBA).

A harmonization of the modeling tool MoRE as well as its functional and technical improvements were necessary in order to reach the project goals. Additionally, a harmonization in regard of the identification of supra-regional management goals was pursued.

Firstly, the management plans and measure programs of the federal states and river basins were evaluated with regard to the used emission models and the identified measures. An assessment of the existing approaches for modeling was performed and the measures with supra-regional significance were identified in correspondence with the federal states. The identified, model-improving approaches and the measures of supra-regional importance were integrated into the national model. In order to evaluate the cost-effectiveness, the resulting model was extended by an economic evaluation tool.

The necessity of the **technical improvement of the model** was a result of its professional development. The main areas of the technical improvement were its expansion by the documentation module, the implementation of new spatial modeling units, the calculation with variants, the measure calculation and validation module.

In order to guarantee a higher transparency in MoRE, a concept for documenting primary data and input data was developed for MoRE and implemented in a documentation module.

Two additional levels of spatial modeling units were integrated besides to the existing analytical units: point sources and planning units. The administration of point sources was implemented to store and model with point-like primary data. The advantage of this approach is a higher transparency and the sophisticated reproduction of the effects of special measures for individual plants or types of plants. Planning units were implemented in order to comply with a request of the federal states. Additionally, an algorithm was developed that aggregates emissions, which are usually calculated for analytical units, on the level of planning units.

Another central innovation in MoRE was the implementation of a modelling with variants and measures. Variant calculations can be performed for input data sets as well as for approaches. A variant manager was developed in order to quantify effects of different input data sets on the emission modelling. Thus, for the first time, different variants of input data can be managed in MoRE and used for modeling. Additionally, emissions can be modeled using different approach variants. The measure manager in MoRE was developed to evaluate the effectiveness of individual emission reduction measures. The measures included were developed in cooperation with the federal states.

With the module “validation“, the technical setup needed for the integration of point-like measured values from water bodies (discharge and water quality measurements) in MoRE was created. Using these data, observed river loads can be calculated. For the first time, modeled river loads can be directly compared to observed river loads within MoRE. This way, the goodness of the model can be assessed.

A central technical task of the project was the **improvement of the input data and modeling approaches** in the nationwide and harmonized modeling system MoRE. By using input data of higher spatial and temporal resolution and by adapting the modeling approaches, the model results were improved and their significance was enhanced.

Firstly, the input data and modeling approaches used by the federal states were reviewed. When using them in the nationwide modeling system MoRE, it was checked if the data and approaches match the resolution of the data already existing in MoRE, or if the data needed for certain approaches is available in a similar quality for the entire country. In addition, own approaches were developed depending on the data availability and data gaps were filled with valid input data derived from other sources. The reviewed data and approaches are explained in the following.

The **input data land use** is an important basic of emission modeling. Hence, two different land use data sets were compared and evaluated: Corine Landcover 2006 (CLC2006) of the European Environment Agency (EEA) (2013a) and the German data set Basic-Digital Landscape Model (Basic-DLM) (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) 2010a). Even though the data set Basis-DLM is better suited due to its higher spatial and temporal resolution, the data set Corine-Landcover 2006 was used in order to maintain homogeneity between the different emission pathways.

For the **input data atmospheric deposition rate**, the available input data sets were reviewed and their suitability for the modeling was discussed, for instance along their update frequency.

The **input data nitrogen surplus** is used for the emission pathways “drainage” and “groundwater”. The nitrogen surplus is based on statistical data on agricultural areas and

is determined during the preprocessing on the level of districts. For the modeling, the data needed to be transferred to the level of analytical units. However, the position of the agricultural areas within the districts is not specified in the data sets, so that the transfer of the data was not possible using this data set. Instead, agricultural areas from the data set Corine Landcover 2006 (European Environment Agency (EEA) 2013a), which is also used for the modeling, were used for this transfer. Due to the fact that the statistical data set features 20 % fewer agricultural areas than Corine Landcover 2006, a smaller area-specific nitrogen surplus is calculated here. The total nitrogen surplus of Germany however is not affected by this.

For the **emission pathway “municipal wastewater treatment plants”**, the point-like input data was aggregated during preprocessing on the level of analytical units. During modelling, a differentiated view on individual plants was therefore not possible. By implementing point sources as a spatial modeling unit, the input data of all plants with a treatment capacity $\geq 2,000$ population equivalents are now stored in MoRE. For plants smaller than 2,000 population equivalents, whose data is available on the level of municipalities, the method of transfer of primary data onto analytical units was changed. It is now based on the number of inhabitants. Furthermore, lower analytical limits of quantification allow to determine more reliable pollutant concentrations in the effluents of wastewater treatment plants. Regarding the approaches, adaptations were made in MoRE that allow the consideration of measures. Overall, the modeled annual emissions from wastewater treatment plants in Germany have not changed significantly. This can be stated also for the most of the analytical units. The spatial distribution pattern has only changed in areas where plants smaller than 2,000 population equivalents are relevant regarding emissions from WWTP. Even though the emissions have not changed much, the adaption was an essential step, especially in regard of the modeling of measure efficiency.

For the **emission pathway “sewer systems”** input data of higher spatial and temporal resolution was used resp. other approaches regarding their derivation were developed. An improved resolution and an update of general input data was achieved for the number of inhabitants, the water consumption per capita, as well as for impervious surfaces and commercial areas, which were derived by empirical approaches before. Statistical data of sewer systems is now preprocessed by a newly developed method. The transfer on the level of analytical units is now dependent of an adequate reference parameter. In regard of substance related input data, a spatial differentiation of the emissions was performed for certain heavy metals by assigning urban and rural areas different pollution loads. Besides the modification of input data, also modeling approaches were adapted. E.g. the effectivity of rainwater tanks (rainwater overflow or sedimentation tanks) was integrated in the modeling approaches. This way, existing infrastructure and their effects on emissions can be included for the first time in the modeling. Besides, the approaches were adjusted in order to allow the consideration of measures. The adapted input data and approaches result in different substance dependent effects. In regard of the input data, all substances show greater emissions into the sewer systems because of the increase of impervious surfaces and commercial areas. The remaining input data sets did not change the average situation for Germany; however, there were local shifts because of the higher resolution of the data. Emission reductions for all particle-bound substances occur in all areas that feature rainwater tanks, since data on storage volume and retention effect were included in the new modeling approaches. While the 24 % increase of nitrogen emissions can be traced back only to the changed input data, for all other substances the new approaches also play a role. For instance, the Cu and Zn emissions are 27 and 11 % lower, respectively, even though the impervious areas are greater than before. This is due to the lower mean surface load and the substance retention in rainwater tanks. The

emissions of other substances increased by 19 to 30 %. In regard to the total emissions and with an otherwise unchanged situation, they rose by up to 6 % (lead). For copper and zinc, the decrease in sewer system emissions given above corresponds to 10 and 5 % decrease in total emissions, respectively.

For the **emission pathway “erosion”**, a soil loss was calculated using a digital terrain model with a higher resolution than before. The limitations resulting from this approach are discussed. In addition, comparative calculations were made using the emission model STOFFBILANZ. The results of both models are discussed, too. Furthermore, heavy metal input data for topsoil and bedrock with a higher spatial resolution was transferred from an earlier project (Fuchs et al. 2012) into the nationwide model. The resulting heavy metal emissions via erosion did not change significantly by this for cadmium and mercury, but increased distinctly for nickel. For the rest of the heavy metals, the updated data base strongly increased the emissions via erosion (copper +19 %, chrome +22 %, zinc +33 % and lead +41 %). In spite of these significant increases, the influence on total emissions is only large for substances, where erosion is the dominant emission pathway (chrome +14 %, lead +24 %). For heavy metals where erosion only has a moderate share of the total emissions (copper, nickel, zinc), the increase is rather low.

The adaptations in the modeling of emissions via the **pathway “tile drainage”** is based on the one hand on the work of Hirt et al. (2011), on the other hand on the works of Kreins et al. (2010). The annual tile drainage inputs are now calculated on the basis on monthly values. For nitrogen, special adaptations were made which include degradation processes within the soil depending on the type of use (pasture or arable land). Until now, this differentiation was not made. With the temporal and land use specific calculations of tile drainage runoff and drainage water concentrations, which are based on the updated nitrogen surpluses, a decrease of 26 % in nitrogen emissions via drainage was calculated for Germany. For the other substances, the increases of emissions are about 1-2 %, which are solely based on the increase of tile drainage runoff. In addition to adaptations on nitrogen emissions, PAH concentrations in drainage water, and therefore the PAH emissions via this pathway, were set to zero.

For the **emission pathway “groundwater”**, adaptations were made related to input data for nitrogen (nitrogen surplus) and PAH. Total nitrogen emissions are reduced by 7 % in the period 2006-2011, when all other pathways are unaltered. Additionally, PAH concentrations in groundwater were set to zero, therefore, no PAH emissions are to be expected via this pathway.

For each emission pathway, a **recommendation for future national input data and approaches for emission modeling** is given. It is generally recommended to use the best available data set that is also consistent within the model. Thus, in this project, the data sets used in some cases do not represent the best available data, but the data sets that are most compatible to one another. This way, a consistent data base can be created for the individual emission pathways, which supports the identification of spatial pollution hotspots.

Based on the adapted general and substance-specific input data and approaches, the total and pathway specific emissions of nutrients, heavy metals and Σ EPA-PAH₁₆ were modeled using the regional pathway analysis for the period of 2006-2011. The **results of the emission calculation** were generated for Germany on the level of analytical units. They can be aggregated via the metadata of the analytical units on different levels: subunits, coordination areas, river basins, marine areas or administrative units like states and countries. With the use of the newly developed functionality, emissions can also be

aggregated on the level of planning units for the first time. In summary it can be stated that the emission situation in regard of the total emissions has changed especially in those analytical units, where the adapted emission pathways are relevant. The changes in the modeling basics are for instance especially visible in those analytical units, which are characterized by settlements and therefore the emission pattern is dominated by sewer systems. On the other hand, if an analytical unit is characterized by agricultural areas and at the same time relevant runoff components change due to the new approaches, the total emissions here will change significantly, as well.

For the **model validation**, modeled river loads have been derived from the generated results and were compared to observed loads. Thanks to the development of the validation module, the observed river loads were for the first time calculated within the MoRE system. The comparison of modeled to observed loads was performed only for nutrients. The model efficiency is high for both substances (higher 0.9). Since there no adaptations for retention have been done, it was not possible to model actual heavy metal river loads from modeled heavy metal emissions. Therefore, emissions were compared to observed river loads. For Σ EPA-PAK₁₆, no comparison was made due to the lack of monitoring data.

Based on the analysis of the measure programs **strategical supra-regionally relevant measures** were identified in coordination with the federal states. Measures were selected which represent the operable parameters of MoRE. The emission quantification approaches were adjusted to be able to include measures into the modeling. Furthermore, the effects of measures had to be researched. To document the measures, measure profiles were created which explain the technical content of the measures and their way of implementation in MoRE.

In order to assess the effectivity of these selected supra-regional measures, the emissions with applying these measures were calculated and their reduction potential was investigated for year 2010.

A 10 % reduction of **nutrient emissions** for the emission pathway sewer systems was modeled for the **measure „increase of the connection rate to existing wastewater treatment plants”**. However, the emissions from wastewater treatment plants increase accordingly, leading to an overall reduction of only 2 %. Nevertheless, the measure is relevant in the federal states Saxony and Thuringia.

Another reduction measure for nutrient emissions is the **measure „optimization of the operation of municipal wastewater treatment plants“**. It is assumed here that all treatment plants of a size class will reach a mean annual effluent concentration of the best 25 %, 50 % and 75 % (1st quantile, median, 3rd quantile) of the plants. This measure would have a significant reduction effect of nutrient emissions via wastewater treatment plants: 10 %, 24 % and 44 % for the measures “3rd quantile”, “median” and “1st quantile”, respectively. When considering total emissions, the measure “1st quantile” is most relevant as it would reduce total nitrogen emissions by 7 % and total phosphorous emissions by 12 %. The largest reduction potential for nitrogen is estimated for the Rhine catchment, for phosphorous both Rhine and Danube catchments show great reduction potentials. Therefore, the measure has an explicit supra-regional importance.

In general, **measures regarding nitrogen-surplus** have a distinct effect not only on the emission pathway tile drainage but also on the emission pathway groundwater. Because of the residence time of groundwater, they take effect only in the distant future. For this reason, the effects of this measure are quantified only for the emission pathway “tile drainage”. The measure “optimization of N-management” is the most effective with a reduction potential of 30 %. It features a distinct reduction in most analytical units.

Reduction ranges from 5 % in some areas in eastern Bavaria and North Rhine Westphalia to 25 % in other few areas of Germany. In most parts of Germany, the reduction is even greater than 25 % (with peak values around 40%). The measure “20 % ecological agriculture” leads to a reduction of up to 25 % in most analytical units. Compared to that, the measure “10 % ecological agriculture” does not lead to reductions over 5 % in most analytical units. In regard of the total nitrogen emissions, the measure “optimization of nitrogen-management” is the most effective with a 3.5 % reduction. The spatial focus of the measure effect is in the north-east of Germany, where the fraction of tile drained areas is significantly higher than in the rest of the country. Here, in many areas reduction potentials of more than 10 % are reached. Because of the proximity of the Baltic Sea and the North Sea, the measures “20 ecological agriculture” and “optimization of the nitrogen-management” are considered expedient with regard to marine protection.

Because of their high relevance, the **measures with regard to heavy metal emissions** were implemented exemplarily for the combined sewer system as part of the emission pathway sewer systems. The measure “retention soil filters in combined sewer systems” reduced heavy metal emissions by approximately 15 %. The reductions with the measures “lamella settlers in rainwater overflow tanks”, “new rainwater overflow tanks” and “unsealing of impervious surfaces” are, on average, only half as effective. The reduction in the individual analytical units covers a range of 0 to 40 %. For an overall assessment of emissions via sewer systems it must be considered that a high percentage in reduction does not mean that total emission reduction are also high. If in an analytical unit the share of combined sewer systems is large, the emission pattern is characterized by emissions from the combined sewer system. Consequently, measures in the combined sewer system have a great effect. Even though the measures “lamella separators in rainwater overflow reservoirs” and “retention soil filters in combined sewer systems” are highly effective, the total emission reduction for sewer systems is in some parts rather small. This is due to the fact that these measures are only effective for through-flow tanks. In addition it is assumed that the measure “retention soil filters” treats only half of the combined sewers overflow volume from through-flow tanks. The reduction of total emissions for Cu and Zn has a maximum of 4%, for other heavy metals it is even lower. On a regional scale, especially the agglomeration areas benefit from the measure effects, in particular those drained by combined sewer systems. The effects of the measure “retention soil filters” can be evaluated as supra-regional. All other measures are locally restricted in their effectiveness and are not suited as an individual measure for the reduction of total heavy metal emissions.

For selected measures a **cost evaluation** was done in MoRE based on cost data from a literature review. For a large-scale assessment, mean costs were used. The costs are calculated as investment costs, operational costs and total annual costs, respectively and are directly dependent on the extent of the modeled measure implementation. Therefore, a comparative view on individual measures has to be performed afterwards by estimating the specific cost-effectiveness (e.g. costs per reduced unit of river load). For the emission pathway sewer systems, the measure “new rainwater overflow tanks” was more effective than the measure “unsealing of impervious surfaces” and “implementation of a retention soil filter” in relation to the estimated retention rates and with respect to the given boundary conditions. A prioritisation of measures however requires further, more differentiated goals and local parameters (e.g. hydrological boundary conditions, compliance with limits, aspects of urban infrastructure) have to be accounted for. For the measure selection on a smaller scale (e.g. on the scale of analytical units), measure effects and costs should be regarded case-specifically and must be discussed with respect

to the local boundary conditions which influence the implementation and may lead to significantly deviating costs. The results from MoRE can be regarded as a first indicator.

With the completion of this project, an **adapted national version** of the open source river basin management system MoRE is available. With this system, emissions into water bodies and reduction potentials of selected measures can be quantified. With the help of a regionalized pathway analysis, spatial pollution hotspots and the pathway specific origin were identified for the individual groups of substances and first supra-regional measures. From this, discretions to act can be derived with respect to location and emission pathway.

1 Einführung

Der Gewässerschutz ist nach wie vor ein wichtiges Thema im Umweltbereich. Mit der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) (2000/60/EG) wurde ein Ordnungsrahmen geschaffen für die „...Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme ...“ (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2000). Ziel der WRRL ist, für die Oberflächengewässer bis 2015 einen „guten ökologischen und guten chemischen Zustand“ zu erreichen. Zur Einschätzung der Zielerreichung ist eine Bestandsaufnahme durchzuführen. Ein Teil dieser Einschätzung betrifft die Beschreibung der aktuellen stoffspezifischen Eintragssituation. Besonderes Augenmerk liegt dabei sowohl auf den Nährstoffen als auch auf den prioritären Stoffen nach der EU-Richtlinie über Umweltqualitätsnormen (2008/105/EG) (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2008a). Die Ergebnisse der Bestandsaufnahme gehen in die Bewirtschaftungspläne (BWP) ein. Danach werden der ökologische und der chemische Zustand anhand der biologischen Qualitätskomponenten bzw. der Umweltqualitätsnormen bewertet. Ist der „gute Zustand“ nicht erreicht, sind die Ursachen zu ermitteln und Maßnahmen zu planen und durchzuführen. Dabei ist ein länderübergreifendes Vorgehen notwendig. Die Maßnahmen werden in den Maßnahmenprogrammen (MP) zusammengefasst. Die BWP und MP sind damit grundlegende Instrumente der WRRL zur nachhaltigen Bewirtschaftung von Flussgebieten.

Erste BWP und MP waren für den ersten Bewirtschaftungszyklus bis 2009 zu erstellen und werden bis Ende 2015 fortgeschrieben. Die flussgebietsweise Betrachtungsebene bei der Erstellung der BWP und MP macht ein abgestimmtes und harmonisiertes Vorgehen der Länder zwingend notwendig. Dies betrifft sowohl die Aufnahme des Ist-Zustandes, die Bestandsaufnahme, als auch die Ausweisung überregionaler Bewirtschaftungsziele und Maßnahmen. Aus diesen Anforderungen ergibt sich die Notwendigkeit geeignete Werkzeuge zu verwenden. Mit Blick auf den chemischen Zustand sollen diese idealerweise sowohl die notwendigen Informationen für die Bestandsaufnahme (insbesondere Abschätzung der Eintragssituation) als auch mit Blick auf die Zielerreichung die Auswirkungen von Maßnahmen abbilden können.

Ähnlich der WRRL regelt die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie (MSRL) das Erreichen festgesetzter Umweltziele in einem strengen Zeitplan (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2008b). So sollten nach Art. 5 der Richtlinie bis zum Jahr 2012 die Bestandsaufnahme fertig gestellt, ein guter Umweltzustand der betreffenden Gewässer beschrieben und Umweltziele festgelegt sein.

Es gibt derzeit eine Vielzahl von unterschiedlichen Modellen, die von den Ländern und Flussgebietsgemeinschaften (FGG) verwendet werden. Daraus ergibt sich für die überregionale Betrachtung die Notwendigkeit nach einem bundesweit einheitlichen harmonisierten Werkzeug für die Modellierung von Stoffeinträgen in die Gewässer.

Neben der Verwendung eines geeigneten Modellwerkzeugs ist im Hinblick auf die Umsetzung überregionaler Bewirtschaftungsziele die Identifikation strategischer, überregional wirksamer Maßnahmen ein wichtiger Meilenstein. Bei der Auswahl der Maßnahmen sind deren Wirksamkeit und die Kosten einzubeziehen.

So fordert die WRRL die Einbeziehung ökonomischer Instrumente zur Umsetzung umweltpolitischer Zielsetzungen (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2000). Art. 9 der WRRL fordert die Einführung des Kostendeckungs- und Verursacherprinzips für Wasserdienstleistungen. Bei der Auswahl der effektivsten Maßnahmenkombinationen zur Erreichung der Umweltziele sind nach Art. 11 somit externe Umwelt- und Ressourcenkosten zu

berücksichtigen. Preisinstrumente sollen Anreize zu einer effizienten Wassernutzung schaffen (Art. 9). Ausnahmen von der Pflicht, einen guten ökologischen Zustand bis 2015 zu erreichen, müssen u.a. ökonomisch begründet werden (Art. 4). Die wirtschaftliche Analyse der Wassernutzungen nach Art. 5 und Anhang III WRRL und die anschließende Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmen sind bereits Teil der ersten Maßnahmenpläne für die Flussgebiete, die bis 2009 vorliegen mussten. Auch die MSRL fordert von den EU-Mitgliedstaaten, bis zum Jahr 2015 kostenwirksame Maßnahmenprogramme zum Erreichen bzw. Aufrechterhalten eines guten Umweltzustands der Meere festzulegen. Dabei sind Kosten-Nutzen-Analysen ein wesentliches Element der Identifikation von Maßnahmenprogrammen. Die zuständigen Stellen sind dazu angehalten, Strategien ggf. auf gemeinschaftlicher Ebene zu erarbeiten und Maßnahmen in gegenseitiger Absprache durchzuführen (Art. 5 und 13)

Ähnlich wie bei den Stoffeintragsmodellen sind jedoch auch die kosteneffizienten Maßnahmenprogramme der einzelnen Länder sehr heterogen. Um Maßnahmen zu identifizieren, die über die regionale Ebene hinaus wirksam sind, ist ein koordiniertes Vorgehen der Länder unabdingbar.

Im Auftrag des Umweltbundesamtes (UBA) wurde für die bundesweite Stoffeintragsmodellierung das Modellwerkzeug MoRE (Modeling of Regionalized Emissions) in einem Vorgängervorhaben (Fuchs et al. 2012) entwickelt. Zur Berücksichtigung von Maßnahmen bei der Eintragsmodellierung musste dieses jedoch weiterentwickelt werden.

Ein Ziel des Vorhabens war es, durch Zusammenführung und Auswertung der Erfahrungen des ersten Bewirtschaftungszyklus ein harmonisiertes Vorgehen der Länder bei der Erstellung von MP für die zweiten BWP zu unterstützen sowie wichtige Grundlagen für die Umsetzung der MSRL zu schaffen. Dieses koordinierte Vorgehen ist eine Voraussetzung für einen möglichst effektiven Mitteleinsatz.

Hierfür sollte im Rahmen des Vorhabens das Modellwerkzeug MoRE für die bundesweite Modellierung vereinheitlicht und weiter entwickelt werden. Zudem wurde angestrebt, eine Harmonisierung hinsichtlich der Ausweisung überregionaler Bewirtschaftungsziele zu erlangen.

Zur Erreichung dieses Zieles wurden im Rahmen des Vorhabens die BWP der Länder und FGGen Deutschlands hinsichtlich der verwendeten Stoffeintragsmodelle ausgewertet. Zudem wurde ein Austausch über die besten Eingangsdaten, deren Verfügbarkeit sowie Ansätze zu ausgewählten Eintragspfaden auf thematischen Expertenworkshops organisiert. Somit konnte der neueste Stand der diversen Modellentwicklungen erfasst und deren Eignung für die deutschlandweite Verwendung eingeordnet werden. Dadurch wurde die Basis für die Harmonisierung der Stoffeintragsberechnung - ein bundeseinheitliches Stoffeintragsmodell - geschaffen. Dieses verwendet die bestverfügbaren Eingangsdaten und abgestimmte Modellierungsansätze. Die Ergebnisse dieser Weiterentwicklung und Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise in der bundeseinheitlichen Modellierung sind in Abschnitt 3 beschrieben. Die Ergebnisse der Modellierung mit angepassten Ansätzen und Eingangsdaten sind in Abschnitt 6.1 dargestellt und erläutert.

Für die Identifikation strategischer und überregional wirksamer Maßnahmen wurden die MP der Länder und FGGen analysiert. Es wurde eine entsprechende Maßnahmenliste erstellt. Von diesen Maßnahmen wurden ausgewählte Maßnahmen in dem Modellinstrument MoRE abgebildet. Diese sind in Abschnitt 4 erläutert.

Für ausgewählte Maßnahmen wurde entsprechend der Anforderungen von WRRL und MSRL eine Kostenschätzung vorgenommen (Abschnitt 5), sodass zum ersten Mal für Gesamt-Deutschland die Auswirkung von ausgewählten Maßnahmenkombinationen modelliert und deren ökonomische

Bewertung gekoppelt vorgenommen wurde. Die Ergebnisse der Maßnahmen- und Kostenmodellierung sind den Abschnitten 6.3 bzw. 6.4 zu entnehmen.

Zur Validierung der modellierten Stoffeinträge werden daraus Gewässerfrachten abgeleitet. Diese werden dann beobachteten Gewässerfrachten gegenübergestellt. Zur Ermittlung der beobachteten Gewässerfrachten wurde ein Validierungsmodul entwickelt, welches nun neben Stammdaten zu Abfluss- und Gütemessstellen die im Gewässer beobachteten Werte als Abflüsse (tägliche) und Konzentrationen enthält. Daraus können im Gewässer beobachtete Frachten ermittelt werden. Weiteres s. Abschnitt 8.

Dem Wunsch der Länder nachkommend wurden die Planungseinheiten (PE) als räumliche Ebene in MoRE hinterlegt. Zudem wurde ein Algorithmus entwickelt, wonach die Einträge, die in MoRE prinzipiell immer auf Ebene von Analysegebieten (AU) berechnet werden, auf Ebene von PE aggregiert werden können (Abschnitt 7).

Zur Erreichung der Vorhabensziele war es notwendig, MoRE technisch weiterzuentwickeln. Die wichtigsten technischen Weiterentwicklungen in MoRE, sind die Umsetzung einer Datenhaltung für Varianten von Eingangsdaten und deren Berücksichtigung bei der Modellierung sowie die Umsetzung der Modellierung mit Maßnahmen. Diese sowie weitere technische Weiterentwicklungen sind im folgenden Abschnitt 2 beschrieben.

Das Vorhaben wurde durch einen Bund/Länder Arbeitskreis (B/L AK) fachlich begleitet. Dadurch wurde eine enge Abstimmung hinsichtlich der fachlichen und EDV-technischen Weiterentwicklung von MoRE gewährleistet.

2 Das Modellierungswerkzeug MoRE

Das Modellinstrument MoRE zur Modellierung von Stoffeinträgen in die Gewässer wurde im Auftrag des UBA (FuE „Methodische Optimierung von Modellansätzen zur Nähr- und Schadstoffbilanzierung in Flussgebietseinheiten zur Förderung der Umsetzungsstrategie zur Wasserrahmenrichtlinie“ (FKZ 3708 22 202-1)), basierend auf dem Modellkonzept MONERIS (Modelling Nutrient Emissions into River Systems) (Behrendt et al. 1999) entwickelt.

Die Eintragsmodellierung mit MoRE erfolgt über die Methode der Regionalisierten Pfadanalyse (RPA). Die RPA weist unterschiedliche Eintragspfade von Stoffen in die Gewässer aus und unterscheidet übergeordnet zwischen punktförmigen Eintragspfaden und Eintragspfaden, die stark von diffusen Quellen geprägt sind. Eine detaillierte Erläuterung der RPA ist in European Commission (2012) zu finden. Der methodisch komplexe RPA-Ansatz benötigt eine Vielzahl von allgemeinen und stoffspezifischen Eingangsdaten, lässt aber eine nach Eintragspfaden differenzierte und zusätzlich räumlich differenzierte Aussage zu Stoffeinträgen in die Oberflächengewässer zu. MoRE modelliert auf Basis von Einzeljahren. Die Ergebnisse können für die Einzeljahre oder für definierte Bilanzzeiträume ausgegeben werden. Stoffe, die derzeit für den Zeitraum 1983 - 2011 abgebildet werden können, sind die Nährstoffe (Stickstoff (N) und Phosphor (P)) und die Schwermetalle (Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni), Blei (Pb) und Zink (Zn)). Für den Zeitraum 2003-2011 wurden Einträge der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe als Summenparameter (Σ EPA-PAK₁₆) modelliert. Darüber hinaus sind weitere organische Schadstoffe nur für bestimmte Jahre oder Einzugsgebiete in MoRE eingebunden wie z. B. Diethylhexylphthalat (DEHP) und die Pflanzenschutzmittel Diuron und Isoproturon für das Bezugsjahr 2008 (Wurstthorn et al. 2013) sowie die Arzneimittel Diclofenac, Ibuprofen, Iomeprol und Sulfamethoxazol für das Neckar Einzugsgebiet (Hillenbrand et al. 2014). Zudem werden je nach Stoff und Datenverfügbarkeit verschiedene Eintragspfade modelliert. Die räumliche Auflösung in MoRE ist hierarchisch aufgebaut. Es können verschiedene räumliche Aggregationsebenen, wie Flussgebietseinheiten nach WRRL abgebildet werden. Basis und kleinste räumliche Modelleinheit sind die Analysegebiete, die eine mittlere Größe von 130 km² für Deutschland aufweisen. Die Ausweisung der AU beruht sowohl auf einer gebietshydrologischen als auch administrativen Abgrenzung (Fuchs et al. 2010a).

Im folgenden Abschnitt 2.1 wird die Struktur des MoRE-Systems, seine grundlegenden Bestandteile und die daraus resultierenden Vorteile für die Nutzer erläutert. Im Abschnitt 2.2 werden die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten technischen Weiterentwicklungen an MoRE beschrieben.

2.1 Technische Umsetzung von MoRE

2.1.1 Struktur des MoRE-Systems

Die grundlegenden Bestandteile des MoRE-Systems sind Abbildung 1 zu entnehmen. Es handelt sich dabei um

- eine PostgreSQL/SQLite Datenbank (Abschnitt 2.1.2.1)
- einen unabhängigen generischen Rechenkern (Abschnitt 2.1.2.2) sowie
- zwei Benutzeroberflächen:
 - die MoRE Developer Benutzeroberfläche (Abschnitt 2.1.2.3) und

- die MoRE Visualizer Benutzeroberfläche (Abschnitt 2.1.2.4).

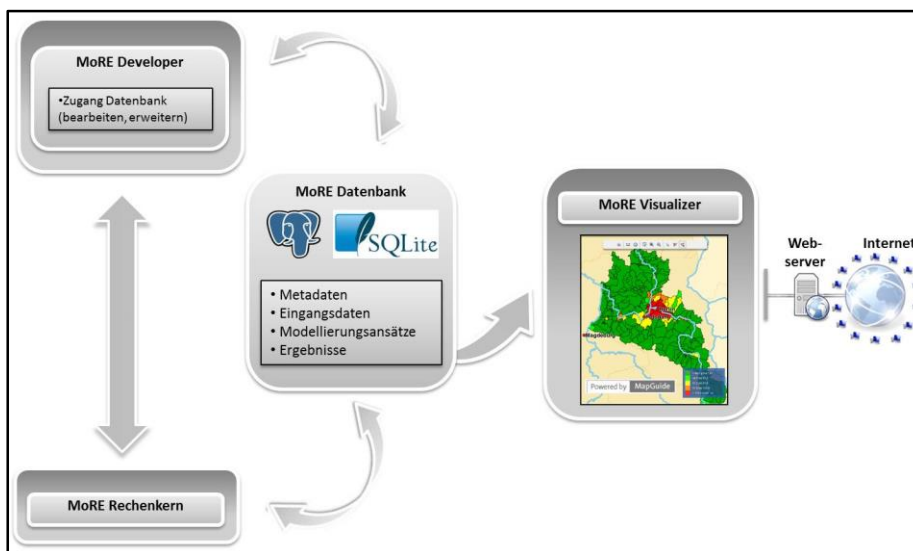
Die PostgreSQL/SQLite Datenbank beinhaltet alle für die Modellierung notwendigen Modelleingangsdaten einschließlich der Metadaten, Berechnungsansätze sowie die modellierten Ergebnisse. Der Rechenkern enthält die logische Struktur der Datenbank und führt die Modellierung nach den durch den Nutzer festgelegten Definitionen durch. Er wird über die Benutzeroberfläche MoRE Developer angesteuert und hat eine dynamische Verbindung zur PostgreSQL-Datenbank.

Die Benutzeroberflächen MoRE Developer und MoRE Visualizer wurden entwickelt zur Interaktion mit der PostgreSQL-Datenbank. Der Inhalt der PostgreSQL-Datenbank kann mit Hilfe der Benutzeroberfläche MoRE Developer gelesen, verändert und erweitert werden.

Die Ergebnisse der Modellierung können entweder tabellarisch im MoRE Developer ausgegeben oder über den MoRE Visualizer in Kartenform sowie in Form von Diagrammen dargestellt werden.

MoRE kann entweder über eine Netzwerkverbindung in einem Multi-user-Zugriff (Datenbanksystem PostgreSQL) oder über eine Einzelplatzanwendung für PC (Datenbanksystem SQLite) verwendet werden.

Abbildung 1: Architektur des MoRE-Systems



2.1.2 Komponenten des MoRE-Systems

2.1.2.1 MoRE-Datenbank

Die PostgreSQL-Datenbank von MoRE ist untergliedert in sogenannten Sachdatentabellen, die über die Benutzeroberfläche MoRE Developer angesteuert werden können.

Für die Modellierung ist eine Vielzahl an Modelleingangsdaten notwendig. Dabei handelt es sich insbesondere um:

- Modellkonstanten,
- allgemeine Eingangsdaten (wie z. B. mittlere Höhe, Landnutzung, Bodenarten, Niederschläge, Anschlussgrade usw.), die in Abhängigkeit von Analysegebiet und Jahr variieren können,

- stoffbezogene Eingangsdatendaten (z. B. Oberbodengehalte, Niederschlagskonzentrationen, Ablaufkonzentrationen von Kläranlagen), die in Abhängigkeit von Analysegebiet und Jahr variieren können.

Die raum- und zeitbezogenen Daten liegen in der Datenbank für jede Modelleinheit und jedes Jahr vor. Sie werden durch Metadaten beschrieben. Das bedeutet bspw., dass jedem Eintrag in der Datenbank eine eindeutige Herkunft zugewiesen ist. Auch sind zusätzliche Informationen wie Eintragspfad- und Stoffbezug hinterlegt.

Die Datenbank enthält außerdem den Raumbezug der Modellierung in Form von Analysegebieten, Punktquellen und Planungseinheiten.

Des Weiteren sind in der Datenbank alle Modellierungsansätze (empirischen Gleichungen) abgelegt. Auch den Modellierungsansätzen sind Metadaten wie z. B. Herkunft (Literaturverweis) und Stoffbezug zugewiesen.

Schlussendlich enthält die Datenbank die Modellergebnisse. Nach der Modellierung können die Ergebnisse zur weiteren Analyse im xml-Format ausgegeben werden.

2.1.2.2 MoRE-Rechenkern

Der Rechenkern ist generisch und wurde als autonome Einheit des MoRE-Systems konzipiert und in C# programmiert. Während eines Rechenlaufs (Modellierung) liest er die Eingangsdaten aus der PostgreSQL-Datenbank und führt die Berechnungen gemäß den zugrundeliegenden Modellierungsansätzen (empirischen Gleichungen) aus. Da der Rechenkern keine Formeln enthält, sondern lediglich die logische Struktur der Datenbank, muss er nicht an Veränderungen neuer Rechenalgorithmen angepasst werden, so lange die Struktur beibehalten wird. Folglich benötigt der Benutzer keine Programmierkenntnisse für die Implementierung neuer Berechnungsansätze und Eingangsdaten. Er kann diese ohne großen Aufwand in MoRE einbinden und Modellierungen durchführen.

2.1.2.3 Entwickleroberfläche MoRE Developer

Mit Hilfe der Benutzeroberfläche MoRE Developer kann die Datenbank angesteuert, verändert und ergänzt werden. So können Eingangsdaten in die Datenbank importiert und diesen Metadaten zugewiesen werden. Des Weiteren können neue Berechnungsansätze angelegt oder bestehende angepasst werden. Zur Dokumentation und besseren Nachvollziehbarkeit können für die Berechnungsansätze Flowcharts hinterlegt werden. Schlussendlich wird über den MoRE Developer der Rechenkern zur Berechnung der Einträge in die Gewässer sowie der Gewässerfrachten angestoßen. Der MoRE Developer ist modular aufgebaut.

2.1.2.3.1 Module in MoRE Developer

In der Entwickleroberfläche MoRE Developer kann der Inhalt der MoRE-Datenbank über Sachdatentabellen verändert und erweitert werden. Die Sachdatentabellen sind zu drei Modulen zusammengefasst:

- Dokumentation,
- Modellierung und
- Validierung.

Im Modul „Dokumentation“, welches im Vorhaben neu entwickelt wurde, werden die Metadaten zu den verwendeten Grundlegendaten und den daraus erzeugten Eingangsdaten verwaltet (s. auch Abschnitt 2.2.1).

Das Modul „Modellierung“ enthält zunächst die räumlichen Modelleinheiten. Daneben werden die Variablen, die die Eingangsdaten, Zwischenergebnisse und Endergebnisse repräsentieren und die dazugehörigen Metadaten verwaltet. Zudem können die Eingangsdatenwerte der Variablen, die als Eingangsdatum abgelegt sind, abgerufen werden. Des Weiteren werden in dem Modul „Modellierung“ alle Berechnungsansätze definiert sowie die erzeugten Ergebnisse angezeigt. Im Vorhaben wurden der Variantenmanager und der Maßnahmenmanager innerhalb dieses Moduls implementiert.

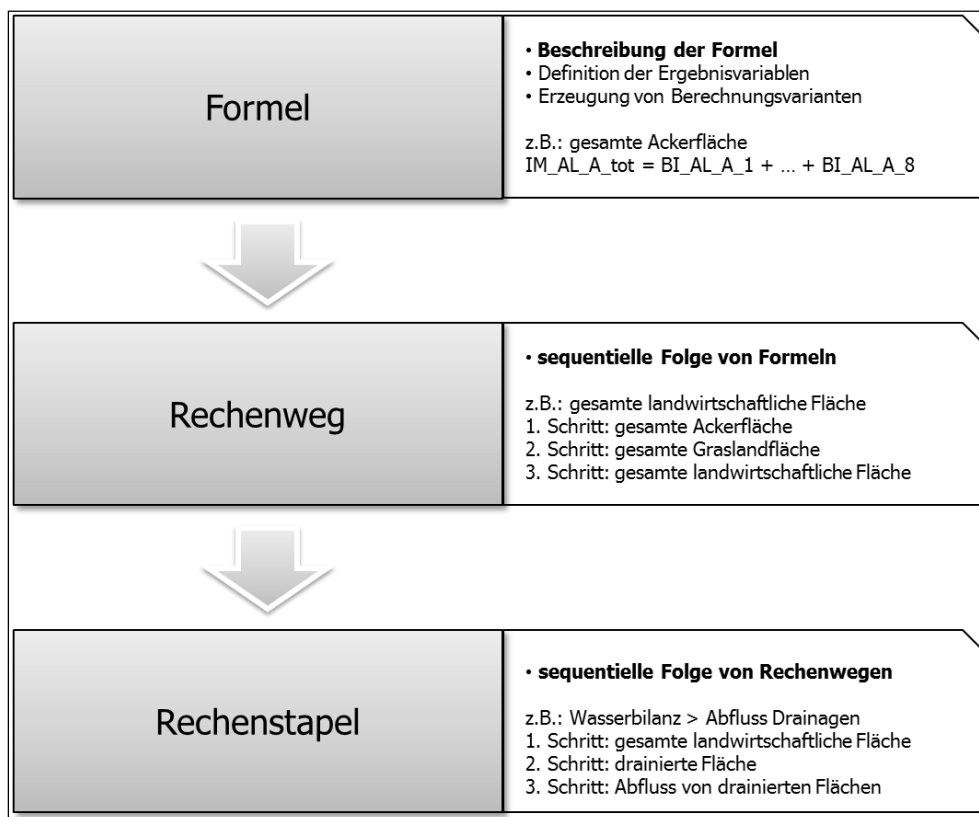
Über das Modul „Validierung“, welches im Rahmen des Vorhabens umgesetzt wurde, sind die täglichen Abflusswerte der Abflussmessstellen, die Gütedaten von Gütemessstellen sowie die daraus erzeugten Gewässerfrachten abrufbar (s. auch Abschnitt 2.2.3).

2.1.2.3.2 Definition von Berechnungen in MoRE

Bilanzgrößen für die Modellierung in MoRE sind Flächen, Abflusskomponenten, Einträge, Gewässerfrachten und Kosten. Diese werden i. d. R. durch empirische Gleichungen, die in der Datenbank in Textform eingegeben werden können, berechnet.

Der Modellierung liegen drei Ebenen zugrunde. Als kleinste Einheit ist die Formel (Gleichung) definiert. Die Aggregation mehrerer Formeln in einer bestimmten Reihenfolge wird als Rechenweg bezeichnet. Mehrere Rechenwege in einer definierten Reihenfolge bilden einen Rechenstapel (Abbildung 2). Die Rechenstapel bilden i. d. R. eine Bilanzgröße und deren Abflusskomponenten bzw. Teilpfade ab. Alle Modellierungsansätze sind in den Sachdatentabellen *Berechnung* abgelegt.

Abbildung 2: Struktur der Modellierungsansätze in MoRE



2.1.2.4 Visualisierungsoberfläche MoRE Visualizer

Die Visualisierungsoberfläche MoRE Visualizer bietet die Möglichkeit, ausgewählte Eingangsdaten und Ergebnisse anzuzeigen und zu analysieren. Es handelt sich dabei um eine Browser-basierte Applikation, die über eine Internetverbindung genutzt werden kann. Sie arbeitet über eine direkte Verbindung zur MoRE Datenbank.

Der Hauptanwendungszweck des Visualizers ist die Darstellung der flächenspezifischen Gewässereinträge in Form von Karten. Hierbei kann der Nutzer eine Auswahl zu den folgenden räumlichen Aggregationsebenen treffen: Gebiet (bspw. Verwaltungseinheiten, Flussgebietseinheiten), Stoff und Zeitraum. Eine besondere Anwendungsmöglichkeit ist der selektive Vergleich unterschiedlicher Zeiträume.

2.2 Technische Weiterentwicklungen von MoRE

Zur Erreichung der skizzierten Ziele des Vorhabens wurde eine Vielzahl technischer Weiterentwicklungen in MoRE umgesetzt:

- Modul „Dokumentation“,
- Modul „Modellierung“:
 - Einführung der Punktquellenverwaltung,
 - Integration der räumlichen Aggregationsebene „Planungseinheit“,
 - Variantenmanager,
 - Maßnahmenmanager,
- Modul „Validierung“.

Diese werden im Folgenden näher beschrieben.

Weiterhin wurden mit dem Modul „Validierung“ die technischen Voraussetzungen geschaffen, um punktförmige Messdaten aus Gewässern (Abfluss- und Gütedaten) in MoRE zu integrieren und daraus die beobachteten Gewässerfrachten zu berechnen (Abschnitt 2.2.3). Durch diesen Schritt können nun erstmals direkt in MoRE die modellierten Gewässerfrachten den beobachteten Gewässerfrachten gegenüber gestellt werden und so eine Aussage zur Güte der Modellierung gemacht werden.

Für detaillierte Beschreibungen der technischen Weiterentwicklungen sowie der Vorgehensweise zu deren Nutzung bei der Eintragsmodellierung sei auf das Handbuch von MoRE verwiesen (Fuchs et al. 2015).

2.2.1 Modul „Dokumentation“

Um eine höhere Transparenz hinsichtlich Nachvollziehbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse in MoRE zu gewährleisten, wurde im Rahmen des Projektes ein umfassendes Konzept zur Dokumentation von Grundlagendaten und Eingangsdaten in MoRE entwickelt. In der MoRE-Oberfläche wurde hierfür ein eigenständiges Modul „Dokumentation“ angelegt (Abschnitt 2.2.1). So können nun alle Daten, die bislang lediglich in Berichten dokumentiert wurden, innerhalb von MoRE dokumentiert werden. Das Dokumentationskonzept orientiert sich an den Anforderungen der DIN EN ISO 19115.

Als Grundlagendaten werden Daten aus externen Quellen verstanden, die ggf. durch Rechte Dritter urheberrechtlich geschützt sind. Bei den Grundlagendaten handelt es sich insbesondere um punktförmige und flächenhafte Daten, statistische Daten und Messdaten.

Die Eingangsdaten in MoRE sind die operablen Größen, die für die Modellierung verwendet werden. Sie werden aus einem oder mehreren Grundlagendatensätzen erzeugt und in MoRE i. d. R. für die Analysegebiete abgelegt. Die Eingangsdaten gehen in Form von Variablen in das Modell ein und sind innerhalb von MoRE über die zugewiesenen Variablennamen abrufbar.

Sowohl zu Grundlagendaten als auch zu Eingangsdaten können im Modul „Dokumentation“ diverse Metadaten angelegt werden. Diese sind in den folgenden Abschnitten 2.2.1.1 und 2.2.1.2).

Im Sinne der technischen Umsetzung des Moduls „Dokumentation“ war eine strukturelle Erweiterung der MoRE-Datenbank notwendig. Zur Verwaltung der Metadaten der Grundlagen- und Eingangsdaten wurden in MoRE jeweils neue Sachdatentabellen angelegt. In den Abschnitten 2.2.1.1 bzw. 2.2.1.2 werden deren wichtigsten Attribute beschrieben.

2.2.1.1 Sachdatentabelle Grundlagendaten

Zur Dokumentation der Grundlagendaten werden die folgenden Kategorien verwendet:

- Datensatzbeschreibung: hier werden Informationen abgelegt, wie der vollständige Name des Datensatzes, die Einheit und der Stoffbezug.
- Datenherkunft: hier werden Angaben zu der Quelle, Art und Datum des Datenerwerbs, Methoden und Datum der Datensatzerstellung erfasst.
- Datenformat: hier erfolgt eine Spezifizierung der Grundlagendaten. Wichtige Angaben wie Datenformat, Georeferenzsystem, Datentyp, Maßstab, räumliche- und zeitliche Auflösung werden dokumentiert.
- Geltungsbereich: die zeitliche und räumliche Gültigkeit der Grundlagendaten wird spezifiziert.
- Nutzungsrecht: hier werden Angaben zur Datennutzung dokumentiert.
- Verwendung: hier wird festgeschrieben, in welchem Modul die Grundlagendaten verwendet werden, welche Bilanzgröße Bezug auf diese Daten hat und welche Eintragspfade mit diesem Grundlagendatensatz aufbereitete Eingangsdaten verwenden.
- Bemerkungen

2.2.1.2 Sachdatentabelle Eingangsdaten

Zur Dokumentation der Eingangsdaten werden die folgenden Kategorien verwendet:

- Datensatzbeschreibung: hier werden die ID, eine Beschreibung und die Einheit abgelegt.
- Datenherkunft: hier werden die für die Eingangsdaten verwendeten Grundlagendatensätze und deren Aufbereitung dokumentiert, zudem die Art der Ableitung von Eingangsdaten aus den Grundlagendaten, sowie Datum und Bearbeiter der Eingangsdatenerzeugung.
- Geltungsbereich: die zeitliche und räumliche Gültigkeit der Grundlagendaten wird spezifiziert.
- Bemerkungen

Zu jedem Eingangsdatensatz erfolgt über ein Strukturfenster die Zuweisung von Grundlagendatensätzen. Dabei können beliebig viele Grundlagendatensätze gewählt werden, die für die Erzeugung des Eingangsdatums verwendet wurden.

2.2.2 Modul „Modellierung“

Bezüglich der räumlichen Ergebnisausgabe wurden im Modul „Modellierung“ zwei Ebenen im Rahmen des Vorhabens neu integriert: Punktquellen (Abschnitt 2.2.2.1) und Planungseinheiten (Abschnitt 2.2.2.2).

Mit der Einrichtung der Punktquellenverwaltung und deren Nutzung bei der Modellierung (Abschnitt 2.2.2.1) können punktförmige Grundlagendaten nun lagegetreu in MoRE vorgehalten werden. Neben einer höheren Transparenz ermöglicht dies, die Auswirkungen gezielter Maßnahmen bei einzelnen Punktquellen in Abhängigkeit von deren Eigenschaften zu modellieren. Auf Vorschlag des B/L AK Stoffeintragsmodellierung, wurde eine weitere räumliche Modellierungseinheit (Aggregationsebene) - die Planungseinheit nach WRRL - in MoRE hinterlegt. Hierfür war eine Zuordnung der AU und der prinzipiell in MoRE berechneten Einträge auf AU-Ebene, zu den PE notwendig. Um dies zu realisieren wurde ein Algorithmus entwickelt, um die berechneten Einträge auf Ebene von PE aggregieren zu können (Abschnitt 2.2.2.2).

Im Rahmen des Vorhabens wurden zudem die technischen Voraussetzungen für Variantenberechnungen geschaffen. Variantenberechnungen können in MoRE derzeit für Varianten von Eingangsdaten (Abschnitt 2.2.2.3) und Varianten von Ansätzen (Abschnitt 2.2.2.4) durchgeführt werden.

Als weiterer elementarer Bestandteil des Modellierungs-Moduls wurde ein Maßnahmenmanager implementiert (Abschnitt 2.2.2.5).

2.2.2.1 Implementierung der Punktquellenverwaltung

Zu den Punktquellen (PQ) in MoRE zählen bisher: kommunale Kläranlagen, industrielle Direkteinleiter und die Altbergbaustandorte (Schwermetalle). Bislang erfolgte in MoRE die Berechnung der Einträge über PQ aggregiert auf Ebene der AU. Die verfügbaren Grundlagendaten wurden daher bisher im Präprozessing auf AU-Ebene aufbereitet. Die verwendeten Grundlagendaten und deren Aufbereitung waren dementsprechend im Eingangsdatensatz und den Ergebnissen nachträglich für Dritte nur schwer nachvollziehbar. Zur Erhöhung der Transparenz und vor dem Hintergrund der Möglichkeit verschiedene punktuellenspezifische Maßnahmen zur Eintragsreduzierung in MoRE abzubilden und ökonomisch zu bewerten, wurde die Notwendigkeit identifiziert, punktbezogene Daten standortscharf bei der Modellierung zu berücksichtigen. Durch eine entsprechende Datenhaltung direkt in MoRE können nun beispielsweise für kommunale Kläranlagen - abhängig von vorhandenen Verfahrensstufen und der Anlagengröße - anlagenscharf zielgerichtete Maßnahmen zur Eintragsreduzierung abgebildet werden. Die Weiterentwicklung von MoRE hat die technischen Voraussetzungen zur direkten Datenhaltung punktförmiger Informationen in MoRE und zur Dokumentation ihres Bezugs zu den AU, geschaffen. So wurde ein Teil des vorherigen Präprozessing in das Modell überführt und eine größere Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Prozesse (Datenaufbereitung, Maßnahmenausweisung) und Ergebnisse erreicht.

Modellierung mit Punktquellen: Konzept und Umsetzung in MoRE

Die Punktquellenverwaltung wurde einerseits mit dem Ziel der besser räumlich aufgelösten Modellierung der Stoffeinträge in MoRE konzipiert und umgesetzt, indem die Ergebnisse der

Eintragsberechnung für einzelne Punktquellen ausgegeben werden können. Andererseits bietet dieses Tool höhere Flexibilität bei der Maßnahmenumsetzung.

Für die aktuell in MoRE betrachteten punktuellen Eintragspfade „Kommunale Kläranlagen“, „Industrielle Direkteinleiter“ und „Altbergbau“ liegen standortscharfe Daten vor.

Entsprechend dieser Eintragspfade wurden drei PQ-Typen in MoRE definiert:

- kommunale Kläranlage,
- industrieller Direkteinleiter und
- Altbergbau.

Als PQ sind derzeit in der MoRE-Datenbank hinterlegt:

- über 4.100 deutsche kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 Einwohnerwerte (EW) Nominalbelastung für die Jahre 2008 und 2010 (UBA 2013c),
- 236 deutsche industrielle Direkteinleiter (UBA 2013a) im Betrachtungszeitraum 2007-2011 und
- 91 deutsche Altbergbaustandorte (Marscheider-Weidemann et al. 2013).

Derzeit sind nur die deutschen Kläranlagen mit einer Nominalbelastung ≥ 2.000 EW integriert. Datengrundlage hierfür ist der deutschlandweite Datensatz zur Berichterstattung für die EU Kommunalabwasserrichtlinie. Die kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW liegen nur auf Ebene von Gemeinden vor und werden nach wie vor im Präprozessing auf die Analysegebiete übertragen. Bei besserer Datenlage können die Kläranlagen aus den ausländischen Einzugsgebietsanteilen oder die deutschen Kläranlagen < 2.000 EW ebenfalls in MoRE eingepflegt werden.

Alle PQ wurden zusammen mit den Metadaten zu jeder PQ in einer separaten Sachdatentabelle abgelegt. Die Attribuierung der PQ erfolgte hauptsächlich in Anlehnung an die verfügbare Datenbasis. Die folgend aufgeführten Metadaten wurden angelegt:

• Anlage-Id	• Datum Schließung
• Anlage-Id-Art	• Gültigkeit
• Analysegebiet	• Einleitstelle-Id
• Typ	• Einleitstelle-Art
• Name	• Einleitstelle-Name
• Beschreibung	• Einleitstelle-Rechtswert
• Branchengruppe	• Einleitstelle-Hochwert
• Haupttätigkeit	• Einleitstelle-Koordinatensystem
• Rechtswert	• Herkunft
• Hochwert	• Bemerkungen
• Koordinatensystem	• Id Analysegebiet (Zuordnung AU)
• Datum Fertigstellung	

Für die Eintragsberechnung sind die Attribute: „Typ“, „Gültigkeit“ und „Id Analysegebiet“ von großer Relevanz. Das Attribut „Typ“ definiert die Art der PQ und damit die Zuordnung zum Eintragspfad. Die Angabe zur Gültigkeit definiert den zeitlichen Gültigkeitsbereich

einer PQ. Bevor eine Eintragsberechnung für ein bestimmtes Jahr ausgeführt werden kann, wird geprüft, ob die PQ in diesem Zeitraum gültig ist. Dadurch wird verhindert, dass bspw. für stillgelegte Kläranlagen die Einträge berechnet werden. Das Attribut „Id Analysegebiet“ definiert die Zuordnung zu den AUs. Bspw. erfolgt die Zuordnung zur AU bei den kommunalen Kläranlagen über die Einleitstelle der Anlage, bei den industriellen Direkteinleitern über die Koordinaten der Betriebseinrichtung. Diese Zuordnung zur AU ermöglicht es, Ergebnisse für einzelne Anlagen zu erzeugen und diese auf die AUs zu aggregieren. Für die Aggregation wurde eine spezielle Funktion entwickelt (more_psaggrau). Diese Aggregation kann für Eingangsdaten (z. B. bei den Kläranlagen für die Jahresabwassermenge), Zwischen- oder Endergebnisse durchgeführt werden und ermöglicht eine höhere Nachvollziehbarkeit der durchgeführten Operationen.

Alle Metadaten der PQ können über die Oberfläche MoRE Developer geändert oder neue PQ importiert werden. Zudem wurde die Definition des Punktquellentyps generisch umgesetzt, so dass weitere Punktquellentypen ohne Programmierkenntnisse angelegt werden können. Diese müssen lediglich unter der Sachdatentabelle *Dokumentation* > *Auswahlfelder* > *Metadaten* angelegt werden.

Schwierigkeiten bei der Einbindung der Metadaten zu Punktquellen

Während der Aufbereitung der Metadaten der PQ wurde festgestellt, dass diese für kommunale Kläranlagen (Daten der Bundesländer (BL) nach EU-Kommunalabwasserrichtlinie) und industrielle Direkteinleiter (Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR)) nicht ohne Weiteres in die MoRE-Datenbank übernommen werden können. Die festgestellten Unstimmigkeiten werden im folgenden Abschnitt je nach PQ-Typ erläutert und die entsprechenden Änderungen bzw. Annahmen dokumentiert.

Kommunale Kläranlagen

Wie schon im vorherigen Abschnitt „Modellierung mit Punktquellen: Konzept und Umsetzung in MoRE“ erwähnt, wurde die Zuordnung des PQ-Typs „kommunale Kläranlage“ zu Analysegebiet anhand der Koordinaten der Einleitstellen durchgeführt. Bei der Sichtung der Datenbank zur Berichtserstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie (UBA 2013c) wurde festgestellt, dass einige Kläranlagen-Einleitstellen im Ausland liegen. Für diese wurde eine manuelle Korrektur der Koordinaten unter Berücksichtigung der Flussverläufe über „OpenStreetMap“ in ArcGIS 10.2 durchgeführt.

Bei abweichenden Koordinaten der Kläranlagen für die Jahre 2008 und 2010 auf Grund von Korrekturen, wurden für die Einbindung der PQ die zuletzt berichteten verwendet.

Nachdem die Zuordnung der Kläranlagen zu den AUs durchgeführt wurde, wurde die Zugehörigkeit der Anlage selbst und des zugeordneten AU zu einem Bundesland geprüft. Dabei wurde festgestellt, dass es bei 29 Anlagen keine Übereinstimmung gab. Der Grund dafür war ihre grenznahe Lage. In Zusammenarbeit mit den zuständigen Kollegen der betroffenen Länder konnte hier jedoch eine eindeutige Zuordnung erfolgen. Anschließend erfolgte eine weitere manuelle Korrektur der Koordinaten unter Berücksichtigung der Landesgrenzen und der Flussverläufe über „OpenStreetMap“ in ArcGIS 10.2.

Industrielle Direkteinleiter

Bei der Einbindung der industriellen Direkteinleiter aus dem PRTR (UBA 2013a) als PQ trat das Problem auf, dass die Koordinaten einzelner Anlagen für die Jahre 2007 bis 2011 voneinander abwichen. Als Metadaten wurden die zuletzt berichteten Koordinaten hinterlegt.

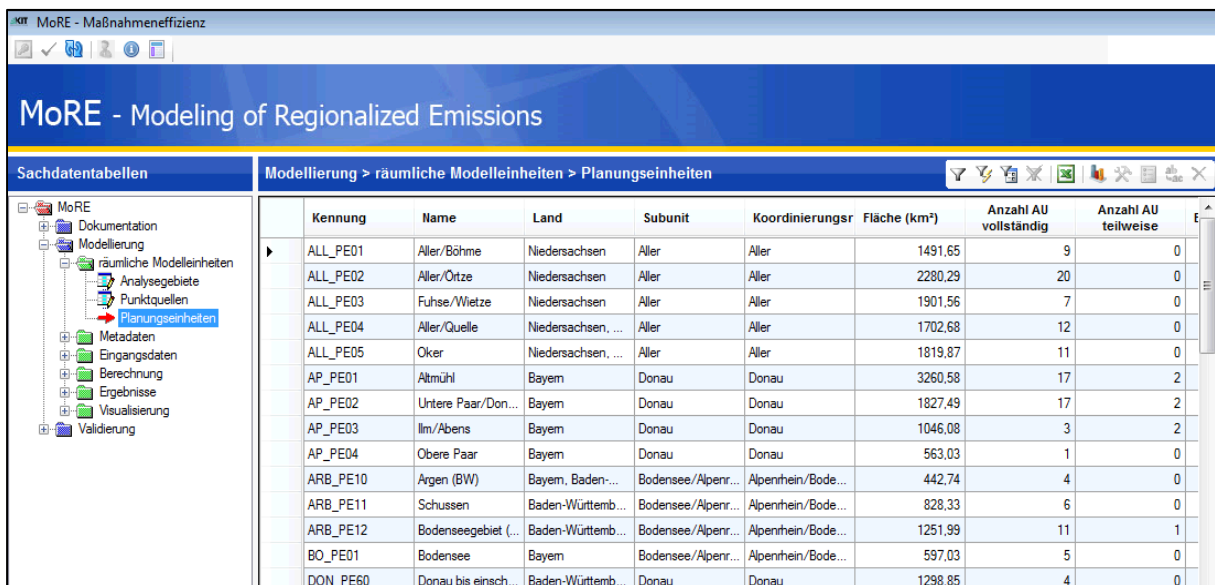
2.2.2.2 Implementierung von Planungseinheiten

Als räumliche Bezugsebene in der WRRL spielen neben den Wasserkörpern (WK) zur Zustandsbeschreibung, die PE eine Rolle. Dies sind größere, bewirtschaftbare räumliche Einheiten und zentrales Planungsinstrument in der Bewirtschaftungsplanung nach WRRL. Die PE als Aggregationsebene war bisher nicht in MoRE abbildbar. Um den Zielerfordernissen gerecht zu werden, wurde die PE als eine weitere räumliche Modellierungseinheit in MoRE hinterlegt. Zudem wurde ein Algorithmus entwickelt, um die auf AU-Ebene berechneten Einträge, auf die PE-Ebene zu aggregieren. In Abschnitt 7 „Aggregation der Stoffeinträge auf der Ebene von Planungseinheiten

“ wird der Hintergrund der Arbeiten erläutert. Im Folgenden wird die technische Umsetzung der Aggregation von Einträgen auf Ebene der Planungseinheiten dargestellt.

In MoRE wird die hierarchische Gebietsgliederung im Modul „Modellierung“ in der Sachdatentabelle *Modellierung > räumliche Modellierungseinheiten > Analysegebiete* verwaltet. Die Gebietsgliederung wurde um die Sachdatentabelle *Planungseinheiten* erweitert. Darin ist die Zuordnung von AU zu PE dokumentiert (s. Abbildung 3).

Abbildung 3: Sachdatentabelle *Modellierung > räumliche Modelleinheiten > Planungseinheiten* in MoRE



Kennung	Name	Land	Subunit	Koordinierungsnummer	Fläche (km²)	Anzahl AU vollständig	Anzahl AU teilweise
ALL_PE01	Aller/Böhme	Niedersachsen	Aller	Aller	1491,65	9	0
ALL_PE02	Aller/Ortze	Niedersachsen	Aller	Aller	2280,29	20	0
ALL_PE03	Fuhse/Wietze	Niedersachsen	Aller	Aller	1901,56	7	0
ALL_PE04	Aller/Quelle	Niedersachsen, ...	Aller	Aller	1702,68	12	0
ALL_PE05	Oker	Niedersachsen, ...	Aller	Aller	1819,87	11	0
AP_PE01	Altmühl	Bayern	Donau	Donau	3260,58	17	2
AP_PE02	Untere Paar/Donau	Bayern	Donau	Donau	1827,49	17	2
AP_PE03	Ilm/Abens	Bayern	Donau	Donau	1046,08	3	2
AP_PE04	Obere Paar	Bayern	Donau	Donau	563,03	1	0
ARB_PE10	Argen (BW)	Bayern, Baden-Württemberg	Bodensee/Alpenrhein	Alpenrhein/Bodensee	442,74	4	0
ARB_PE11	Schussen	Baden-Württemberg	Bodensee/Alpenrhein	Alpenrhein/Bodensee	828,33	6	0
ARB_PE12	Bodenseegebiet (...)	Baden-Württemberg	Bodensee/Alpenrhein	Alpenrhein/Bodensee	1251,99	11	1
BO_PE01	Bodensee	Bayern	Bodensee/Alpenrhein	Alpenrhein/Bodensee	597,03	5	0
DON_PE60	Donau bis einschließl. ...	Baden-Württemberg	Donau	Donau	1298,85	4	0

Jeder Nutzer hat die Möglichkeit die übergeordnete Gebietsgliederung nach eigenen Anforderungen zu ändern, neu anzulegen und zu löschen.

Zur Aggregation der Ergebnisse der Eintragsmodellierung von der AU-Ebene auf die PE-Ebene wurde eine Sonderfunktion entwickelt und in das Modul „Modellierung“ integriert. Die aggregierten Ergebnisse werden in den endgültigen Ergebnisdatensatz integriert, aus dem sie erzeugt wurden, sodass bei den endgültigen Ergebnissen neben den Einträgen für die einzelnen AU nun auch Einträge für die einzelnen PE vorliegen.

2.2.2.3 Varianten von Eingangsdaten: Variantenmanager in MoRE

Eine zentrale Neuerung in MoRE ist die Umsetzung eines Variantenmanagers. Er wurde entwickelt, um die Auswirkung verschiedener Eingangsdatensätze auf die Eintragsmodellierung zu quantifizieren bzw. eine Sensitivitätsanalyse durchzuführen. So können bspw. zeitlich oder räumlich höher aufgelöste Modelleingangsdaten im Vergleich zu

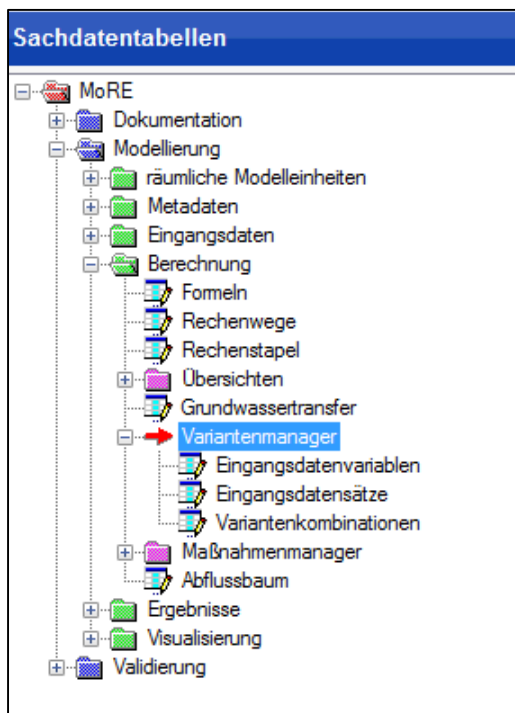
anderen Ergebnissen führen. Neben einem Basiseingangsdatensatz für eine Variable können nun weitere Varianten von Eingangsdatensätzen derselben Variablen in MoRE gespeichert werden. Die Ergebnisdatensätze unter Verwendung dieser unterschiedlichen Varianten können dann im Modell miteinander verglichen werden. Zudem können die Stoffeinträge unter Verwendung verschiedener Varianten von empirischen Ansätzen modelliert werden.

Eingangsdaten können aus Grundlagendaten unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung, Aufbereitung oder Herkunft herrühren.

Im Rahmen des Vorhabens wurde die Struktur von MoRE für eine Verwaltung von Varianten von Eingangsdaten erweitert. Dem Modul *Modellierung* wurde ein Untermodul - *Variantenmanager* hinzugefügt. Der Variantenmanager enthält drei Sachdatentabellen: *Eingangsdatenvariablen*, *Eingangsdatensätze* und *Variantenkombinationen* (Abbildung 4). In diesen Tabellen wird definiert, mit welcher Variante von Variablen und somit Eingangsdaten eine Modellierung durchgeführt werden soll.

In der Sachdatentabelle "Eingangsdatenvariablen" werden die Varianten von Eingangsdaten ausgewählt, die prinzipiell für eine Variantenberechnung zur Verfügung stehen. In der Tabelle Eingangsdatensätze wird anschließend die gewünschte Variante einer Eingangsdatenvariablen ausgewählt und ggf. mit inhaltlich passenden Varianten weiterer Eingangsdatenvariablen einem Eingangsdatensatz verknüpft. In der Tabelle Variantenkombination können die Kombination aus den mehreren Eingangsdatensätzen definiert werden. Alle Definitionen können vom Nutzer getroffen werden.

Abbildung 4: Variantenmanager in MoRE zur Modellierung mit Varianten von Eingangsdaten



2.2.2.4 Varianten von Ansätzen

Für die Modellierung können unterschiedliche methodische Ansätze (empirische Formeln) verwendet werden, die zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Die technische Umsetzung zur Verwaltung von Varianten von Ansätzen wurde bereits in einem Vorgängerprojekt (Fuchs et al. 2012) entwickelt. Ebenso wie die Eingangsdaten können die

Ansätze unter Verwendung diverser Varianten modelliert und die so erzeugten Ergebnisse verglichen werden. Dabei ist es auch möglich, die verschiedenen Varianten von empirischen Ansätzen über den Variantenmanager mit verschiedenen Varianten von Eingangsdaten zu koppeln.

Für die Umsetzung von Varianten von Ansätzen mussten keine neuen Sachdatentabellen angelegt werden. Vielmehr wurde die Struktur von MoRE so verändert, dass bei den Formeln und Rechenwegen eine Variantenverwaltung implementiert werden konnte. Für eine Formel, die durch eine Variable dargestellt wird, können unterschiedliche Varianten angelegt werden (siehe Abbildung 5). Dabei entsteht ein neuer Eintrag in der Sachdatentabelle *Formelinhalte*, wobei neben dem Namen der Ergebnisvariablen u.a. die Variantennummer und der Formelinhalt aufgeführt werden. Analog ist die Umsetzung zu den Rechenwegen: in der Sachdatentabelle *Rechenwege* wird bei der Erstellung von Varianten ein neuer Eintrag eingefügt und die dazugehörige Variantennummer angezeigt. Den Rechenstapeln hingegen werden keine Variantennummern in einer getrennten Spalte hinzugefügt. Die Variantennummer ist Bestandteil des Namens.

Beispielhaft werden in der Abbildung 5 Varianten von Formeln derselben Ergebnisvariablen (AM_E_HM) angezeigt. Abbildung 6 enthält Beispiele für Varianten von Rechenwegen.

Abbildung 5: Beispiel zu Varianten von Formeln

Sachdatentabellen

Modellierung > Berechnung > Übersichten > Formelinhalte

MoRE

Dokumentation

Modellierung

räumliche Modelleinheiten

Metadaten

Eingangsdaten

Berechnung

Formeln

Rechenwege

Rechenstapel

Übersichten

Formelinhalte

Rechenwege

	Id	Variante	Ergebnisvariable	Formelinhalt
	91	1	AD_E_PAH	(BI_RATE_dep_PAH * IM_A_WS) / 10
	90	1	AM_E_HM	AM_E_HM
	492	2	AM_E_HM	more_psaggrau(AM_ps_E_HM)
	645	1	CM_US_C_IMP	(CM_US_C_inv_25yr_IMP_noaggl + CM_US_C...
	646	1	CM_US_C_inv_25yr_I...	(US_ss_A_IMP_aggl + US_cso_A_IMP_aggl) /
	647	1	CM_US_C_inv_25yr_I...	(US_ss_A_IMP_noaggl + US_cso_A_IMP_noa
	661	1	CM_US_C_inv_25yr_...	US_cso_Q * US_cso_SHR_vol_rsf_cso / 100 *
	664	1	CM_US_C_inv_40yr_...	if (US_cso_VOL_SOT > 0, if ((US_cso_A_IMP
	648	1	CM_US_C_inv_25yr_I...	(US_ss_A_IMP_aggl + US_cso_A_IMP_aggl) /

Abbildung 6: Beispiel zu Varianten von Rechenwegen

Sachdatentabellen

MoRE

Dokumentation

Modellierung

räumliche Modelleinheiten

Metadaten

Eingangsdaten

Berechnung

Formeln

Rechenwege

Rechenstapel

Übersichten

Formelinhalte

Rechenschritte

Modellierung > Berechnung > Übersichten > Rechenschritte

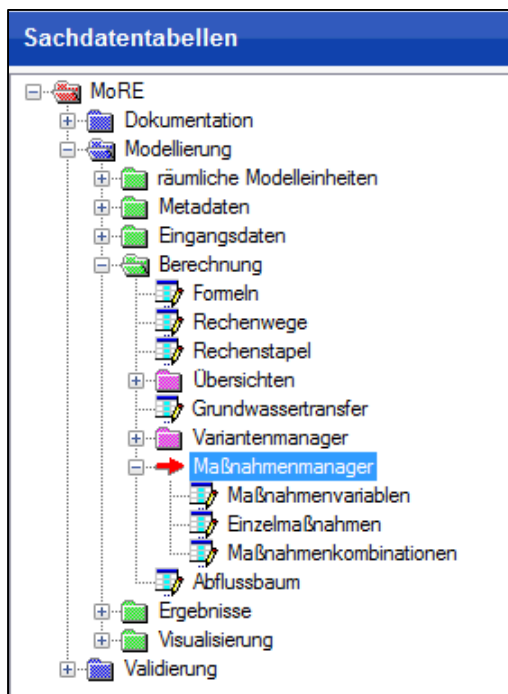
2.2.2.5 Maßnahmenmanager in MoRE

Die Umsetzung von Maßnahmen in MoRE erfolgt technisch sowohl über Varianten von Eingangsdaten als auch über die methodischen (empirischen) Ansätze (Formeln, Rechenwege) (s. dazu auch Abschnitt 2.2.2.3). Die Berechnungsansätze mussten hierfür angepasst und maßnahmenfähig umgesetzt werden. Das bedeutet, die bestehenden Formeln waren dahingehend anzupassen bzw. zu erweitern, dass sie gleichwohl für die Modellierung ohne als auch mit Maßnahmen gelten. Durch diese Vorgehensweise müssen

für die Umsetzung von Maßnahmen keine neuen Rechenwege und Rechenstapel angelegt werden. Einzelmaßnahmen können darüber hinaus zu Maßnahmenkombinationen verknüpft werden.

Voraussetzung für die Abbildung von Maßnahmen war daher u.a. die Möglichkeit unterschiedliche Varianten von Eingangsdaten im Modell integrieren und verwalten zu können. Die Modellstruktur wurde im Modul um das Untermodul *Maßnahmenmanager* erweitert. Dieses umfasst drei Sachdatentabellen: *Maßnahmenvariablen*, *Einzelmaßnahmen* und *Maßnahmenkombinationen* (Abbildung 7). In diesen Tabellen wird definiert, welche Variante von Eingangsdaten eine Einzelmaßnahme darstellt und welche Einzelmaßnahmen bei Maßnahmenkombinationen verwendet werden sollen. Dabei kann eine Einzelmaßnahme aus mehreren Maßnahmenvariablen bestehen. Die Ergebnisse der Rechenläufe mit unterschiedlichen Maßnahmen können nach der Modellierung miteinander verglichen werden.

Abbildung 7: Maßnahmenmanager in MoRE zur Modellierung mit Maßnahmen(kombinationen)



2.2.3 Modul „Validierung“

Zur Validierung der Ergebnisse aus der Eintragsmodellierung werden aus den modellierten Einträgen Gewässerfrachten abgeleitet. Diese werden beobachteten Gewässerfrachten gegenübergestellt, welche wiederum aus den im Gewässer gemessenen Abflüssen und Konzentrationen ermittelt sind.

Im Rahmen des Vorhabens wurden durch die Entwicklung des Moduls „Validierung“ die technischen Voraussetzungen zur Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten innerhalb von MoRE geschaffen und umgesetzt (Abschnitte 2.2.3.1 bis 2.2.3.3). Somit bietet MoRE dem Benutzer die Möglichkeit, Abfluss- und Konzentrationswerte aus den Fließgewässern in MoRE vorzuhalten und daraus beobachtete Gewässerfrachten zu berechnen.

Für die Validierung müssen die beobachteten mit den modellierten Gewässerfrachten verknüpft werden (Abschnitt 2.2.3.4). Nach der Berechnung können die modellierten Gewässerfrachten im Sinne der Modellvalidierung mit den beobachteten Gewässerfrachten verglichen werden (Abschnitt 2.2.3.4).

2.2.3.1 Aufbau und Inhalt des Moduls „Validierung“

Im Modul „Validierung“ sind die Daten, die durch die Länder (2013), Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (BfG 2013a) und das UBA (UBA 2013b) zur Verfügung gestellt wurden, hinterlegt:

- Messdaten von
 - Abflussmessstellen (Tagesabflüsse) und
 - Gütemessstellen (Konzentrationen)
- Metadaten zu den
 - Messstellen (Stammdaten, Zuordnungen der Abfluss- zu Gütemessstellen und Gütemessstellen zu Analysegebiet, Korrekturfaktoren zur Lage der Gütemessstellen gegenüber der zugehörigen Abflussmessstelle sowie gegenüber dem Auslass des Analysegebiets) und
 - Messungen (Bestimmungsgrenze (BG), Probenart, Beprobungsart, Mischprobendauer).

Die genannten Eingangsdaten und Metadaten werden in den neu angelegten Sachdatentabellen *Abflusspegel* und *Gütemessstellen* angezeigt (Abbildung 8).

Die Ergebnisse der Berechnungen beobachteter Gewässerfrachten werden in der Sachdatentabelle *Rechenläufe* abgelegt. Des Weiteren sind die Stoffe aufgeführt, zu denen Messdaten vorliegen und somit eine Berechnung der beobachteten Gewässerfracht durchgeführt werden kann.

Abbildung 9 zeigt beispielhaft die Inhalte der Sachdatentabelle zu Metadaten der Gütemessstellen. Die Erstellung neuer bzw. die Änderung bestehender Datensätze (Gütemessstellen und Abflusspegel) wird über die graphische Oberfläche von MoRE Developer durchgeführt. Stammdaten und Messwerte können derzeit jedoch noch nicht importiert werden.

Abbildung 8: Struktur des Moduls „Validierung“

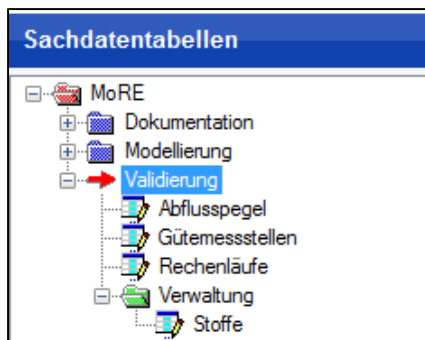


Abbildung 9: Metadatentabelle der Gütemessstellen im MoRE Validierungsmodul am Beispiel einer Messstelle in Baden Württemberg

Gütemessstelle: BW05	
01-Allgemein	
LAWA-Nummer	BW05
LAWA-Messstelle	ja
Landesnummer	CXX426
Gewässername	Rhein
Messstellenname	Mannheim/Rhein
Fläche Einzugsgebiet (km²)	54029
02-Analysegebiet	
Analysegebiet	Neckar von oh Eyach bis oh Starzel (ID 20176)
Faktor Analysegebiet	1.2
03-Lage	
Rechtswert	32460525.100
Hochwert	5481404.760
Koordinatensystem	ETRS_1989_UTM_Zone_32N

2.2.3.2 Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten

Für die Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten wird auf die vorliegenden Datensätze zurückgegriffen. Dabei besteht die Möglichkeit, mithilfe von Filtern im MoRE Developer gezielt auf die benötigten Datensätze zuzugreifen und die Berechnungen der beobachteten Gewässerfrachten bspw. für ausgewählte Stoffe und Gütemessstellen auszuführen. Nach vorgenommener Auswahl kann die eigentliche Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten über die Sonderfunktion *Frachtberechnung* in der Sachdatentabelle *Gütemessstellen* erfolgen.

Die Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten erfolgt anhand der etablierten BfG-Methode (BfG 2013b), die im Rahmen des IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe) Sedimentmanagement verwendet wird. Diese wurde ursprünglich für die prioritären Stoffe erarbeitet, und kann für die Probenart „Gesamtprobe“ und für „Einzelprobe“ oder „Mischprobe“ angewandt werden. Die Gleichung wurde zur Berechnung der Gewässerfrachten an den Auslässen der AU und zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Lage von Abflusspegeln und Gütemessstellen mithilfe von Korrekturfaktoren angepasst.

2.2.3.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Frachtberechnung liegen im Validierungsmodul in vier Untertabellen des Strukturfensters vor:

- *Ergebnisse Gütemessstellen:* hier werden die beobachteten Frachten nach Gütemessstelle, Jahr und Stoff gegliedert angezeigt,
- *Ergebnisse AU nach Jahr:* hier werden die beobachteten Frachten über eine eindeutige Zuweisung der Gütemessstellen zu den AU auf die AU-Auslässe übertragen und nach AU, Jahr und Stoff gegliedert angezeigt,
- *Ergebnisse AU nach Bilanzzeitraum:* hier werden die beobachteten Frachten nach AU und Stoff gegliedert als Mittelwert für den Bilanzzeitraum angezeigt,
- *Fehlermeldungen:* da die vorliegenden Güte- und Abflussdaten teilweise lückenhaft sind und die Frachtberechnung somit bspw. nicht für alle in einem Jahr

vorhandenen Gütemessstellen durchgeführt werden kann, können folgende Meldungen auftreten:

- fehlende Abflussmessungen für die Tage mit Gütemessungen
- fehlende Metadaten:
 - fehlende Umrechnungsfaktoren bei den Abflusspegeln
 - fehlende Zuordnung des Abflusspegels zur Gütemessstelle.

2.2.3.4 Validierung der Ergebnisse

Nachdem die beobachteten Gewässerfrachten mit dem Validierungsmodul berechnet und unter der Sachdatentabelle Rechenläufe abgelegt wurden, werden sie den modellierten Gewässerfrachten in MoRE gegenübergestellt. Für diesen Vergleich werden die Stoffe aus dem Modul „Validierung“ den entsprechenden Variablen aus dem Modul „Modellierung“, die die modellierten Gewässerfrachten darstellen, zugewiesen (Abbildung 10). Durch diese Funktionalität kann ein Vergleich der modellierten mit den beobachteten Gewässerfrachten durchgeführt werden.

Abbildung 10: Stoffe im Modul Validierung und deren entsprechende Variablen aus dem Modul Modellierung

Validierung > Verwaltung > Stoffe			
	Stoffname	CAS-Nr	Variable berechnet
	Zink	7440-66-6	RM_RL_mod_FNE_split_HM_ZN (Zink-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Blei	7439-92-1	RM_RL_mod_FNE_split_HM_PB (Blei-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Nickel	7440-02-0	RM_RL_mod_FNE_split_HM_NI (Nickel-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Quecksilber	7439-97-6	RM_RL_mod_FNE_split_HM_HG (Quecksilber-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Kupfer	7440-50-8	RM_RL_mod_FNE_split_HM_CU (Kupfer-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Chrom	7440-47-3	RM_RL_mod_FNE_split_HM_CR (Chrom-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Cadmium	7440-43-9	RM_RL_mod_FNE_split_HM_CD (Cadmium-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Arsen	7440-38-2	RM_RL_mod_FNE_split_HM_AS (Arsen-Gewässerfrachten, aufsummiert entlang des Abflussbaumes)
	Phosphor gesamt		RM_RL_Lcalc_P (Phosphor-Gewässerfracht im Analysegebiet (Retention))
	Stickstoff gesamt		RM_RL_Lcalc_N (Stickstoff-Gewässerfracht im Analysegebiet (Retention))
	Ammonium-Sticks	14798-03-9	

Statistische Güteparameter wie die systematische Abweichung (BIAS), die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (RMSE) sowie der Modelleffizienzkoeffizient nach Nash-Sutcliffe müssen derzeit noch außerhalb von MoRE bspw. über R¹ ermittelt werden.

2.3 Vorteile des MoRE-Systems

Der hauptsächliche Vorteil von MoRE liegt in der Art und Weise der Umsetzung des Werkzeuges. Die Software ist so programmiert, dass für die Arbeit mit MoRE keine Programmierkenntnisse notwendig sind. Der Benutzer kann neue Eingangsdaten (u. a. andere Einzugsgebiete) und Berechnungsansätze ohne großen Aufwand in MoRE einbinden und deren Auswirkungen auf die Modellergebnisse testen. Dies ist der Einbindung eines generischen Rechenkerns zuzuschreiben. Dieser liest während eines Rechenlaufs (Modellierung) die definierten Eingangsdaten (und deren Varianten) aus der PostgreSQL-

¹ R ist eine freie Programmiersprache für statistische Berechnungen und die Erstellung von Graphiken (<https://www.r-project.org/>)

Datenbank und führt die Berechnungen gemäß den zugrundeliegenden Modellierungsansätzen (empirischen Gleichungen) aus. Da der Rechenkern keine Formeln enthält, sondern lediglich die logische Struktur der Datenbank, muss er nicht an Veränderungen neuer Rechenalgorithmen angepasst werden, so lange die logische Datenbankstruktur beibehalten wird.

Derzeit werden in MoRE die Bilanzgrößen Wasserbilanz, Einträge in die Gewässer, Gewässerfrachten und Kosten modelliert. Dabei ist es möglich, die jeweiligen Bilanzgrößen für die AU getrennt zu berechnen oder entlang eines definierten Abflussbaumes zu addieren. Weitere Bilanzgrößen können bei gegebener Datenlage ohne großen Aufwand hinzugefügt werden. Das beschriebene Stoffspektrum kann, entsprechend der Datenverfügbarkeit, vom Nutzer erweitert werden.

Aufgrund seiner hohen Performance ist MoRE gut dafür geeignet, die für die Aufgaben der Berichterstattung benötigten Daten zu verarbeiten und die geforderten Ergebnisse zu erzeugen. Dies betrifft insbesondere die Grundlagendaten, Eingangsdaten und Ergebnisse sowie die Berechnungsansätze. Aufgrund der implementierten Dokumentation der Daten, Ansätze und Ergebnisse ist eine gute Nachvollziehbarkeit und spätere Reproduktion der Ergebnisse gegeben. Das ist besonders für Berichterstattungsprozesse und die Ausweisung von Maßnahmen zur Eintragsreduzierung wichtig und unabdingbar.

3 Anpassung der Eingangsdaten und Modellierungsansätze und Darstellung der Ergebnisse

Eine wesentliche Aufgabe des Vorhabens war mit Blick auf die Verbesserung der Aussagefähigkeit der Modellergebnisse des bundeseinheitlichen Modellinstrumentes MoRE, die Prüfung und Integration verbesserter Eingangsdaten und Modellierungsansätze. Ziel war daher einerseits die Verfügbarkeit höher räumlich und zeitlich aufgelöster Eingangsdaten und deren Auswirkungen auf die Modellergebnisse zu prüfen. Eingangsdaten, die einen Gewinn für die Aussagefähigkeit der Ergebnisse darstellen, waren in MoRE zu integrieren. Andererseits war es Ziel, die bisher verwendeten Modellansätze im Vergleich zu weiteren methodischen Ansätzen zu prüfen und mögliche Verbesserungen in das Modell zu integrieren. Wichtiges Kriterium für die Auswahl und die Entscheidung über eine Übernahme in MoRE war die Frage, ob die Daten und Ansätze in der räumlichen Auflösung zum MoRE-Konzept passen und ob die für einen methodischen Ansatz notwendigen Daten bundesweit in guter Qualität und längerfristig verfügbar sind.

Zur Sichtung der verfügbaren und verwendeten methodischen Ansätze und Eingangsdaten wurden im Wesentlichen die veröffentlichten BWP und MP der Länder herangezogen und die Informationen systematisch ausgewertet. Bei der Erstellung der ersten BWP und MP wurden von den Ländern und Flussgebietsgemeinschaften teilweise eigene sehr komplexe Werkzeuge zur Quantifizierung der Stoffeinträge entwickelt und verwendet. Für die Nährstoffbilanzierung wurde häufig das Modell MONERIS (Behrendt et al. 1999) verwendet. Individuell wurden allerdings teilweise verschiedene Anpassungen dieses Werkzeuges vorgenommen, um spezifische in der Regel höher aufgelöste Eingangsdaten und Besonderheiten der Topographie oder Landnutzung sachgerecht abbilden zu können. Weitere Modelle, die zur Eintragsmodellierung verwendet wurden, sind insbesondere: MEPhos (Tetzlaff; 2006 2006), STOFFBILANZ (Gebel et al. 2012), MOBINEG (Kubiniok et al. 2005) sowie der Modellverbund RAUMIS/GROWA/DENUZ/WEKU/MEPhos (Heidecke et al. 2014; Kreins et al. 2010).

Eine wesentliche Erkenntnis dieser Auswertung ist, dass die meisten Modelle lediglich die Einträge von Nährstoffen modellieren. Angaben zu Schadstoffen fehlen häufig in den BWP. Das Modellinstrument MoRE modelliert neben Schwermetall-Einträgen auch den Summenparameter PAK_{16} . Darüber hinaus wurden im Rahmen zweier Vorhaben weitere prioritäre Stoffe wie die Pflanzenschutzmittel Isoproturon und Diuron und der Weichmacher DEHP (Fuchs et al. 2013b) sowie Nonylphenol und einzelne Arzneistoffe (Hillenbrand et al. 2014) in die bundesweite Modellierung aufgenommen.

Die Modelle der Länder und FGGen unterscheiden sich zudem in ihrer räumlichen Bezugsgröße. Teilweise sind sie für die Modellierung auf Basis natürlicher (und unterschiedlich großer) Einzugsgebiete konzipiert, teilweise modellieren sie rasterbasiert.

Unter Berücksichtigung der einleitend genannten Kriterien, der Ergebnisse themenspezifischer Diskussionen mit Expertengruppen und in Abstimmung mit dem B/L AK Stoffeintragsmodellierung sollte bei den bisher verwendeten Eingangsdaten und methodischen Ansätzen der folgenden Eingangsdaten und Eintragspfade ein Anpassungsbedarf geprüft werden:

- Eingangsdatum: Landnutzung (Abschnitt 3.1)
- Eingangsdatum atmosphärische Deposition (Abschnitt 3.2)
- Eingangsdatum Stickstoff-Überschüsse (Abschnitt 3.3)
- Eintragspfad kommunale Kläranlagen (Abschnitt 3.4)

- Eintragspfad Kanalisationssysteme (Abschnitt 3.5)
- Eintragspfad Erosion (Abschnitt 3.6)
- Eintragspfad Dränagen (Abschnitt 3.7)
- Eintragspfad Grundasser (Abschnitt 3.8)

Neben den eintragspfadspezifischen Modelleingangsdaten werden einzelne Datensätze pfadübergreifend verwendet. Das betrifft bspw. den Datensatz zur Beschreibung der Landnutzung. Für den aktuell verwendeten Datensatz wurde ebenfalls geprüft, ob alternative Datensätze vorliegen, diese für eine Übernahme in das Modell geeignet sind und sich die Modellaussage durch deren Verwendung verbessert. Die Ergebnisse dieser Prüfung sind in Abschnitt 3.1 dargestellt.

In den Abschnitten 3.2 bis 3.8 werden die weiteren bisher verwendeten Eingangsdaten und Modellierungsansätze dargestellt sowie die durchgeführten Anpassungen erläutert.

Die Ergebnisse der Modellierung mit den angepassten Varianten von Eingangsdaten und Ansätzen werden in den einzelnen Abschnitten exemplarisch für das Jahr 2010 dargestellt. Dieses Jahr spiegelt die mittleren hydrologischen Verhältnisse gut wider. Es erfolgt eine Gegenüberstellung der neuen und bisherigen Modellierungsergebnisse der einzelnen Eintragspfade und eine Aussage über die Auswirkung in Bezug auf die Gesamteinträge - bei ansonsten unveränderten Eingangsdaten und Ansätzen in den anderen Eintragspfaden.

3.1 Eingangsdatum Landnutzung

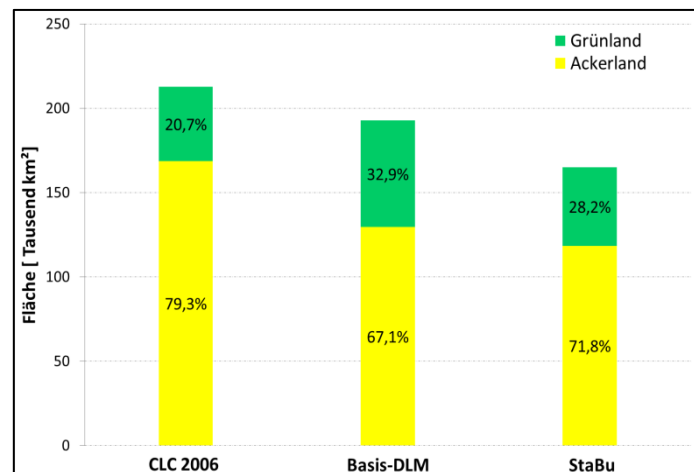
Es gibt verschiedene Landnutzungsdatensätze, die von nationalen und internationalen Behörden bereitgestellt werden.

Bislang wurde der europaweit verfügbare Raster-Datensatz Corine Landcover (CLC) 2006 von EEA (2013a) für die Eintragsmodellierung verwendet, da dadurch eine homogene Datenbasis sowohl für Deutschland als auch die ausländischen Gebietsteile internationaler Flusseinzugsgebiete zur Verfügung steht. Im Rahmen eines FuE Vorhabens (Fuchs et al. 2012) wurde dieser Datensatz mit dem nur für Deutschland verfügbaren Landnutzungsdatensatz Basis-DLM (Digitales Landschaftsmodell) vom Bundesamt für Kartographie (BKG) (BKG 2010a) verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass die urbane Fläche aus den beiden Datensätzen in der Summe für Deutschland gut übereinstimmt. Zur Plausibilisierung der Landnutzungs-Datensätze wurden Daten zu den Siedlungsflächen des Statistischen Bundesamtes (StaBu) herangezogen. Die statistischen Daten gelten als verlässlich, liegen jedoch auf Ebene von Gemeinden und somit nicht räumlich differenziert vor. Bezogen auf den Anteil der ausgewiesenen Siedlungsflächen beträgt die Abweichung zu den statistischen Daten ca. -1,8 % für den CLC2006-Datensatz und ca. +2,8 % für den Basis DLM-Datensatz, was auf eine gute Qualität der räumlich differenzierten Datensätze schließen lässt.

Anders sieht es hingegen bei den landwirtschaftlichen Flächen aus. Hier gibt es sowohl bei der gesamten landwirtschaftlichen Nutzfläche als auch bei deren Aufteilung in Acker- und Grünland deutliche Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Datensätzen. Die landwirtschaftliche Nutzfläche insgesamt und die Ackerfläche im Speziellen sind im Datensatz CLC2006 im Mittel für Deutschland deutlich höher als im Datensatz Basis-DLM (10 % bzw. 30 %). Die Grünlandfläche ist nach CLC2006 um 30 % niedriger als im Basis-DLM. Auch für die landwirtschaftlichen Flächen wurden statistische Daten vom StaBu (2011a) herangezogen. Dabei ist festzustellen, dass die statistischen Daten deutlich geringere Flächenanteile ausweisen als CLC2006 und Basis-DLM (-22 % bzw. -14 %). Da die

Abweichungen von Basis-DLM zu den statistischen Daten geringer ausfallen als bei CLC2006 (sowohl in der Gesamtfläche als auch in deren Aufteilung auf Ackerland und Grünland), deutet der Vergleich auf eine bessere Abbildung der landwirtschaftlichen Nutzflächen durch den Datensatz Basis-DLM hin. Detaillierte Informationen sind Abbildung 11 sowie dem Bericht von Fuchs et al. (2012) zu entnehmen.

Abbildung 11: Absolute Flächen von Acker- und Grünland sowie relative Anteile im Mittel für Deutschland anhand der Datensätze CLC2006, Basis-DLM und StaBu (aus Fuchs et al. 2012)



Trotz der besseren Abbildung der landwirtschaftlichen Flächen im Basis-DLM wurde das Eingangsdatum Landnutzung im Rahmen des Vorhabens nicht angepasst und weiterhin CLC2006 verwendet. Dieses Vorgehen hat insbesondere zwei Gründe:

- Der Datensatz CLC2006 steht im Gegensatz zum Basis-DLM europaweit und somit für alle zu modellierenden auch internationalen Flusseinzugsgebiete zur Verfügung. Durch seine Verwendung liegt ein homogener Datensatz zur Landnutzung vor.
- Der Bodenabtrag wurde im Vorfeld des Vorhabens auf Basis von CLC2006 erstellt und konnte im Rahmen des Vorhabens nicht mehr neu berechnet werden. Durch die Verwendung eines anderen Datensatzes für die Abbildung weiterer Eintragspfade würde die Aussagekraft der Modellierungsergebnisse deutlich vermindert.

Für die weiteren Arbeiten zur Stoffeintragsmodellierung wird jedoch prinzipiell empfohlen, den nur für Deutschland vorliegenden Datensatz Basis-DLM zu verwenden. Inwieweit sich die inhomogene Datenbasis bei den Ergebnissen und deren Verlässlichkeit niederschlägt, kann derzeit nicht abgeschätzt werden. Um eine homogene Datenbasis herzustellen, sollte die Eignung des derzeit noch nicht fertig gestellten Datensatzes CLC2012 geprüft werden.

Grundsätzlich wird für die Berechnung in MoRE derzeit der Landnutzungsdatensatz CLC2006 beibehalten. Für einzelne Arbeitsschritte wurde allerdings der Datensatz Basis-DLM zur Übertragung einzelner statistische Daten auf die AU verwendet. Dies betrifft die Einträge von Kläranlagen < 2.000 EW (Nominalbelastung) sowie alle statistischen Daten zu Entwässerungssystemen. Weitere Details dazu finden sich in den Abschnitten 3.4 und 3.5.

3.2 Eingangsdatum Atmosphärische Depositionsrates

Die atmosphärische Depositionsrates beeinflusst grundsätzlich jeden Eintragspfad. In MoRE fließt sie direkt derzeit jedoch nur stoffübergreifend beim Eintragspfad „atmosphärische

Deposition auf die Gewässerflächen“ sowie spezifisch für Stickstoff bei der Berechnung der Stoff-Überschüsse im Oberboden ein.

In MoRE wird für die Modellierung der Einträge über atmosphärische Deposition auf die Gewässerflächen der europaweit verfügbare Datensatz von EMEP/MSC-West (2013) bzw. EMEP/MSC-East (2013) zur atmosphärischen Depositionsrate verwendet. Dieser liegt in einem Raster von 50 km x 50 km für Stickstoff, Cadmium, Quecksilber, Blei und Benzo(a)pyren vor und wird jahresweise fortgeschrieben. Für die Schwermetalle Kupfer, Nickel und Zink wurden die Depositionsraten für alle AU anhand der Daten der deutschen und benachbarten ausländischen Messstationen über die Schwermetallkonzentration im Niederschlag, die Schwermetallkonzentration in der Luft PM10-Feinstaub und die jährliche Niederschlagssumme für denselben Zeitraum berechnet (BMU 2002; EMEP/NILU 2012; Fuchs et al. 2014a). Unter Berücksichtigung der Berechnungsergebnisse für die deutschen und benachbarten ausländischen Messstationen wurden die Depositionsraten über den gesamten deutschen Raum durch die Ordinary-Kriging-Methode interpoliert. Für Phosphor und Chrom wird aufgrund mangelnder Datensätze zur regionalen Verteilung ein konstanter Wert für alle AU verwendet.

Daneben gibt es den Datensatz MAPESI (Bultjes et al. 2011), der lediglich für Deutschland verfügbar ist. Dessen räumliche Auflösung ist zwar mit 1 km x 1 km deutlich höher, er ist jedoch für die Jahre ab 2008 nicht verfügbar. Dieser Datensatz für das Jahr 2008 wurde aufgrund seiner räumlich deutlich höheren Auflösung bei der Berechnung der N-Überschüsse durch Bach et al. (2014) verwendet. Dies stellt in gewissem Sinne eine Inhomogenität dar. Nichtsdestotrotz wurden zwei verschiedene Datensätze aus den erläuterten Gründen verwendet.

Die Depositionsraten von MAPESI und EMEP unterscheiden sich gravierend. Sicherlich ist der Datensatz MAPESI gegenüber dem Datensatz EMEP aufgrund der höheren Auflösung zu bevorzugen. Solange jedoch nicht sichergestellt ist, dass und in welchem Umfang er fortgeführt wird, wird er in der bundesweiten Modellierung mit MoRE für die Eintragsberechnung im Pfad „atmosphärische Deposition auf die Gewässerflächen“ nicht verwendet.

3.3 Eingangsdatum N-Überschüsse

Die N-Überschüsse auf der landwirtschaftlichen Nutzfläche durch Mineraldünger, Wirtschaftsdünger und atmosphärische Deposition sind eine der wichtigsten Eingangsgrößen für die Quantifizierung der Stickstoffeinträge aus der Landwirtschaft über die Pfade „Dränagen“ und „Grundwasser“ in die Gewässer. Sie sind Eingangsdatum für das MoRE-Modell und werden im Präprozessing erzeugt. Für die Modellierung mit MoRE werden die N-Überschüsse auf Ebene der Kreise und der kreisfreien Städte für Deutschland von Bach et al. (2014) ermittelt. Das methodische Vorgehen und die verwendeten Eingangsdaten sind ausführlich dokumentiert (s. Anhang 10.7). Im Rahmen dieses Vorhabens wurden die N-Überschüsse von den Kreisen auf die AU anhand einer neuen Methode übertragen. Die bisherige Übertragung sowie die neue Methodik zur Übertragung sind in den Abschnitten 3.3.1 und 3.3.2 erläutert. Die erzeugten Ergebnisse werden in Abschnitt 3.3.3 dargestellt und diskutiert.

3.3.1 Bisherige Übertragung der N-Überschüsse auf die Analysegebiete

Die N-Überschüsse für die Kreise und kreisfreien Städte der Einzeljahre 2006-2011 von Bach et al. (2014) wurden auf die AU übertragen, indem die Vektordaten (Polygon) der Kreise in eine Rasterdatei mit der Auflösung von 100 m x 100 m umgewandelt wurde. Die

Rasterwerte innerhalb eines AU wurden gemittelt. D.h. bislang wurden die N-Überschüsse flächengewichtet als mittlere N-Überschüsse pro ha landwirtschaftliche Nutzfläche übertragen. Da in MoRE der Datensatz CLC2006 (EEA 2013a) für die landwirtschaftlichen Nutzflächen (21 Mio ha) verwendet wird, der mehr Flächen aufweist als die von Bach et al. (2014) verwendeten statistischen Daten (16 Mio ha), resultiert eine Überschätzung der absoluten N-Überschüsse (in kg) für Deutschland. Aus diesem Grund wurde eine neue Vorgehensweise für die Übertragung der Daten von den Kreisen auf die AU gewählt.

3.3.2 Neues methodisches Vorgehen

In dem neuen methodischen Vorgehen wurden die N-Überschüsse anhand der Lage landwirtschaftlicher Nutzflächen innerhalb der AU übertragen. Bach et al. (2014) verwenden für die Ableitung der Größe der landwirtschaftlichen Nutzfläche auf Kreisebene statistische Daten. Basisgröße für die Übertragung der N-Überschüsse auf die AU ist der Datensatz CLC2006 (EEA 2013a), der in MoRE der Flächenbilanz zugrunde liegt. Zunächst wurden die N-Überschüsse, die in kg pro ha landwirtschaftliche Nutzfläche vorliegen, anhand der statistischen Daten auf Kreisebene (s. Bach et al. 2014) in absolute N-Überschüsse (in kg) umgerechnet. Über die Verschneidung der Vektordatensätze zu den landwirtschaftlichen Flächen nach CLC2006, den Kreisen und den AU wurden die gemeinsamen Schnittflächen berechnet. Deren Größe (in ha) wird mit der jeweiligen CLC-landwirtschaftlichen Nutzfläche der Kreise ins Verhältnis gesetzt, um einen spezifischen Übertragungsfaktor zu ermitteln. Die absoluten N-Überschüsse wurden dann mittels Übertragungsfaktor in Beziehung gesetzt zu den CLC-landwirtschaftlichen Nutzflächen der AU.

Ziel der neuen Übertragungsmethode besteht einerseits darin, im Hinblick auf die Konsistenz der verwendeten Informationen eine einheitliche Landnutzungsinformation zu verwenden. Andererseits weisen die von Bach et al. (2014) verwendeten statistischen Daten mit 16 Mio ha eine deutlich geringere landwirtschaftliche Nutzfläche aus als nach CLC2006 (21 Mio ha). Daher würde sich rein rechnerisch ein im Mittel ca. 20 % höherer absoluter N-Überschuss (in kg) für die landwirtschaftlichen Flächen in Deutschland ergeben, wenn die spezifischen N-Überschüsse mit den landwirtschaftlichen Nutzflächen nach CLC2006 multipliziert werden. Um diesen Überschätzungsfehler zu vermeiden, wurde das neue methodische Vorgehen gewählt. Bei ihm werden die absoluten N-Überschüsse auf die AU verteilt, sodass für einzelne AU niedrigere flächenspezifische N-Überschüsse resultieren. In der Summe werden aber die N-Einträge realitätsnäher abgebildet.

3.3.3 Ergebnisse

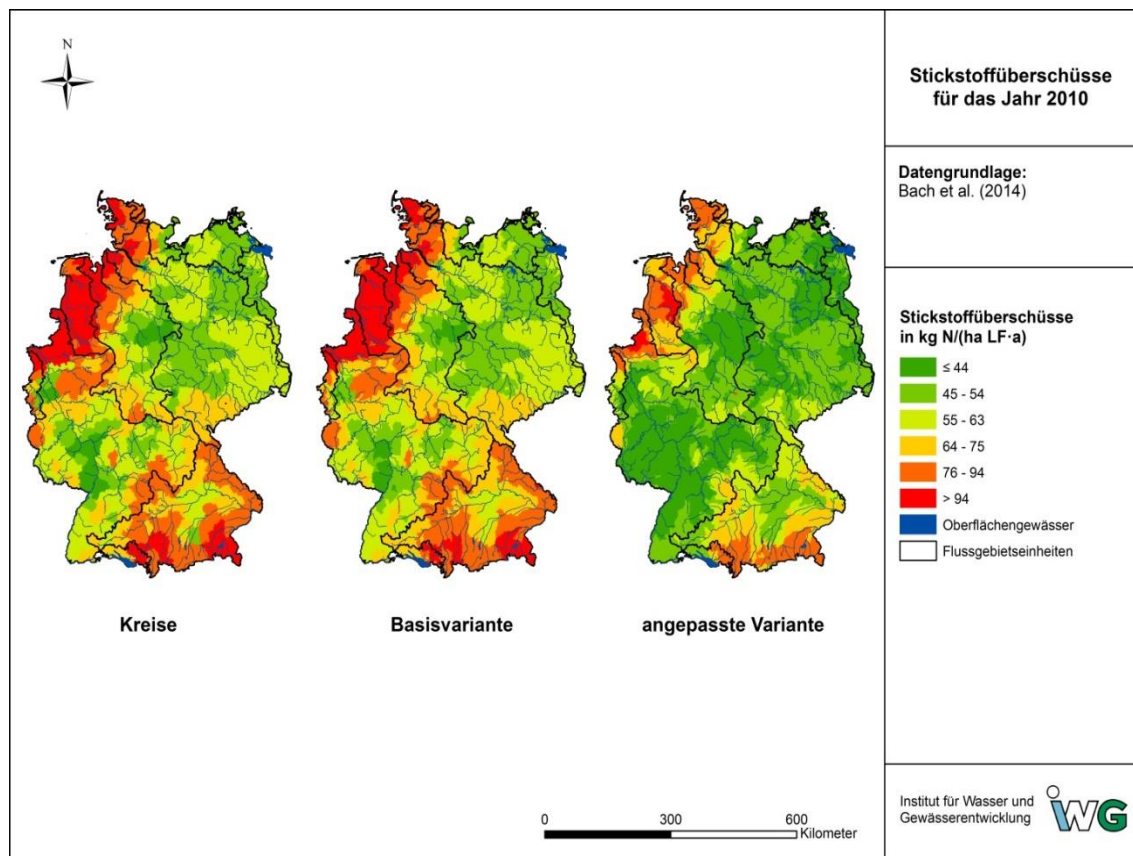
Abbildung 12 zeigt das Ergebnis der Übertragung anhand der landwirtschaftlichen Nutzflächen von CLC2006 im Direktvergleich zu den Eingangsdaten auf Kreisebene. Hieraus geht hervor, dass der mittlere N-Überschuss auf Ebene der AU niedriger ist als auf Ebene der Kreise und kreisfreien Städte. Zudem ist ersichtlich, dass der mittlere N-Überschuss pro AU nach der angepassten Übertragungsmethode niedriger liegt als bei der früher verwendeten Methode (Basisvariante). Beide Phänomene sind der Verwendung der unterschiedlichen Datensätzen zur Ableitung der Größe der landwirtschaftlichen Flächen zuzuschreiben, auf die spezifischen N-Überschüsse bezogen werden (s. Abschnitt oben).

Wie oben schon erwähnt, werden durch die neue Übertragungsmethodik die mittleren N-Überschüsse pro Gebiet als Eingangsdatum zwar rechnerisch heruntergesetzt, dafür basieren aber die Stickstoff-Einträge über Dränagen auf die tatsächlichen absoluten N-Überschüsse in Deutschland und werden realitätsnäher in der Modellierung abgebildet.

Die Änderung der N-Überschüsse betrifft direkt den Eintragspfad „Dränagen“, indem die berechneten N-Konzentrationen im Abfluss von dränierten Acker- und Grasland niedriger werden und entsprechend auch die Einträge. Die Auswirkung der angepassten N-Überschüsse auf den Eintragspfad „Grundwasser“ sind marginal, da der N-Überschuss im aktuellen Berechnungsjahr kaum eine Rolle spielt. Dort ist der langjährige mittlere N-Überschuss während der Grundwasseraufenthaltszeit die wesentliche Einflussgröße. Zukünftig müssen die alten Überschüsse in dem Zeitraum vor 2005 auch nach der neuen Methodik übertragen werden, so dass die Daten zumindest in Hinsicht auf die Übertragung homogen sind.

Die angepasste Variante der N-Überschüsse wurden im Rahmen des Vorhabens in ihrer Auswirkung zusammen mit den Änderungen bei den Ansätze für die Berechnung der Stickstoffeinträge über Dränagen untersucht (s. folgender Abschnitt 3.7).

Abbildung 12: Vergleich der Stickstoff-Überschüsse auf Ebene der Kreise und nach der Übertragung auf die Analysegebiete im Jahr 2010 in Deutschland



3.3.4 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Für die bundeseinheitliche Modellierung wird empfohlen weiterhin die N-Überschüsse im Präprozessing auf Ebene der Kreise und der kreisfreien Städten zu berechnen. Unabhängig von den Bilanzebenen (Kreise oder Gemeinden) ist die Summe der N-Bilanzen der BL mit der Summe von Deutschland (+/- 1-2 % Abweichung) vergleichbar, der Aufwand für die Berechnung der N-Überschüsse auf Gemeindeebene ist aber in Bezug auf die bundesweit verfügbaren Daten mit einem überproportional hohen Aufwand verbunden. Darüber hinaus wurde auf dem im Rahmen des Projektes durchgeführten Expertenworkshop festgehalten, dass nicht die Methodik zur Abschätzung der N-Überschüsse die kritische Größe ist, sondern

die verfügbaren und verwendeten Datengrundlagen. Die Berechnungsmethoden, die auf agrarstatistische Daten basieren, zeigen kaum Unterschiede auf.

Die entwickelte Vorgehensweise zur Übertragung der N-Überschüsse von den Kreisen bzw. kreisfreien Städten auf die AU ist zu empfehlen, damit die Stickstoffeinträge über Dränagen realitätsnäher abgebildet werden und keine Überschätzung der Relevanz von diesem Eintragspfad resultiert. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise ist, dass bei Betrachtung der in MoRE als Zwischenergebnisse ausgegebenen N-Konzentrationen im Abfluss von dräniertem Acker- und Grünland unterschätzt werden. Durch einen realitätsnäheren Landnutzungsdatensatz würde diese Inkonsistenz beseitigt (vgl. dazu Abschnitt 3.1).

3.4 Eintragspfad kommunale Kläranlagen

Im Folgenden wird die Modellierung der Stoffeinträge über den Eintragspfad Kommunale Kläranlagen bisher (Abschnitt 3.4.1) und nach der neuen Vorgehensweise (Abschnitt 0) dargestellt.

3.4.1 Bisherige Modellierung der Einträge über kommunale Kläranlagen

Bislang erfolgte die Modellierung der Einträge über kommunale Kläranlagen nach der Methode von Fuchs et al. (2010a) und Fuchs et al. (2014a) auf Ebene der AU. Die notwendigen Eingangsdaten wurden im Präprozessing aufbereitet. Dabei handelt es sich zunächst um das allgemeine Eingangsdatum „Jahresabwassermenge“ (Abschnitt 3.4.1.1). Die notwendigen stoffspezifischen Eingangsdaten waren bisher die Stofffrachten (Stickstoff und Phosphor) (Abschnitt 3.4.1.2) und die Ablaufkonzentrationen (Schwermetalle und PAK) (Abschnitte 3.4.1.3 bis 3.4.1.4). Bei der Datenaufbereitung wurden kommunale Kläranlagen größenklassenspezifisch nach der Nominalbelastung (tatsächlich behandelte Abwassermenge) in EW unterteilt, wobei die Grenze auf die Kläranlagen ≥ 2.000 EW und < 2.000 EW gelegt wurde.

3.4.1.1 Jahresabwassermenge

Für den Eintragspfad „Kommunale Kläranlagen“ ist die Jahresabwassermenge die Größe, die den Stoffeintrag unmittelbar beeinflusst. Diese wurde je nach Kläranlagengröße anhand unterschiedlicher Quellen abgeleitet.

Für die Abwassermenge der kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW wurden die Daten der Länder für die Berichterstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie (UBA 2013c) der Berichtsjahre 2008 und 2010 verwendet. Der Datensatz liefert eine punktgenaue Information über die Lage der kommunalen Kläranlagen und ihre Einleitstellen. So wurden die Jahresabwassermengen lagegetreu auf die AU übertragen. Auf AU-Ebene wurden für die Jahre 2006 und 2007 die Werte aus dem Jahr 2008 übernommen, für das Jahr 2009 wurde der Mittelwert der Jahre 2008 und 2010 verwendet und für das Jahr 2011 wurden die Werte aus dem Jahr 2010 übernommen.

Daten zur Jahresabwassermenge aller kommunalen Kläranlagen in Deutschland liegen in der „Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung, Merkmal Abwasserbehandlungsanlage“ des Forschungsdatenzentrums der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) für das Jahr 2007 und 2010 vor (FDZ 2012, 2013a). Diese Statistik wurde genutzt, um den Datensatz aus der Berichterstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie (≥ 2.000 EW) mit den Daten aus den Anlagen > 50 bis < 2.000 EW (Nominalbelastung) zu ergänzen. Aus Datenschutzgründen dürfen die Daten der Einzelanlagen jedoch nur in aggregierter Form

veröffentlicht werden. Deswegen wurden die Daten der Anlagen auf Gemeindeebene der Einleitstelle aggregiert. Das Ergebnis wurde mit den AU verschnitten und flächengewichtet auf diese übertragen.

Da die Daten des FDZ neben 2010 nur für 2007 vorliegen, wurden die Werte für das Jahr 2006 aus dem Jahr 2007 übernommen, die Jahre 2008 und 2009 wurden linear interpoliert aus den Werten für 2007 und 2010. Für das Jahr 2011 wurden die Werte aus dem Jahr 2010 übernommen.

3.4.1.2 Nährstofffrachten im Kläranlagenablauf

Die Quantifizierung der Nährstoffeinträge aus kommunalen Kläranlagen basierte bisher (Basisvariante) auf den Nährstofffrachten im Kläranlagenablauf. Diese waren gleichzeitig Eingangsdatum und Endergebnis für die Modellierung. Analog zu den Jahresabwassermengen (s. Abschnitt 3.4.1.1) wurden die Nährstoffeinträge kommunaler Kläranlagen in die Gewässer in Abhängigkeit von der Nominalbelastung in zwei getrennten Datensätzen ermittelt.

Für die kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW Nominalbelastung wurden die Daten aus der Kommunalabwasserrichtlinie (UBA 2013c) für die Berichtsjahre 2008 und 2010 verwendet. Die Stickstoff- und Phosphorfrachten im Kläranlagenablauf werden für alle Kläranlagen ≥ 2.000 EW Nominalbelastung berichtet, sodass diese im Präprozessing auf die AU übertragen werden konnten. Für die kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW Nominalbelastung wurden die Daten aus der Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung für das Jahr 2007 und für 2010 (FDZ 2012, 2013a) verwendet. Die Daten wurden auf Gemeindeebene aggregiert, mit den AU verschnitten und flächengewichtet auf diese übertragen.

Die Ableitung der Eingangsdaten für die fehlenden Jahre erfolgte analog zur Vorgehensweise bei den Jahresabwassermengen (s. Abschnitt 3.4.1.1).

3.4.1.3 Konzentration von Schwermetallen im Kläranlagenablauf

Die Quantifizierung der Schwermetalleinträge aus kommunalen Kläranlagen basiert auf der behandelten Abwassermenge und den Schwermetallkonzentrationen im Kläranlagenablauf.

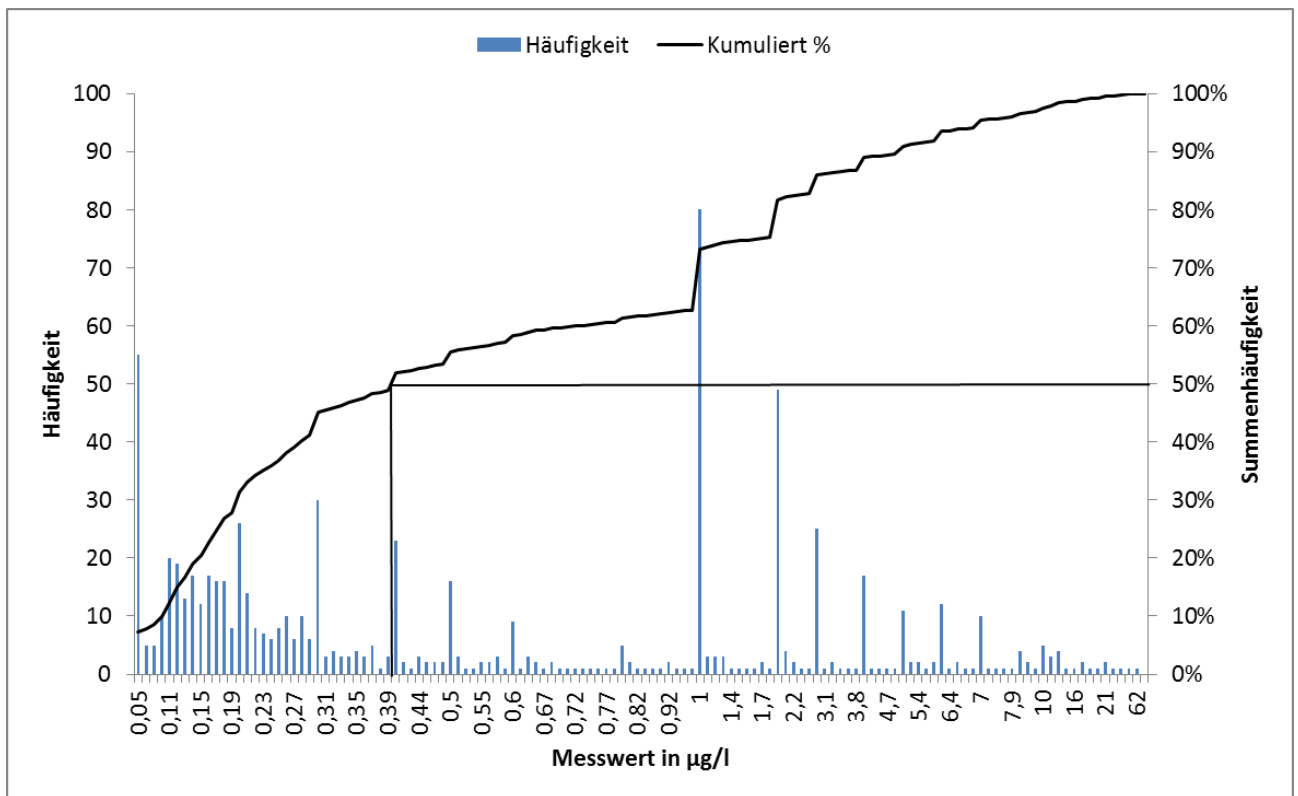
Im Rahmen der Arbeiten zur Durchführung der ersten Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste nach Art 5 der Richtlinie 2008/105/EG (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union 2008a) bzw. § 4 der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) (BMJV 2011) stellten einige Länder aktuelle Daten zu Konzentrationen prioritärer Stoffe, u.a. prioritäre Schwermetalle (Hg, Cd, Ni, Pb), in Abläufen von kommunalen Kläranlagen und in Klärschlämmen zur Verfügung (UBA 2015). Diese Daten wurden überwiegend im Rahmen von Sondermessprogrammen erhoben. Die Daten wurden in einer Datenbank zusammengefasst und vom IWG-SWW ausgewertet.

Die Auswertung der Daten zeigte, dass die analytische BG große Auswirkung auf die Berechnung der mittleren Ablaufkonzentrationen hat, da bei der Frachtermittlung Messwerte kleiner der analytischen BG mit dem halben Wert der BG berücksichtigt werden. Nun stellt sich das Problem, dass je höher die verwendete analytische BG ist, umso höher liegen die statistischen Kenngrößen Median und Mittelwert eines Datenkollektivs. Darüber hinaus wird bei Verwendung wenig sensitiver analytischer Verfahrenen in der Regel auch ein großer Anteil an Messwerten unterhalb der BG erzeugt (Dimitrova 2011). Dies führt in der Auswertung rechnerisch zu mittleren Ablaufkonzentrationen, die deutlich über den realen Werten liegen.

Um die Qualität der ermittelten Konzentrationen zu gewährleisten, wurden bei der Auswahl des Datenkollektives Qualitätskriterien angewendet.

Als erstes Kriterium wurden stoffspezifisch maximal zulässige BG abgeleitet. Dabei wurde die Verteilung der Messwerte oberhalb der verwendeten BG berücksichtigt. Dort, wo der Median der Summenhäufigkeit die kumulierten Messwerte schneidet, ist die Grenze der halben maximal zulässigen BG (Abbildung 13). Nur Messreihen die diese BG nicht überschreiten, wurden berücksichtigt.

Abbildung 13: Ermittlung der maximal zulässigen Bestimmungsgrenze für Blei



Die neu abgeleiteten maximal zulässigen BG für Schwermetalle sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Maximal zulässige Bestimmungsgrenzen (BG) für Schwermetalle im Kläranlagenablauf [$\mu\text{g/L}$]

Schwermetall	Bestimmungsgrenze [$\mu\text{g/L}$]
Cadmium	0,2
Chrom	2
Kupfer	14
Quecksilber	0,05
Nickel	11
Blei	0,8
Zink	60

Als zweites Qualitätskriterium wurde geprüft, ob innerhalb einer Messreihe mindestens 10 % der Messwerte über der BG liegen. Als drittes Kriterium wurden nur Untersuchungen ab dem Jahr 2006 berücksichtigt. Ausreißer wurden eliminiert.

Die von den Ländern im Rahmen der Bestandsaufnahme bereitgestellten Daten wurden nach den oben beschriebenen Qualitätskriterien ausgewertet und aktuelle Konzentrationen prioritärer Schwermetalle im Ablauf der kommunalen Kläranlagen auf Bundeslandebene ermittelt. Für Länder ohne eigene Messprogramme oder mit Messwerten, die auf Grund der festgelegten Auswahlkriterien nicht berücksichtigt wurden, wurde die aus dem gesamten Datenkollektiv (u.a. Datenlieferung aller Länder und diverse Literaturquellen: Bachor et al. (2011), Hutter (2009), Loos et al. (2009), Lambert et al. (2014), Erftverband (2011)) abgeleitete aktuelle mittlere Konzentration verwendet. Ein entsprechender Ausreißer-Grenzwert wurde stoffspezifisch festgesetzt (Gleichung 1). Zur Ableitung des Grenzwertes wurden nur Messwerte oberhalb der BG verwendet.

Gleichung 1

$$\text{Grenzwert} = 3. \text{Quartil} + 1,5 \times \text{Quartilsabstand}$$

Die Ergebnisse der Analyse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Darin sind zusätzlich die Anzahl der Messungen, die in die Auswertung einfließen und die Anzahl der Messwerte oberhalb der BG aufgeführt.

Tabelle 2: Mittlere Schwermetall-Konzentrationen für Länder ohne aktuelle Datenlieferung

Stoff	Mittelwert der Konzentration [$\mu\text{g/L}$]	Anzahl Messwerte	Anzahl Messwerte > BG
Cadmium	0,06	1.493	659
Chrom	0,77	356	311
Kupfer	4,99	3.917	1.585
Quecksilber	0,0055*)	603	270
Nickel	3,86	3.744	2.144
Blei	0,20	640	463
Zink	29,7	1.661	1.570

*) Mittelwert nicht verwendet. Ausführungen dazu siehe im folgenden Absatz.

Bei der Aktualisierung der Schwermetallkonzentrationen in Kläranlagenabläufen nimmt Hg eine Sonderstellung ein. Bisher wurde eine mittlere Hg-Konzentration im Kläranlagenablauf von 0,1 µg/L (mittlerer Wert für alle Länder) in der Modellierung verwendet. Die beschriebenen Untersuchungen zeigen allerdings, dass dieser Wert die tatsächliche Konzentration und damit auch die eingetragenen Frachten weit überschätzt. So wurde bspw. in einer Hg-Messkampagne in Hessen, bei der insgesamt 326 kommunale Kläranlagen untersucht wurden (BG = 0,002 µg/L), eine mittlere Hg-Konzentration in Kläranlagenabläufen von 0,0027 µg/L ermittelt. Zu einem ähnlichen Ergebnis (mittlere Hg Konzentration von 0,003 µg/L) kommen auch andere Studien, bspw. die der Bezirksregierung Arnsberg in Nordrhein-Westfalen (RP Arnsberg 2011). Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt und den BL gemeinsam finanzierten Sondermessprogrammes wurden im Jahr 2013 3 kommunale Kläranlagen in Baden-Württemberg untersucht (BG = 0,001 µg/L). Aus den Untersuchungen geht eine mittlere Ablaufkonzentration von 0,001 µg/L hervor (Lambert et al. 2014). In einer Studie des Landes Schleswig-Holstein (Untersuchung von 12 kommunalen Kläranlagen der Größenklassen 1 bis 5) wurde mit der BG von 0,001 µg/L ebenfalls eine mittlere Ablaufkonzentration von 0,001 µg/L für Hg ermittelt. Da die Hg-Problematik durch die flächendeckende Überschreitung der Umweltqualitätsnorm (UQN) für Biota nach OGewV (BMJV 2011) an Bedeutung gewonnen hat und die aktuellsten Untersuchungen (Lambert et al. 2014) tatsächlich auf eine mittlere Ablaufkonzentration von 0,001 µg/L hindeuten, wird für die Länder ohne eigene Messprogramme der Wert von 0,001 µg/L verwendet. In Tabelle 3 sind die aktuell verwendeten Schwermetallablaufkonzentrationen für die Eintragsberechnung über Kläranlagen zusammengefasst.

Tabelle 3: Bundeslandesspezifische Schwermetallkonzentrationen im Ablauf kommunaler Kläranlagen für den Bilanzzeitraum 2006-2011

Bundesland	Schwermetallkonzentrationen [µg/L]						
	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink
Brandenburg	0,17 ¹⁾	0,77	4,99	0,001	2,27 ¹⁾	0,20	29,7
Berlin	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Baden-Württemberg	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Bayern	0,074 ¹⁾	0,77	4,99	0,001	3,59 ¹⁾	0,20	29,7
Bremen	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Hessen	0,06	0,77	4,99	0,0027 ¹⁾	3,86	0,20	29,7
Hamburg	0,023 ¹⁾	0,77	4,99	0,0052 ¹⁾	9,17 ¹⁾	0,11 ¹⁾	29,7
Mecklenburg-Vorpommern	0,017 ¹⁾	0,77	4,99	0,001	4,04 ¹⁾	0,38 ¹⁾	29,7
Niedersachsen	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Nordrhein-Westfalen	0,033 ¹⁾	0,97 ¹⁾	5,5 ¹⁾	0,003 ²⁾	4,9 ¹⁾	0,22 ¹⁾	36 ¹⁾
Rheinland-Pfalz	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Schleswig-Holstein	0,013 ¹⁾	0,61 ¹⁾	9,2 ¹⁾	0,0011 ¹⁾	4,3 ¹⁾	0,26 ¹⁾	19,5 ¹⁾
Saarland	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Sachsen	0,46 ¹⁾	0,77	4,99	0,001	6,9 ¹⁾	0,48 ¹⁾	29,7
Sachsen-Anhalt	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7
Thüringen	0,06	0,77	4,99	0,001	3,86	0,20	29,7

Quellen: ¹⁾ Datenlieferung der Länder im Rahmen der Bestandsaufnahme; ²⁾ (RP Arnsberg 2011)

3.4.1.4 Konzentration von PAK₁₆ im Kläranlagenablauf

Die Abschätzung der PAK₁₆-Einträge aus kommunalen Kläranlagen erfolgte über die behandelte Abwassermenge und mittlere Ablaufkonzentrationen, die anhand von Klärschlamm- und Klärschlammkonzentrationen rückgerechnet wurden.

Für alle Länder, für die nicht explizit ein belastbares Messprogramm (ausreichende Anzahl an validen Messwerten) vorlag, wurde ein PAK₁₆-Wert von 5,5 mg/kg Trockenmasse (TM) nach Kördel et al. (2007) angenommen. Für Bayern wurde ein mittlerer Gehalt von PAK₁₆ in Klärschlämmen von 3,9 mg/kg TM (UBA 2011), und für Schleswig-Holstein ein Gehalt von 0,38 mg/kg TM (Bahr et al. 2007) angenommen. Es ist zu berücksichtigen, dass der Wert um einen Faktor 10 niedriger ist als der Wert aus Bayern 2009, der wiederum niedriger ist als der für Gesamtdeutschland ermittelte Wert. Dies lässt sich möglicherweise durch die niedrigere Deposition in dieser Region erklären, die aus EMEP-Daten hervorgeht. Die Klärschlammkonzentrationen in Ländern, aus denen einzelne Messungen oder nur eine geringere Anzahl an belastbaren Messwerten vorlagen, lagen in der Größenordnung der für Gesamtdeutschland ermittelten Werte.

Ausgehend von den genannten PAK₁₆-Konzentrationen im Klärschlamm und den entsprechenden Klärschlamm-mengen (bspw. 1,9 Mio. Tonnen (t) Trockensubstanz (TS) in Deutschland 2010 (BMU 2012), 0,27 Mio. t TS in Bayern (Tausch 2012) und 0,08 Mio. t TS für Schleswig-Holstein (StaBu 2013a)), wurden insgesamt ca. 10 t PAK₁₆ pro Jahr (t/a) mit dem

Klärschlamm abgeschieden. Unter Annahme eines Wirkungsgrades der vorhandenen Klärverfahren für PAK₁₆ von mindestens 90 % (Ivašević 2006), der sich vor allem aufgrund von Adsorption an den Klärschlamm ergibt, errechnet sich eine PAK₁₆-Fracht im Zulauf der Kläranlagen in Deutschland von 11,13 t PAK₁₆/a. Unter Berücksichtigung des genannten Wirkungsgrades gelangen maximal 10 % und somit etwa 1,11 t PAK₁₆/a in die Oberflächengewässer.

Unter Verwendung der in Deutschland im Jahr 2007 behandelten Abwassermenge gemäß StaBu (2009) von 10.070 Mio. m³ kann eine mittlere PAK₁₆ Ablaufkonzentration kommunaler Kläranlagen von 0,11 µg/L abgeschätzt werden. Tabelle 4 listet die in der Modellierung verwendeten mittleren PAK₁₆-Konzentrationen im Kläranlagenablauf auf.

Tabelle 4: Mittlere PAK₁₆-Konzentration im Kläranlagenablauf

Räumliche Gültigkeit	Konzentration [µg/L]
Bayern	0,08
Schleswig-Holstein	0,02
restl. Länder	0,11

3.4.2 Neues methodisches Vorgehen

Das neue methodische Vorgehen bei der Modellierung der Stoffeinträge über kommunale Kläranlagen knüpft direkt an die neue MoRE-Funktionalität der Punktquellenverwaltung (s. Abschnitt 2.2.2.1) an. Diese ermöglicht es, Ergebnisse für die einzelnen Kläranlagen zu erzeugen und für die AU systemintern zu aggregieren.

Um die neuen MoRE-Funktionalitäten zu nutzen, wurden die Kläranlagen ≥ 2.000 EW als einzelne Punktquellen in MoRE eingebunden. Für die Kläranlagen < 2.000 EW liegen nach wie vor keine anlagenbezogenen Daten vor, sodass für sie weiterhin auf Ebene der Analysegebiete gerechnet wird (s. Abschnitt 3.4.1). Abweichend von dem bisherigen Präprozessing, wurden die Jahresabwassermenge und Nährstofffrachten im Kläranlagenablauf nicht mehr flächengewichtet übertragen, sondern anhand der Siedlungsflächen des Basis-DLM (BKG 2014) (Abschnitte 3.4.2.1 und 3.4.2.2).

Die Ableitung der zeitlichen Gültigkeit einer kommunalen Kläranlage, die die Verwendung der entsprechenden Eingangsdaten bei einer Berechnung bestimmt, ist in Abschnitt 3.4.2.4 beschrieben.

3.4.2.1 Jahresabwassermenge

Die Handhabung der Jahresabwassermenge der kommunalen Kläranlagen ≥ 2000 EW unterscheidet sich lediglich in zwei Punkten von der bisherigen Vorgehensweise. Erstens wurde ein Teil des Präprozessings nach MoRE verschoben. So sind in MoRE jetzt punktförmige Informationen zu Jahresabwassermengen für die Jahre 2008 und 2010 hinterlegt. Indem die Jahresabwassermenge mit der Stoff-Konzentration auf Punktquellenebene multipliziert wird, werden innerhalb von MoRE die resultierenden Einträge auf Ebene von AU hoch aggregiert. Zweitens kommt es bei der Interpolation von Werten für das Jahr 2009 bei einzelnen Anlagen zu Abweichungen. Diese sind aufgrund der Bestandsentwicklung der Kläranlagen (bspw. durch Stilllegungen) einer geänderten Ableitung der zeitlichen Gültigkeit zuzuschreiben (s. Abschnitt 3.4.2.4).

Zur Verteilung der Abwassermenge der kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW von den Gemeinden auf die AU war eine angepasste Übertragung der Originaldaten (FDZ 2012, 2013a) notwendig. Die statistischen Daten aus dem Jahr 2007 wurden mit den Siedlungsflächen aus dem Basis-DLM Stand 2008 (BKG 2010a) und die statistischen Daten aus dem Jahr 2010 mit den Siedlungsflächen des Basis-DLM Stand 2011 (BKG 2014) und anschließend mit den AU verschnitten. Dabei wurden die Anteile der Siedlungsflächen pro Schnittfläche (Gemeinde, AU), die Anteile der Schnittflächen eines AU an der gesamten Siedlungsfläche in einer Gemeinde und die gesamte Siedlungsfläche in einer Gemeinde berechnet. Die Anteile wurden anschließend mit der Jahresabwassermenge in einer Gemeinde multipliziert. Die somit ermittelten Werte wurden auf der Ebene der AU zusammengefasst.

Die Erzeugung der Werte für fehlende Jahre erfolgte analog zur bisherigen Vorgehensweise.

3.4.2.2 Nährstofffrachten im Kläranlagenablauf

Bei den Nährstoffen wird im Hinblick auf die Maßnahmenfähigkeit ein neuer Berechnungsansatz für die Ermittlung der eingetragenen Frachten verwendet. Statt direkt die Frachten aus der Berichterstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie zu verwenden, werden aus den berichteten Frachten und der Jahresabwassermenge mittlere Stickstoff- und Phosphorkonzentrationen für jede Kläranlage ≥ 2.000 EW berechnet. Grundlage für diese Berechnung sind die Daten der Kommunalabwasserrichtlinie (UBA 2013c).

Für die Kläranlagen < 2.000 EW werden die Stickstoff- und Phosphorfrachten aus den FDZ-Daten (FDZ 2012, 2013a) analog zu der Vorgehensweise bei der Ableitung der Jahresabwassermenge (vgl. Abschnitt 3.4.2.1) auf die AU übertragen. Anhand der Jahresabwassermenge und der Frachten wird eine analysegebietsspezifische Stickstoff- bzw. Phosphorkonzentration berechnet und diese als Eingangsdatum für die Modellierung verwendet.

3.4.2.3 Konzentration von Schwermetallen und PAK im Kläranlagenablauf

Anhand der Zugehörigkeit einer Kläranlage zu einem Bundesland wurden die mittleren Ablaufkonzentrationen für die Schwermetalle und die PAK aus den Abschnitten 3.4.1.3 und 3.4.1.4 als Eingangsdaten der Punktquelle „kommunale Kläranlagen“ in MoRE integriert.

3.4.2.4 Ableitung der zeitlichen Entwicklung im Bestand kommunaler Kläranlagen

Um die Entwicklungen im Kläranlagenbestand abbilden zu können, wurden Angaben aus der Kommunalabwasserrichtlinie (UBA 2013c) in Bezug auf die Stilllegung von Anlagen verwendet. Wird eine Anlage stillgelegt, so muss diese im nächsten Berichtsjahr als inaktiv in die Datenbank der Kommunalabwasserrichtlinie aufgenommen werden. Für die Bestimmung der zeitlichen Gültigkeit einer Kläranlage für die Modellierung wurden die folgenden Regeln verwendet, die in der Tabelle 5 dargestellt sind. Dabei wurden die Daten der Kommunalabwasserrichtlinie aus zwei Jahren verwendet: 2008 und 2010. Die Daten aus dem Jahr 2012 flossen nicht in die Auswertung ein, da sie zum Zeitpunkt der Aufbereitung der Eingangsdaten zu kommunalen Kläranlagen nicht verfügbar waren.

Tabelle 5: Regeln für die Ableitung der zeitlichen Gültigkeit von kommunalen Kläranlagen für die Modellierung

Anlage aktiv im Berichtsjahr 2008 (UBA 2013c)	Anlage aktiv im Berichtsjahr 2010 (UBA 2013c)	Gültigkeitsbereich für die Modellierung
ja	ja	2006-2011
ja	nein	2006-2008
nein	ja	2010-2011

Bei der Aufbereitung der Eingangsdaten für die kommunalen Kläranlagen als Punktquellen wurden Werte für das Jahr 2009 nur dann aus den Jahren 2008 und 2010 interpoliert, wenn eine Anlage in beiden Jahren als aktiv gemeldet wurde. War eine Anlagen hingegen für eines der beiden Jahre als inaktiv, also stillgelegt, gemeldet, so wurden Werte für 2009 nicht interpoliert. Diese Anlagen wurde also für das Jahr 2009 der Wert Null zugewiesen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da aufgrund der verfügbaren Metadaten nicht eindeutig geklärt werden konnte, wann die Schließung bzw. die Fertigstellung der Anlagen erfolgte. Als Gültigkeit wurden deshalb nur die Zeiträume 2006-2011 (die Anlage war in 2008 und 2010 aktiv), 2006-2008 (die Anlage war nur in 2008 aktiv) und 2010-2011 (die Anlage war nur in 2010 aktiv) gewählt. Für die Jahre 2006 und 2007 wurden immer die Kläranlagendaten von 2008 übernommen, wenn eine Anlage in diesem Jahr aktiv war. Es wurde somit die Annahme getroffen, dass diese Anlage auch in den Jahren davor aktiv war. Für das Jahr 2011 wurden immer die Daten von 2010 übernommen, wenn eine Anlage in diesem Jahr aktiv war, auch wenn nicht eindeutig geklärt werden konnte, ob sie im Jahr 2011 tatsächlich in Betrieb war.

Die Vorgehensweise zur Interpolation der Werte für die Jahre 2006, 2007, 2009 und 2011 ist detailliert im Anhang 10.1 dargestellt.

3.4.3 Ergebnisse und Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Die Ergebnisse der Modellierung für die vorherige (Basisvariante) und die angepasste Variante werden exemplarisch für das Jahr 2010 dargestellt. In diesem Jahr sind die Einträge über kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW für die zwei Varianten gleich. Änderungen bei den Einträgen resultieren also nur aus der unterschiedlichen Übertragung der Jahresabwassermenge und Nährstofffrachten im Kläranlagenablauf bei Anlagen < 2.000 EW auf die AU (s. Abschnitt 3.4.2.1 und 3.4.2.2).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass sich lediglich das räumliche Verteilungsmuster der Einträge ändert. Da die Einträge über Anlagen < 2.000 EW in den meisten AU in der Größenordnung 5-10 % liegen, sind Änderungen in der Kartendarstellung kaum sichtbar. Nichtsdestotrotz ist die bessere räumliche Verortung der Anlagen in Bezug auf Maßnahmenplanung und -umsetzung unabdingbar.

Die Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten getrennt für die Nährstoffe (N und P) und die Schadstoffe (Schwermetalle und PAK) dargestellt (Abschnitte 3.4.3.1 und 3.4.3.2). Zudem wird eine Empfehlung zur weiteren bundeseinheitlichen Modellierung gegeben (Abschnitt 3.3.4).

3.4.3.1 Nährstoffeinträge über kommunale Kläranlagen

In Abbildung 14 sind exemplarisch die P-Einträge über kommunale Kläranlagen dargestellt. Änderungen in der regionalen Verteilung der Einträge sind kaum erkennbar. Mit der angepassten Variante ergeben sich für alle Flussgebietseinheiten minimal höhere P-Einträge über kommunale Kläranlagen. Die Änderung für Deutschland liegt bei < 0,05 %, flussgebietsspezifisch reicht sie aber bis zu 2 % in Schlei/Trave (Tabelle 6). Da die Einträge über Kläranlagen < 2.000 EW mit ca. 12 % eine verhältnismäßig geringe Bedeutung an den Gesamteinträgen über kommunale Kläranlagen haben, sind die Änderungen für die meisten AU vernachlässigbar. In wenigen Fällen sind die Änderungen Analysegebietsspezifisch im Vergleich zu der Basisvariante aber auch größer als 25 % (Abbildung 15). In diesen Fällen handelt es sich um Gebiete, in denen das Eintragsgeschehen von den Anlagen < 2.000 EW dominiert ist und eine Umverteilung deutlich sichtbar wird. Generell haben diese Gebiete sehr niedrige spezifische P-Einträge (vgl. Abbildung 14).

Tabelle 6: Vergleich der Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Phosphor-Eintrag Basisvariante [t/a]	Phosphor-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	1.227	1.230	0,2
Eider	42	42	-0,3
Elbe	1.016	1.017	0,2
Ems	148	148	0,1
Maas	60	60	0,7
Oder	32	32	0,2
Rhein	3.788	3.796	0,2
Schlei/Trave	49	50	2,2
Warnow/Peene	65	65	0,6
Weser	701	702	0,1
Nordsee	5.755	5.765	0,2
Ostsee	145	147	1,0
Schwarzes Meer	1.227	1.230	0,2
Deutschland	7.127	7.142	0,2

Abbildung 14: Spezifische Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 in Deutschland

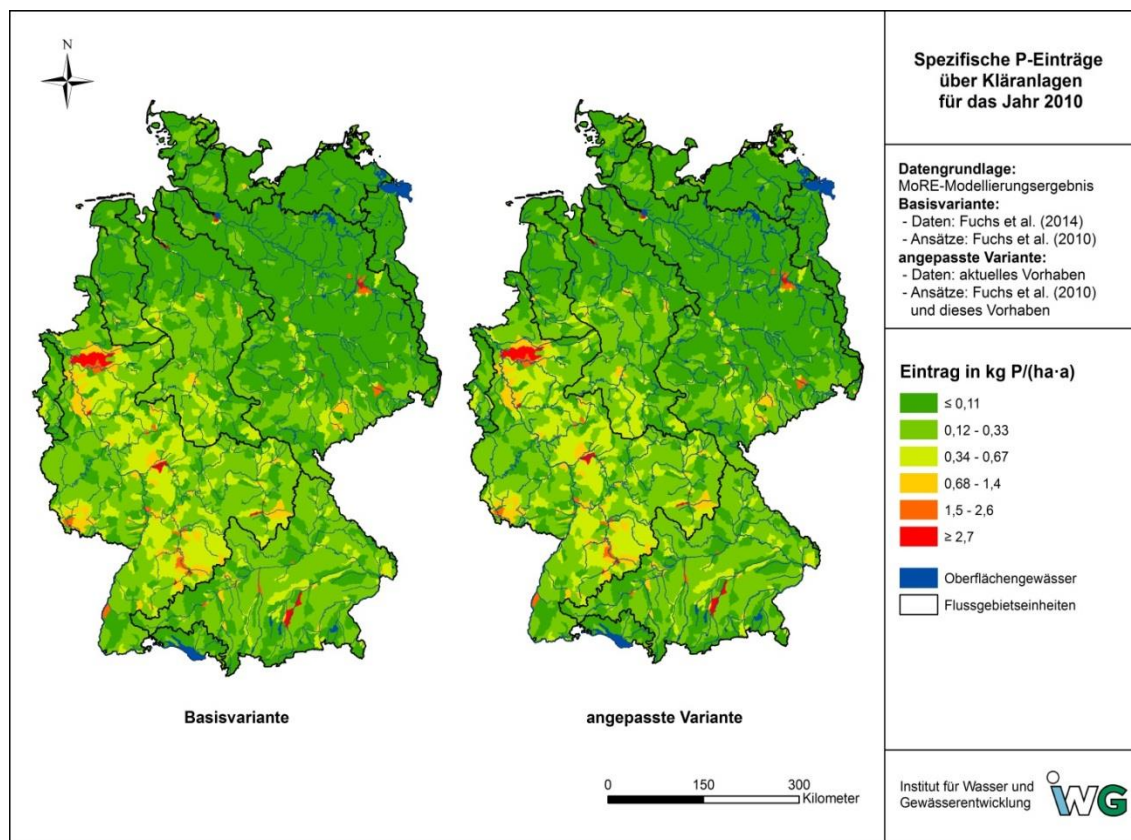
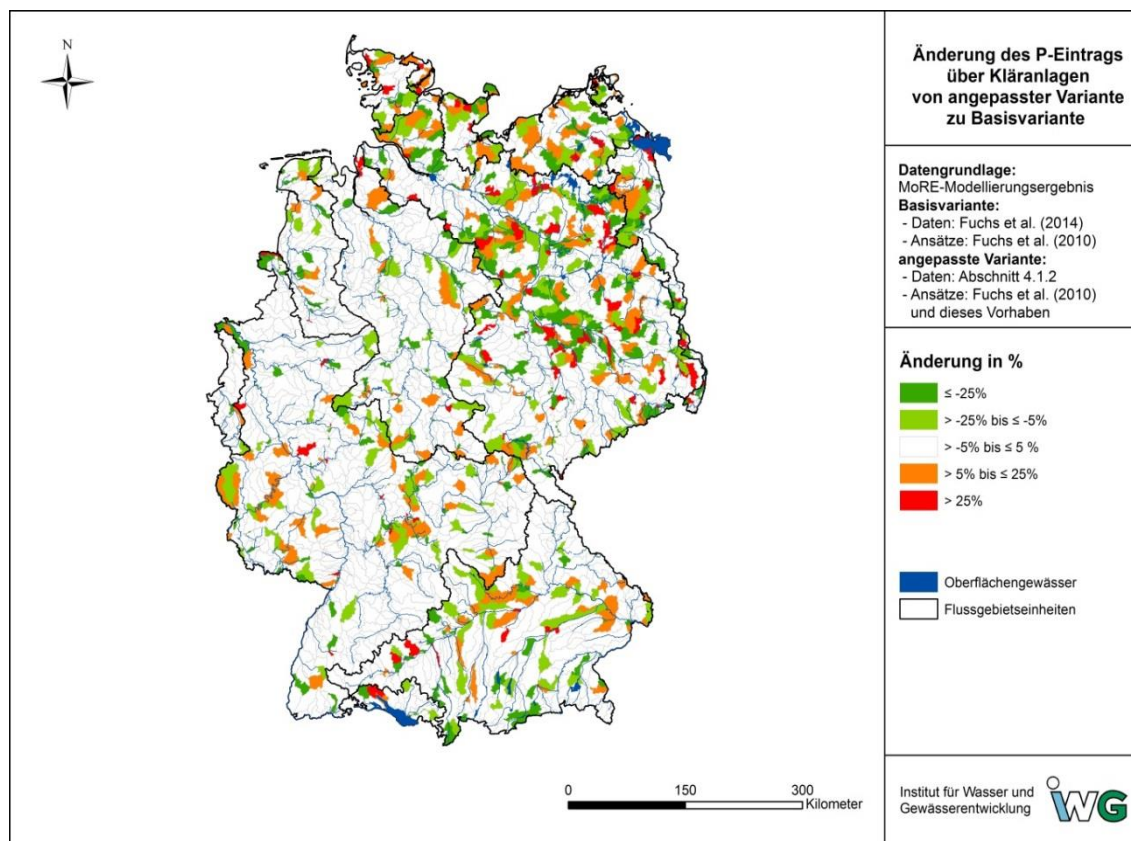


Abbildung 15: Änderung der Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



Bei N ergeben sich insgesamt mit der angepassten Variante noch geringere Änderungen (Tabelle 7). Da für die Aufbereitung der Eingangsdaten für N und P die gleiche Vorgehensweise gewählt wurde und die Berechnungsansätze identisch sind, erscheint das Ergebnis auf den ersten Blick verwunderlich. In der Tat ist es aber so, dass für verschiedene AU unterschiedliche mittlere P- bzw. N-Konzentrationen vorliegen, die sich nicht zwangsläufig gleich verhalten. Für Deutschland resultiert insgesamt eine Änderung der N-Einträge < 0,01 %. Diese Veränderungen sind auch flussgebietsspezifisch vernachlässigbar.

Tabelle 7: Vergleich der Stickstoff-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Stickstoff-Eintrag Basisvariante [t/a]	Stickstoff-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	12.744	12.741	0,0
Eider	293	292	-0,2
Elbe	13.239	13.238	0,0
Ems	1.616	1.616	0,0
Maas	1.531	1.531	0,0
Oder	282	283	0,1
Rhein	45.103	45.085	0,0
Schlei/Trave	877	885	0,9
Warnow/Peene	680	681	0,1
Weser	6.199	6.187	-0,2
Nordsee	67.981	67.950	0,0
Ostsee	1.839	1.848	0,5
Schwarzes Meer	12.744	12.741	0,0
Deutschland	82.564	82.539	0,0

3.4.3.2 Schwermetall- und PAK₁₆-Einträge über kommunale Kläranlagen

Für die Schwermetalle und die PAK₁₆ ergeben sich insgesamt höhere Einträge mit der angepassten Variante. Die Änderungen liegen auf Bundesebene betrachtet je nach Stoff in der Größenordnung von 3-4 %.

Tabelle 8 zeigt beispielhaft die Gegenüberstellung der Ergebnisse für Zink sowohl auf Ebene der Flussgebietseinheiten als auch für Gesamtdeutschland. Es zeigt sich, dass die Änderungen auf Ebene der Flussgebietseinheiten stark variieren können. Für Zink schwanken die Änderungen zwischen < 1 % (Maas und Ems) und rund 23 % (Eider). Die Änderung der Einträge im Vergleich zur Basisvariante ergibt sich aus der räumlichen Verlagerung der Jahresabwassermengen in Verbindung mit den bundeslandspezifischen Stoffkonzentrationen. Wird durch die Umverteilung jetzt mehr Abwasser in Flussgebietseinheiten verschoben an denen BL mit höheren mittleren Ablaufkonzentrationswerten einen großen Flächenanteil haben, resultiert daraus ein höherer Stoffeintrag für das entsprechende Flussgebiet.

Tabelle 8: Vergleich der Zink-Einträge über kommunale Kläranlagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Zink-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Zink-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	35.738	37.834	5,9
Eider	459	563	22,5
Elbe	34.599	35.714	3,2
Ems	8.050	8.102	0,6
Maas	7.617	7.650	0,4
Oder	1.078	1.116	3,5
Rhein	173.694	178.704	2,9
Schlei/Trave	1.710	1.849	8,1
Warnow/Peene	1.802	1.938	7,5
Weser	26.313	27.612	4,9
Nordsee	250.737	258.350	3,0
Ostsee	4.585	4.898	6,8
Schwarzes Meer	35.738	37.834	5,9
Deutschland	291.061	301.082	3,4

3.4.3.3 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Die entwickelte Vorgehensweise zur Modellierung von Kläranlageneinträgen wird für die bundeseinheitliche Modellierung empfohlen, da einerseits die Aufbereitungsschritte für die Eingangsdaten, die vorher im Präprozessing erfolgten, durch die Umsetzung in MoRE besser nachvollzogen werden können. Das entspricht der MoRE-Philosophie bezüglich der Transparenz der erzeugten Ergebnisse. Andererseits wird durch die veränderte Vorgehensweise die Maßnahmenfähigkeit der Eintragsberechnung gewährleistet (s. Abschnitt 4.2.1).

3.5 Eintragspfad Kanalisationssysteme

Nach Fuchs et al. (2010a) stellen die Kanalisationssysteme einen bedeutenden Eintragspfad für Schadstoffe in die Oberflächengewässer dar. Dabei umfasst der Eintragspfad Kanalisationssysteme vier Teilpfade:

- Regenwasserkanäle des Trennsystems,
- Mischwasserüberläufe des Mischsystems,
- Gebiete, die an die Kanalisation angeschlossen sind, nicht aber an Kläranlagen und
- Gebiete, die weder an Kläranlagen noch an Kanalisation angeschlossen sind.

Als Folge des hohen Anschlussgrades der Bevölkerung an die Abwasserbehandlung in Deutschland sind die beiden letztgenannten Teilpfade nur noch lokal bis regional von Bedeutung.

Die wichtigen Eingangsdaten für die Ermittlung der Einträge über Kanalisationssysteme in MoRE sind:

- Anzahl der Einwohner,
- Landnutzung: innerörtlich versiegelte Flächen, Gewerbeflächen, urbane Flächen,
- Niederschlagshöhe und
- Informationen über Kanalisationssysteme wie z. B. Anschlussverhältnisse, Kanallängen (nach Art des Entwässerungssystems), Speichervolumen der Regenüberlaufbecken (RÜB) usw.

Weitere Eingangsdaten sind der einwohnerspezifische Wasserverbrauch und Verschmutzungsfrachten von den versiegelten Flächen, sogenannte Oberflächenpotenziale.

Im Folgenden werden die Eingangsdaten und die Modellierungsansätze zur Ermittlung der Einträge über die Kanalisationssysteme dargestellt. Dabei werden zunächst die bislang verwendeten Eingangsdaten und Ansätze, die in Fuchs et al. (2014a) bzw. Fuchs et al. (2010a) detailliert dokumentiert sind, aufgeführt (Abschnitt 3.5.1). Anschließend werden in Abschnitt 3.5.2 die neu abgeleiteten Eingangsdaten und Ansätze dargestellt. Diese resultieren teilweise aus einem Vorgängervorhaben (Fuchs et al. 2012), teilweise wurden sie im Rahmen des aktuellen Vorhabens entwickelt. Abschließend werden die Modellierungsergebnisse, die unter Verwendung der neuen Methodik erzeugt wurden, den Modellierungsergebnissen nach der alten Methodik (Basisvarianten) gegenübergestellt sowie Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung formuliert (Abschnitt 3.5.3).

3.5.1 Bisherige Modellierung der Einträge über Kanalisationssysteme

Bei der Datenaufbereitung ist zu beachten: Liegen die Daten rasterbasiert in einer guten Auflösung vor, so können diese i.d.R. problemlos auf die AU übertragen werden. Dies gilt jedoch nicht für die statistischen Daten (z. B. vom FDZ oder EUROSTAT), welche den Wert eines bestimmten Merkmals als Summe oder Mittelwert für eine administrative Einheit (z. B. Kreis, Gemeinde) angeben. Ist eine administrative Einheit eindeutig einem AU zugeordnet, so können die Werte der Merkmale übernommen werden und ggf. mit den Werten der administrativen Einheiten in der Nachbarschaft verrechnet werden. Sobald eine administrative Einheit jedoch in zwei oder mehreren AU liegt, ist eine merkmalspezifische Aufteilung der Werte durchzuführen. Bislang wurden die Geometrien der administrativen Einheiten mit den Geometrien der AU verschnitten. Anhand der Verhältnisse der Schnittflächen wurden die Merkmale anschließend auf die AU flächengewichtet (bezogen auf die Gesamtfläche der administrativen Einheiten) übertragen. Durch diese Vorgehensweise werden die Daten in Bezug auf ihre räumliche Aussagefähigkeit „homogenisiert“, da davon ausgegangen wird, dass ein Merkmal gleichmäßig über eine administrative Einheit verteilt ist. Dies ist jedoch in der Regel nicht der Fall.

In Tabelle 9 sind die Vorgehensweisen bei der Ableitung der o.g. Eingangsdatensätze und die entsprechenden Grundlagendaten, die bisher in MoRE verwendet wurden, zusammengefasst.

Tabelle 9: Übersicht der bisher verwendeten Grundlagen- und Eingangsdaten zur Modellierung der Einträge über Kanalisationssysteme (Basisvariante MoRE)

Eingangsdatum auf Analysegebietsebene	Quellen der Grundlagendaten und Ansätze / zeitliche Auflösung	Methode zur Ableitung
Anzahl der Einwohner	EEA (2012) / verfügbar für 2001 EUROSTAT (2014a) /jährlich	Zur Lokalisierung der Bevölkerung in den Analysegebieten wurde der Datensatz zur Bevölkerungsdichte aus dem Jahr 2001 von EEA (2012) verwendet. Diese Informationen wurden jahresweise auf Basis statistischer Daten auf Kreisebene für die Jahre 2002-2011 fortgeschrieben und auf die Analysegebiete übertragen.
innerörtlich versiegelte Flächen	Ansatz nach Heaney et al. (1976)	Die innerörtlich versiegelte Fläche wird unter Berücksichtigung der Bevölkerungsdichte und der urbanen Fläche nach dem Verfahren von Heaney et al. (1976) jahresweise für die Analysegebiete ermittelt.
Gewerbefläche	Mohaupt et al. (2001)	konstanter Wert für alle Analysegebiete als prozentualer Anteil an versiegelter Fläche
Anschlussverhältnisse der Einwohner (Anschlussgrad an Kläranlagen und Kanalnetz) (bislang Vorstufe im Präprozessing zur Erzeugung des Datensatzes der angeschlossenen Einwohner)	FDZ (2013e) / 3-Jahres-Turnus	Die prozentualen Anschlussgrade wurden auf Gemeindeebene anhand der Anschlussverhältnisse der Einwohner ermittelt. Dabei lagen Daten zu Gesamteinwohnern, nur an das Kanalnetz angeschlossenen Einwohnern und nicht angeschlossenen Einwohnern vor. Die Anzahl der Einwohner, die an Kläranlagen angeschlossen sind, wurde als Differenz aus den Gesamteinwohnern und den nicht angeschlossenen sowie den nur an das Kanalnetz angeschlossenen Einwohnern auf Ebene der Gemeinden ermittelt. Aus diesen Anschlussverhältnissen wurden die prozentualen Anschlussgrade auf Gemeindeebene ermittelt. Danach wurden die prozentualen Anschlussgrade flächengewichtet auf die Analysegebiete übertragen und mit dem Datensatz zu den Einwohnern (aus Zeile 1) multipliziert. Letztendlich floss die Anzahl der Einwohner, die angeschlossen oder nicht angeschlossen ist, als Eingangsdatum in MoRE ein.

Eingangsdatum auf Analysegebietsebene	Quellen der Grundlagendaten und Ansätze / zeitliche Auflösung	Methode zur Ableitung
Kanallängen bzw. Anteil des Mischsystems an der Gesamtkanalisation	FDZ (2013b) / 3-Jahres-Turnus	Der prozentuale Anteil des Mischsystems wird anhand der Längen der Mischwasser- und Schmutzwasserkanäle auf Gemeindeebene ermittelt. Die Kanalnetzlängen wurden zunächst flächengewichtet auf die Analysegebiete übertragen. Anschließend wurde der Quotient aus der Länge der Mischwasserkanäle und der Summe der Längen von Mischwasserkanälen und Schmutzwasserkanälen auf Ebene der Analysegebiete gebildet. Dies stellt den Anteil des Mischsystems dar.
Ausbaugrad der Mischwasserbehandlung	FDZ (2013c) / 3-Jahres-Turnus, Brombach und Michelbach (1998)	Der Ausbaugrad der Mischwasserbehandlung wird als Quotient des spezifischen Beckenvolumens und eines als 100 % definierten Beckenvolumens (22,3 m³/ha, nach Brombach und Michelbach (1998)) berechnet. Das spezifische Beckenvolumen hingegen ist der Quotient aus Beckenvolumen und der an das Mischsystem angeschlossenen versiegelten Fläche auf Kreisebene. Im Präprozessing wurden folglich alle benötigten Daten auf Kreisebene aufbereitet. Der Ausbaugrad auf Kreisebene wurde flächengewichtet auf die Analysegebiete übertragen.
einwohnerspezifischer Wasserverbrauch	nach Behrendt et al. (1999)	Dieser Wert wurde als konstanter Wert für alle Analysegebiete verwendet.
stoffliche Daten: Oberflächenpotentiale	Fuchs et al. (2010a) / jährlich	Die Schwermetall-Oberflächenpotentiale der innerörtlich versiegelten Flächen werden unter Berücksichtigung der mittleren langjährigen (1983-2011) Niederschlagsabflussmengen, Konzentrationsangaben im Niederschlagsabfluss (Jahresmittelwerte) und dem Abflussbeiwert nach der Methodik von Fuchs et al. (2010a) für die Einzeljahre 2006-2011 als Mittelwerte für Deutschland abgeleitet.

3.5.2 Neues methodisches Vorgehen

Für die in Tabelle 9 dargestellten Eingangsgrößen zur Modellierung der Einträge über den Eintragspfad „Kanalisationssysteme“ wurden im Rahmen des vorliegenden Vorhabens entweder höher räumlich/zeitlich aufgelöste Eingangsdaten verwendet oder neue Ansätze zur Ableitung der Eingangsdaten entwickelt.

Folgende Datensätze liegen in einer höheren räumlichen Auflösung oder für einen aktuelleren Zeitpunkt vor:

3.5.2.1 Gesamteinwohnerzahl

- (Abschnitt 3.5.2.2) und

3.5.2.2 Wasserverbrauch der Einwohner

- (Abschnitt 3.5.2.4).

Ein Teil der Datensätze musste früher empirisch abgeleitet werden, da keine adäquaten Eingangsdaten zur Verfügung standen. Als Ergebnis aktueller Forschungsvorhaben hat sich die Verfügbarkeit einiger Eingangsdaten deutlich verbessert. Folgende Datensätze stehen in einer deutlich höheren Auflösung - räumlich wie zeitlich zur Verfügung:

3.5.2.3 Versiegelte Flächen

- (Abschnitt 3.5.2.6) und

3.5.2.4 Gewerbeflächen

- (Abschnitt 3.5.2.8).

Die Übertragung statistischer Grundlagendaten auf die AU wurde bisher flächengewichtet durchgeführt. Dieses Vorgehen hatte eine räumliche Homogenisierung der Informationen zur Folge. Um die räumlich differenzierte Information beizubehalten, werden diese nun anhand der entsprechenden Bezugsgrößen auf die AU übertragen. Bezugsgröße für den Eintragspfad „Kanalisationssysteme“ sind bspw. urbane Flächen (versiegelte Flächen) und die Einwohner (Einwohnerzahl). Dies gilt insbesondere für:

- Anschlussverhältnisse der Einwohner
- (Abschnitt 3.5.2.9),
- Art der Entwässerung
- (Abschnitt 3.5.2.10) und
- Speichervolumen der Regenüberlaufbecken
- (Abschnitt 3.5.2.11).

Erstmals wurde im Rahmen des Vorhabens ein Datensatz zum Speichervolumen von Regenklärbecken (RKB) (Abschnitt 3.5.2.12) sowie die Wirkung von Regenbecken (RÜB und RKB) in die Modellierung integriert und damit die bestehende Infrastruktur und deren Wirksamkeit auf Stoffeinträge abgebildet (Abschnitt 3.5.2.13).

Zudem wurden die Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt Fuchs et al. (2012) in das bundeseinheitliche Modell übernommen, die für ausgewählte Schwermetalle städtische von ländlichen Gebieten in ihrem Verschmutzungspotenzial unterscheiden. So wird eine

bessere räumliche Differenzierung der Siedlungsräume hinsichtlich des Eintragsgeschehens möglich (Abschnitt 3.5.2.14).

3.5.2.5 Gesamteinwohnerzahl

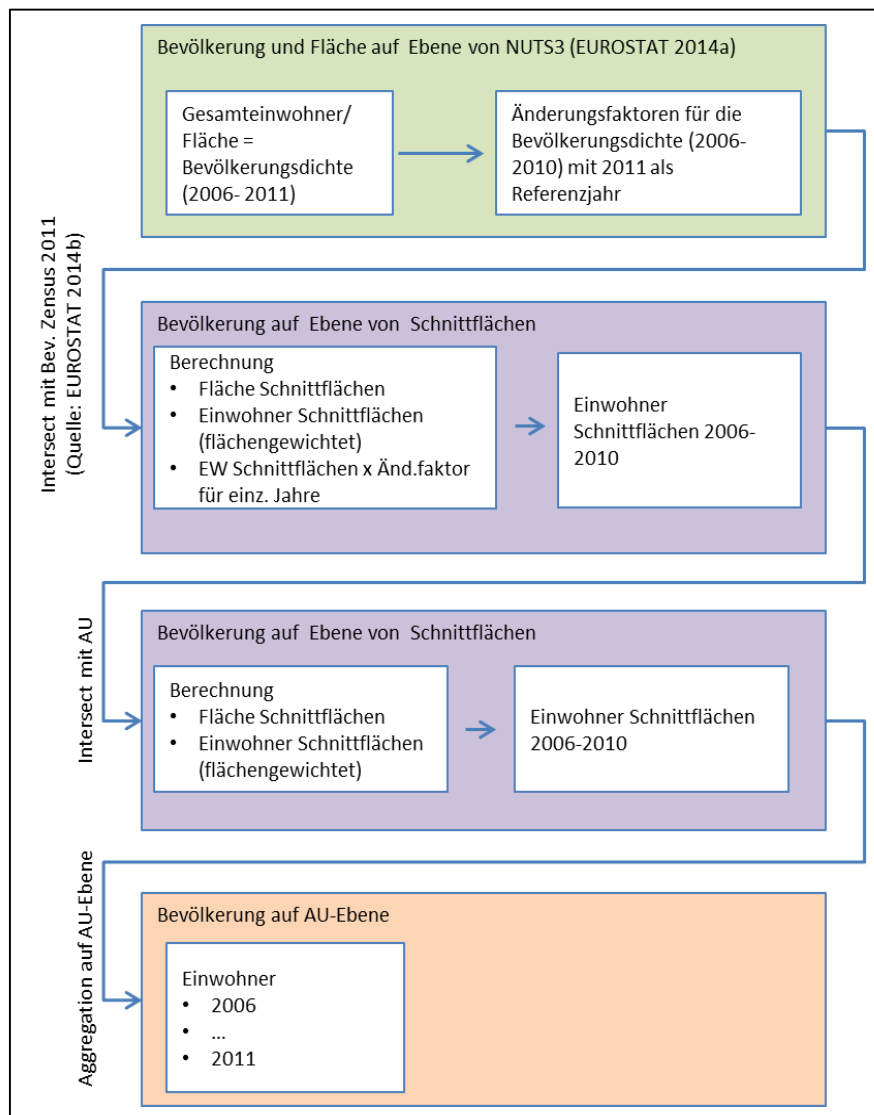
Zur Verbesserung des Eingangsdatums „Gesamteinwohnerzahl“ wurde der aktuellste europäische Datensatz zur Bevölkerungsdichte verwendet (EUROSTAT 2014b). Ausgehend von den Ergebnissen der Volkszählung „Zensus 2011“ wurden für die Erzeugung dieses Datensatzes die Einwohner unter Zuhilfenahme des Landnutzungsdatensatzes CLC2006 auf die Siedlungen verteilt. Der Datensatz gibt den Bevölkerungsstand des Jahres 2011 wider. Als Dateien lag neben einer Shape Datei zur Topologie („GEOSTAT_grid_POP_1K_2011_V1_0“) eine CSV-Datei vor, die die Daten zur Bevölkerungsdichte enthält („GEOSTAT_grid_POP_1K_2011_V1_0“). Beide wurden miteinander verknüpft und auf Ebene der AU aggregiert. So wurden die Eingangsdaten für das Jahr 2011 generiert.

Um einen räumlich differenzierten Datensatz zur Bevölkerung für die Jahre 2006 bis 2010 zu erzeugen, wurden der Datensatz zur Bevölkerungsdichte aus dem Jahr 2011 (EUROSTAT 2014b) und statistische Daten (EUROSTAT 2014a) verwendet. Die statistischen Daten sollten dabei die Bevölkerungsentwicklung innerhalb der NUTS² (Nomenclatur of territorial Units for Statistics) Level 3 (Level 3 steht in Deutschland für die Kreisebene) abbilden. Zunächst wurde aus den statistischen Daten auf Ebene der NUTS3 ein Änderungsfaktor ermittelt, welcher das Verhältnis zwischen den Einwohnerzahlen der einzelnen Jahre (2006-2010) und den Einwohnerzahlen aus dem Jahr 2011 ermittelt. Diese Faktoren wurden anschließend mit dem Datensatz zur Bevölkerungsdichte 2011 jahresweise multipliziert. Anschließend wurden die Daten auf Ebene der AU aggregiert. Die detaillierte Vorgehensweise ist Abbildung 16 zu entnehmen.

In der Summe hat sich die Zahl der Einwohner in Deutschland nach den neuen Datensätzen um ca. 2 % verringert.

² <http://ec.europa.eu/eurostat/de/web/nuts/overview>

Abbildung 16: Vorgehensweise zur Erzeugung von Daten zur Bevölkerungsverteilung für die Jahre 2006-2010



3.5.2.6 Wasserverbrauch der Einwohner

Der pro Kopf Wasserverbrauch ist zum einen bezogen auf seine zeitliche Entwicklung eine dynamische Größe und sollte auch als solche in der Eintragsmodellierung berücksichtigt werden. Zum anderen zeigen sich auch in der deutschlandweiten Betrachtung räumlich differenziert Unterschiede im Wasserverbrauch. Vom StaBu liegen Informationen zum mittleren Wasserverbrauch auf Ebene der BL für die Jahre 2007 und 2010 vor (StaBu 2013b) (s. Tabelle 10). Es zeigt sich, dass der aktuelle Wasserverbrauch im Durchschnitt niedriger liegt als der bisher einheitlich verwendete Wert von 130 L/(Einwohner·d) und darüber hinaus regional sehr unterschiedlich ist.

Tabelle 10: Wasserverbrauch der Einwohner [L/(Einwohner·d)] für die Jahre 2007 und 2010 für die Bundesländer und als Mittelwert für Deutschland (StaBu 2013b)

Bundesland/Mittelwert Deutschland	Wasserverbrauch der Einwohner [L/(Einwohner·d)]	
	2007	2010
Baden-Württemberg	116,40	115,32
Bayern	133,10	129,14
Berlin	111,60	112,93
Brandenburg	98,40	104,77
Bremen	126,50	122,21
Hamburg	134,00	134,41
Hessen	122,70	121,25
Mecklenburg-Vorpommern	100,40	106,32
Niedersachsen	128,20	126,30
Nordrhein-Westfalen	135,30	134,52
Rheinland-Pfalz	118,30	119,14
Saarland	115,90	112,14
Sachsen	85,30	84,19
Sachsen-Anhalt	90,00	90,94
Schleswig-Holstein	132,60	133,49
Thüringen	90,30	88,61
Mittelwert Deutschland	121,60	120,72

Für die Jahre 2008 und 2009 wurden die Werte interpoliert. Für das Jahr 2006 und 2011 wurden die Werte aus 2007 bzw. 2010 übernommen.

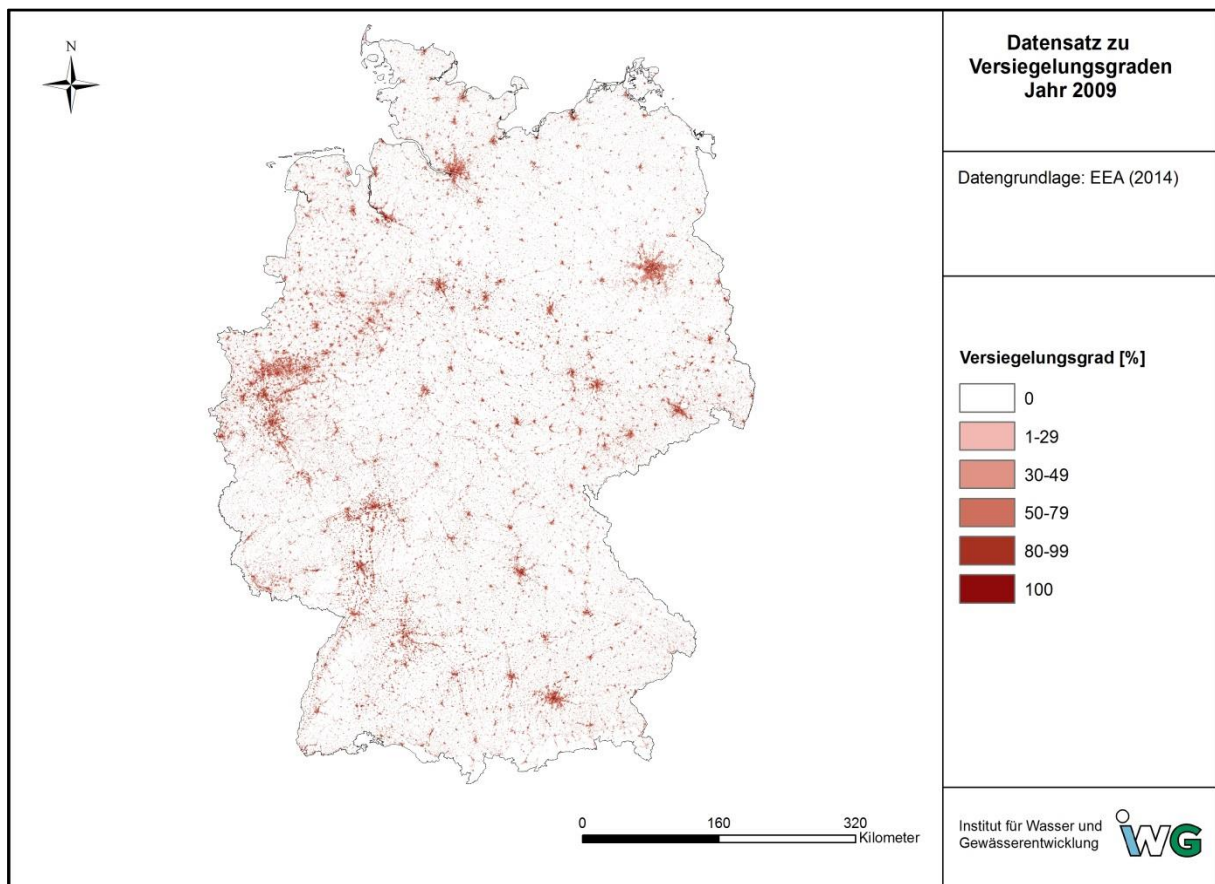
3.5.2.7 Versiegelte Flächen

Aufgrund neuer Datensätze müssen versiegelte Flächen nicht mehr nach empirischen Ansätzen, wie in Abschnitt 3.5.1 dargestellt, abgeschätzt werden. Zur Ableitung der innerörtlich versiegelten Flächen sind zwei europaweite Datensätze verfügbar, die für unterschiedliche Zeitpunkte gelten: 2006 (revised) und 2009 (EEA 2014) (Abbildung 17).

Die Satellitendatengrundlage für das Jahr 2006 ist IMAGE2006. Das sind Aufnahmen der Satelliten SPOT-4, SPOT-5 und IRS-P6 LISS-III. Für 2009 wurde IMAGE 2009, bitemporale Daten derselben Sensoren (in 20 m Auflösung) verwendet (Gangknofer et al. 2010).

Beide Datensätze stehen in zwei Auflösungen zur Verfügung: 20 m x 20 m und 100 m x 100 m. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde das Raster in der Auflösung von 100 m x 100 m verwendet, da dieses die zeitlichen Veränderungen der Versiegelung besser abbildet (Langanke 2013).

Abbildung 17: Datensatz zu Versiegelungsgraden (Darstellung für Deutschland für das Jahr 2009; EEA 2014) in Deutschland



Die Datensätze umfassen sowohl innerörtlich als auch außerörtlich versiegelte Flächen (wie bspw. Autobahnen usw.), deren Abfluss nicht in die Kanalisation eingeleitet wird. Um die innerörtlich versiegelten Flächen zu ermitteln, wurden die Versiegelungsgrade mit den urbanen Flächen nach CLC2006 (EEA 2013a) verschnitten. Bei der Extraktion der urbanen Flächen aus CLC2006 wurden alle gelisteten Unterklassen der Ebene 3 von der Landnutzungsklasse „Bebaute Flächen“ berücksichtigt.

Für die Berechnung der versiegelten Flächen wurden die prozentualen Versiegelungsgrade in absolute Werte umgerechnet. Insgesamt ergibt sich dadurch eine versiegelte Fläche für Deutschland für das Jahr 2009 von 13.330 km². Der mittlere Versiegelungsgrad der urbanen Flächen liegt bei ca. 45 % (Jahr 2009). Mit dieser Methode liegen die innerörtlichen versiegelten Flächen für das Jahr 2009 um etwa 34 % höher als die bisher von Fuchs et al. (2010a) angenommenen Werte.

Die aus den o.g. Datensätzen abgeleiteten Werte lagen für die Jahre 2006 und 2009 vor. Zwischen diesen Jahren wurden die Werte für die AU interpoliert. Für die Jahre 2010 und 2011 wurden die Werte aus dem Jahr 2009 übernommen.

3.5.2.8 Gewerbeflächen

Der Anteil der Gewerbeflächen an den Siedlungsflächen kann räumlich differenziert stark variieren. Um diese räumliche Variabilität besser abbilden zu können und die Aussagefähigkeit der Modellergebnisse zu verbessern, wurde der bisher verwendete Ansatz, der einen konstanten prozentualen Wert für alle AU annimmt, verändert.

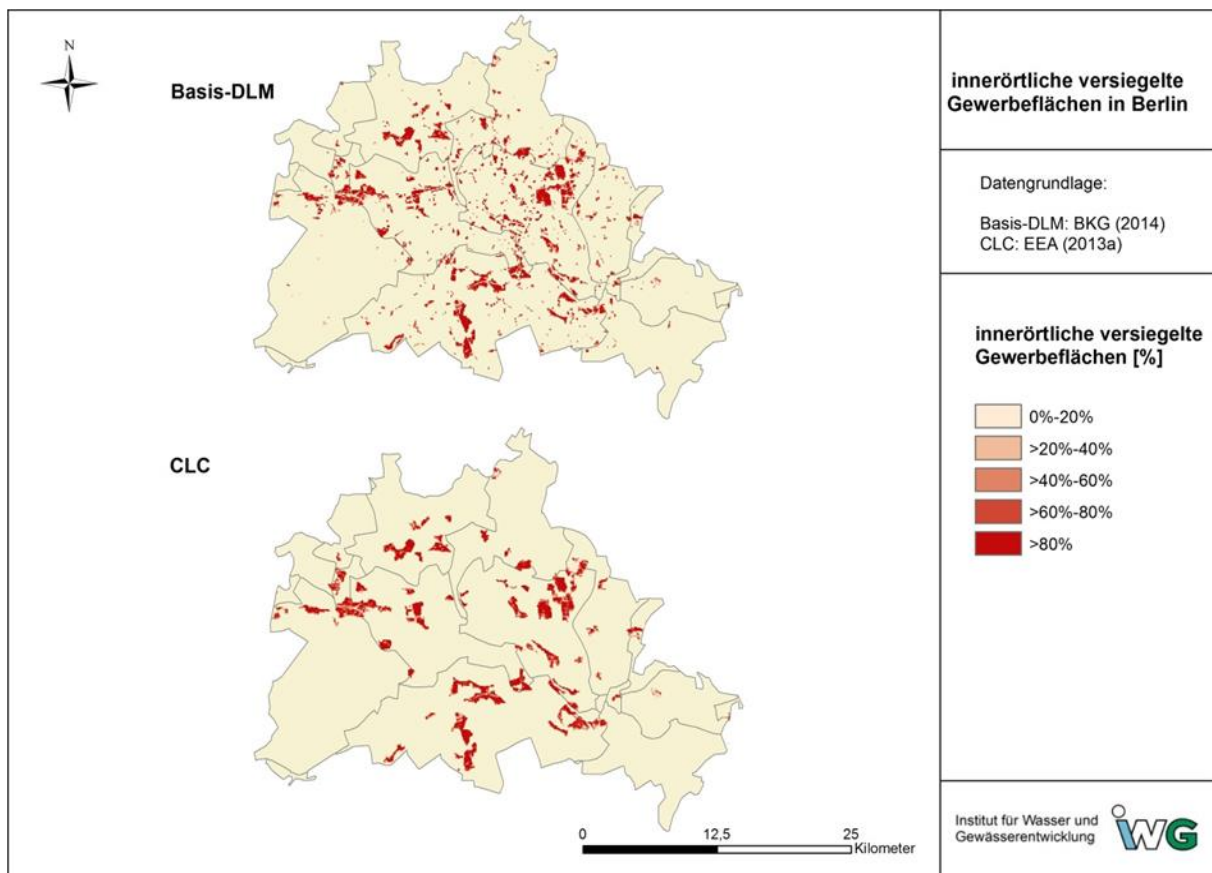
Informationen zur räumlichen Verteilung von Gewerbeflächen liegen grundsätzlich in zwei Datensätzen vor:

- im nur für Deutschland verfügbaren Basis-DLM für das Jahr 2011 und
- im europaweit verfügbaren Datensatz CLC2006.

Um hier eine Auswahl treffen zu können, wurden beide Datensätze zunächst mit den innerörtlichen versiegelten Flächen (Abschnitt 3.5.2.7) und mit den AU Deutschlands verschnitten und die Summe der Gewerbeflächen verglichen. Diese beträgt 2.518 km² nach Basis-DLM und 1.640 km² nach CLC2006. Das entspricht einer Abweichung von ca. 35 %. Mittels Basis-DLM ist eine deutliche detailliertere Erfassung der innerörtlich versiegelten Gewerbeflächen möglich. Abbildung 18 zeigt beide Datensätze im Vergleich für das Land Berlin. Da der Landnutzungsdatensatz auch in anderen Bereichen der Modellierung verwendet wird und hier bisher mit dem Datensatz CLC2006 gearbeitet wird, wurde aus Kompatibilitätsgründen darauf verzichtet, für die Gewerbeflächen einen anderen Datensatz heranzuziehen. Sollte für die Landnutzung jedoch künftig der Datensatz Basis-DLM oder ein vergleichbarer Datensatz verwendet werden, so sollte dies natürlich auch für die Gewerbeflächen geschehen.

Allerdings stellt auch die Verwendung des CLC2006-Datensatzes eine Verbesserung der Aussagefähigkeit im Vergleich zu dem bisher verwendeten methodischen Ansatz dar.

Abbildung 18: Vergleich der innerörtlich versiegelten Gewerbeflächen aus zwei Datensätzen am Beispiel von Berlin



Für die weitere Modellierung sind nun die versiegelten Gewerbeflächen relevant, die im Mischsystem mit Anschluss an Kläranlagen bzw. nur mit Anschluss an den Kanal, entwässert

werden. Die auf Basis des CLC2006 neu erzeugten Werte zu versiegelten Gewerbeflächen sind deutlich höher (Faktor 20) als die mittels empirischem Ansatz geschätzten (Fuchs et al. 2010a).

3.5.2.9 Anschlussverhältnisse der Einwohner

3.5.2.10 Die Anschlussverhältnisse der Einwohner

an Kanalnetz und kommunale Kläranlagen wurden aus statistischen Mikrodaten ermittelt. Diese sind auf Gemeindeebene verfügbar. Wie bereits in Tabelle 9 erläutert, sind darin Informationen hinterlegt zu:

- Gesamteinwohnerzahl,
- nur an das Kanalnetz aber nicht an kommunale Kläranlagen angeschlossenen Einwohnern und
- nicht an Kanalisation und kommunale Kläranlagen angeschlossenen Einwohnern.

Die Information zur Anzahl der Einwohner die an Kläranlagen angeschlossen sind, wurde als Differenz aus den Gesamteinwohnern, den nicht angeschlossenen sowie den nur an das Kanalnetz angeschlossenen Einwohnern auf Ebene der Gemeinden ermittelt. Aus diesen Anschlussverhältnissen wurden die prozentualen Anschlussgrade auf Gemeindeebene abgeleitet. So weit ist die Vorgehensweise die gleiche wie bislang.

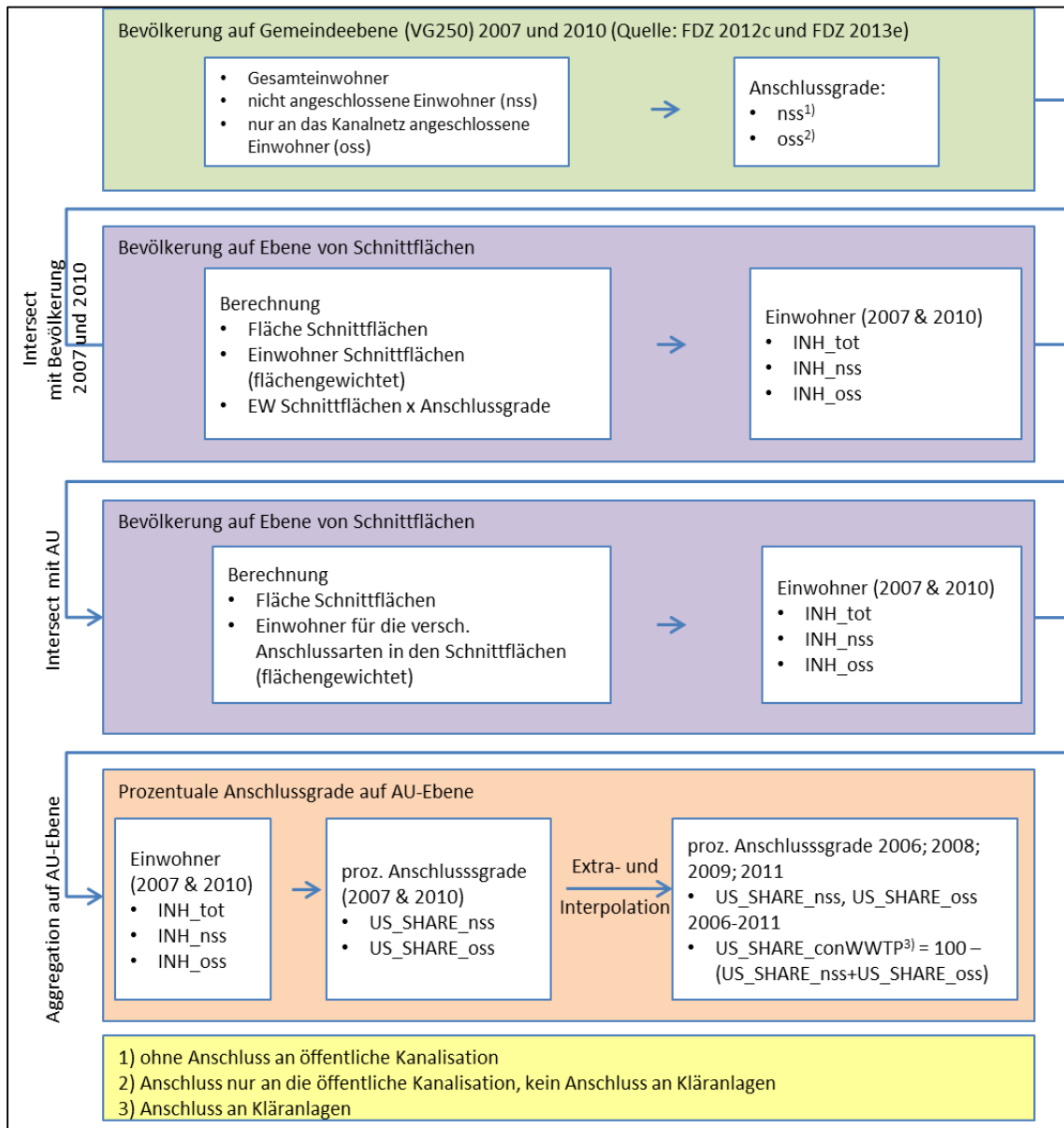
Der Unterschied im methodischen Vorgehen liegt in der Übertragung der Anschlussgrade der Bevölkerung (Einwohner) an Kanalisation und kommunale Kläranlagen auf die AU-Ebene. Diese erfolgte nicht flächengewichtet wie bislang, sondern anhand der Bezugsgröße „Einwohner“. Hierfür wurden die prozentualen Anschlussgrade für die Jahre 2007 und 2010 auf Gemeindeebene mit den Gesamteinwohnern in Beziehung gesetzt. So entsteht ein Datensatz mit der Anzahl der Einwohner in ihren jeweiligen Anschlussverhältnissen (nur oss und nss³). Die Anzahl der an die unterschiedlichen Entsorgungswege angeschlossenen Einwohner wurde anschließend auf AU-Ebene aggregiert und daraus die prozentualen Anschlussgrade auf AU-Ebene ermittelt. Die Werte für die Jahre 2008 und 2009 wurden aus den Jahren 2007 und 2010 interpoliert. Für das Jahr 2006 und 2011 wurden die Werte aus 2007 bzw. 2010 übernommen.

Die prozentualen Anschlussgrade der Einwohner, die an die Kanalisation bzw. nur an Kläranlagen angeschlossen sind, erhält man für die Jahre 2006 bis 2011 durch Differenzenbildung zu 100 %. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 19 skizziert.

Zur Berechnung der Anzahl der Einwohner in ihrem jeweiligen Anschlussverhältnis auf AU-Ebene wird der Anschlussgrad auf AU-Ebene noch mit der der Gesamteinwohnerzahl in der AU in Beziehung gesetzt.

³ nur an das Kanalnetz angeschlossene Einwohner und nicht angeschlossene Einwohner

Abbildung 19: Vorgehensweise zur Übertragung der Anschlussverhältnisse auf die Analysegebiete



3.5.2.11 Art der Entwässerung

Die Entwässerungsart (Anteil Mischsystem) wird wie in Tabelle 9 dargestellt, aus den Kanalnetzlängen der Mischwasserkanäle und Schmutzwasserkanäle ermittelt. Zur Übertragung der Kanalnetzlängen der Gemeinden auf die AU wurde die Bezugsgröße urbane Fläche verwendet. Zunächst wurden die Daten mit den Gemeindegrenzen (BKG 2007; BKG 2010b) verknüpft und mit den Siedlungsgebieten aus dem Basis-DLM (BKG 2010a; BKG 2014) sowie mit den deutschen AU verschnitten. Die Übertragung der Kanalnetzlängen auf die AU wurde dann siedlungsflächengewichtet durchgeführt. Diese Daten (Längen der Mischwasser- und Schmutzwasserkanäle) wurden erstmals als Variablen in MoRE hinterlegt. Somit wurde ein Teil des bisherigen Präprozessings in MoRE integriert.

Wie bei allen Daten vom FDZ lagen auch hier nur Werte für die Jahre 2007 und 2010 vor. Nach der Erzeugung der Ergebnisse für diese Jahre wurden die restlichen Jahre auf Ebene der AU übernommen (2006 von 2007 und 2011 von 2010) bzw. linear interpoliert (2008 und 2009 aus 2007 und 2010).

Zur Modellierung wird der Anteil des Mischsystems als Quotient aus der Länge der Mischwasserkanäle und der Summe der Längen von Mischwasser- und Schmutzwasserkanälen in MoRE berechnet.

3.5.2.12 Speichervolumen der Regenüberlaufbecken

Das Speichervolumen der RÜB wurde anhand statistischer Daten ermittelt (FDZ 2013c). Diese Daten liegen für den Standort der Kanalnetzbetreiber in einer langen Datenreihe vor. Problematisch an diesem Datensatz ist, dass für die Gemeinden, in denen keine Kanalnetzbetreiber ansässig sind, keine Daten verfügbar sind. Dagegen wird für die Gemeinden, in denen Kanalnetzbetreiber ansässig sind, zu viel Volumen ausgewiesen. Deswegen wird auf einen anderen Datensatz, der auf Ebene von Gemeinden vorliegt, zurückgegriffen. Valide und vollständige Daten lagen jedoch lediglich für das Jahr 2010 vor. Deswegen wurden diese Daten für alle Jahre übernommen. Siehe dazu auch die Ausführungen in Fuchs et al. (2014a).

Zur Übertragung der Daten auf die AU wurde die gleiche Vorgehensweise gewählt wie bei den Kanallängen (Abschnitt 3.5.2.11). Jedoch wurde für die Übertragung nicht die Siedlungsfläche verwendet, sondern die Bezugsgröße innerörtliche versiegelte Fläche im Mischsystem.

3.5.2.13 Volumen der Regenklärbecken

Bislang gab es in MoRE keine Angaben zu RKB. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden also erstmals Daten zum Speichervolumen der RKB in die Modellierung integriert. Diese werden benötigt, um die klärtechnische Wirkung von Regenbecken (Abschnitt 3.5.2.14) zu berücksichtigen.

Ebenso wie die Speichervolumen der RÜB stammen die Speichervolumen der RKB aus den statistischen Mikrodaten (FDZ 2013c). Die Übertragung der Speichervolumen der RKB war analog zur Vorgehensweise bei den Speichervolumen der RÜB (Abschnitt 3.5.2.12), wobei die Übertragung der Daten jedoch anhand der versiegelten Fläche im Trennsystem erfolgte.

3.5.2.14 Berücksichtigung der klärtechnischen Wirkung von Regenbecken

Zur Berücksichtigung der Rückhaltewirkung bestehender Regenbecken (RÜB und RKB) bei der Modellierung wurde die Wirksamkeit von RÜB und RKB erstmals in die Modellierung integriert. Dabei werden jedoch nicht alle Becken berücksichtigt, sondern nur Durchlaufbecken. Für diese wird eine Sedimentationswirkung von 20 % (Fuchs et al. 2013c) angenommen.

Daten zur Art von RÜB lagen nur für die Länder Baden-Württemberg (LUBW 2014) und Nordrhein-Westfalen (LANUV 2014) vor. Für Baden-Württemberg lagen zu 88 % des Beckenvolumens Angaben zum Typ vor, in Nordrhein-Westfalen zu allen Becken. Für die beiden Länder wurde der Anteil der Volumen von Durchlaufbecken an dem Volumen von RÜB mit Angaben zur Beckenart ermittelt. Für die RÜB ohne Angaben zur Beckenart wurde angenommen, dass der ermittelte Anteil der Durchlaufbecken auch hierfür gilt. Anschließend wurde der Mittelwert beider Länder den restlichen Ländern zugewiesen (Tabelle 11). Es bleibt zu betonen, dass dies aufgrund von Datenlücken für die restlichen Länder eine erste Abschätzung darstellt.

Tabelle 11: Abschätzung zum prozentualen Anteil von Durchlaufbecken an Regenüberlaufbecken in Deutschland – bezogen auf das Volumen der Becken

Land	prozentualer Volumenanteil Durchlaufbecken an Regenüberlaufbecken [%]	Quelle
Baden-Württemberg	36,7	(LUBW 2014)
Nordrhein-Westfalen	50	(LANUV 2014)
restliche Länder	43,4	Mittelwert BW, NW

3.5.2.15 Regionalisiertes Oberflächenpotenzial

Das Oberflächenpotenzial ist eine Stofffracht, die im jährlichen Mittel von versiegelten Flächen abgewaschen wird. Diese Größe wird anhand gemessener Konzentrationen im Niederschlagsabfluss von Trennsystemen ermittelt. Bislang wurde zur Modellierung der Einträge von Phosphor, Schwermetallen und PAK ein einheitlicher Wert für das Oberflächenpotenzial für alle AU angenommen. Somit konnte keine Differenzierung zwischen städtischen und ländlichen Räumen vorgenommen werden. Diese Räume unterscheiden sich jedoch stark in den anthropogenen Aktivitäten wie bspw. Verkehrsaufkommen und Industrie. Hieraus ergeben sich unterschiedlich hohe direkte Einträge auf die versiegelte Fläche (Abrieb von Bremsen und Reifen, Korrosion metallischer Oberflächen sowie atmosphärische Deposition).

Für die Stoffe Cu und Zn konnte im Rahmen dieses Vorhabens auf regionalisierte Oberflächenpotenziale, die in einem Vorgängervorhaben von Fuchs et al. (2012) abgeleitet wurden, zurückgegriffen werden. Zunächst wurde ein Landnutzungsdatensatz erzeugt, der städtische und ländliche Siedlungsräume voneinander differenziert. Parallel dazu wurde eine Datenbank zu Konzentrationen im Niederschlagsabfluss ausgewertet, welche Einträge zu Messstellen weltweit umfasst. Diese Datenbank enthält neben den genannten Konzentrationen Angaben zu den Eigenschaften und zur Nutzung der Einzugsgebiete der Messstellen. Darüber konnte eine Kategorisierung der Standorte in städtisch und ländlich vorgenommen werden. Für die beiden Kategorien wurde die statistische Verteilung analysiert und der Median gebildet. Anschließend wurden unter Zuhilfenahme des Landnutzungsdatensatzes zu städtischen und ländlichen Räumen für die Stoffe Zink und Kupfer regionalisierte Oberflächenpotenziale ausgewiesen. Für diese Stoffe liegt eine vergleichsweise gute Datenbasis vor.

Landnutzungs-Datensatz „städtische“ und „ländliche“ Räume

Zur Unterscheidung städtischer und ländlicher Gebiete wurden in einem ersten Schritt die städtischen Räume ausgewiesen. Hierfür wurde sowohl ein Datensatz zu Agglomerationen als auch alle Städte > 200.000 Einwohner berücksichtigt. Anhand dieser Informationen wurde unter Einbeziehung der Verwaltungsgrenzen der Gemeinden „VG250“ (BKG 2007) die Datenbasis „städtische Räume“ für Deutschland ausgewiesen (Tabelle 12).

Diese Datenbasis wurde anschließend mit den innerörtlichen versiegelten Flächen verschnitten. Hieraus ergibt sich ein Datensatz mit versiegelten Flächen, die bei der Modellierung der Stoffeinträge mit einem höheren stoffspezifischen Oberflächenpotenzial belegt werden. Die restlichen innerörtlichen versiegelten Flächen (ländliche Räume) werden mit einem niedrigeren Oberflächenpotenzial belegt.

Innerhalb von MoRE werden die städtischen und ländlichen Räume den einzelnen Untereintragspfaden zugewiesen. Dabei wurde die Annahme getroffen, dass alle versiegelten Flächen in städtischen Räumen an Kläranlagen angeschlossen sind, d.h. dass sie entweder dem Misch- oder dem Trennsystem zugeordnet werden. Nur an den Kanal bzw. nicht angeschlossene versiegelte Flächen beinhalten demzufolge keine versiegelten städtischen Flächen. Bei den ländlichen Räumen wurden die versiegelten Flächen dem Misch- oder Trennsystem zugeordnet, wobei auch der Anschlussgrad zu Kläranlagen Berücksichtigung fand. Die versiegelten Flächen, die nur an die Kanalisation bzw. gar nicht angeschlossen sind, wurden über den entsprechenden prozentualen Anteil der Einwohner berechnet.

Tabelle 12: Städtische Räume (Agglomerationsräume) in Deutschland

Nr.	Agglomeration
1	Aachen
2	Berlin
3	Bonn
4	Bremen
5	Düsseldorf
6	Dresden
7	Frankfurt am Main
8	Gießen - Wetzlar
9	Hagen - Iserlohn
10	Hamburg
11	Hannover
12	Köln
13	Karlsruhe
14	Leipzig
15	München
16	Mainz-Wiesbaden
17	Mannheim
18	Nürnberg
19	Ruhrgebiet
20	Saarbrücken
21	Stuttgart
22	Ulm - Neu-Ulm
23	Wuppertal

Ableitung repräsentativer Konzentrationen für „städtische“ und „ländliche“ Räume

Fuchs et al. (2010) ermitteln für den Zeitraum 1980-2005 jahresweise das arithmetische Mittel der Konzentrationen basierend auf Brombach und Fuchs (2002, erweitert) und zeigen dabei, dass es im Gegensatz zu den anderen Schwermetallen für Cu und Zn keinen zeitlichen Trend gibt. Aus diesem Grund flossen in die Studie von Fuchs et al. (2012) alle Konzentrationswerte dieses Datenpools ab 1995 ohne Zuordnung zu einem bestimmten Jahr ein. Daraus und aus der kontinuierlichen Erweiterung des Datenpools von Brombach und

Fuchs (2003, erweitert) ergab sich eine größere Anzahl von Messwerten, die es erlaubte, eine statistische Auswertung durchzuführen.

Anhand der verfügbaren Informationen wurde jenen Messstellen des Datenpools, die sich innerhalb einer Siedlung befanden und nicht an einer Autobahn lagen, das Attribut „städtisch“ oder „ländlich“ zugewiesen. Für diese Ausweisung wurden Informationen über das Verkehrsaufkommen und Einwohnerzahlen herangezogen. Lag das Verkehrsaufkommen im Einzugsgebiet der jeweiligen Messstelle bei über 30.000 Kraftfahrzeugen pro Tag, wurde der Messstelle das Attribut „städtisch“ zugewiesen. Waren Informationen über das Verkehrsaufkommen nicht verfügbar, wurden Einwohnerzahlen zu den Städten, in denen die Messstellen lagen, recherchiert. Alle Siedlungen, die mehr als 200.000 Einwohner aufwiesen, wurden als „städtisch“ ausgewiesen. Den übrigen Messstellen wurde das Attribut „ländlich“ zugewiesen.

Die Konzentrationen für Cu und Zn wurden den Messstellen entsprechend in zwei Kategorien unterteilt. So ergaben sich vier Datensätze, die statistisch untersucht wurden. Dabei wurde die Häufigkeitsverteilung ermittelt und als Histogramm ausgewertet (Abbildung 20 und Abbildung 21). Zunächst wird deutlich, dass alle Datensätze eine rechtsschiefe Verteilung aufweisen. Je nach Schwermetall und Siedlungsklasse liegen zwischen 60 und 70 % der Stichprobenwerte unter dem Mittelwert. Somit spiegelt der Median die Verteilung der Daten besser wieder als der arithmetische Mittelwert. Da sich der Median zudem in der Aussagefähigkeit gegenüber Ausreißern robuster verhält, wurde dieser zur besseren Repräsentanz der Werte bei der Ableitung des Oberflächenpotenzials verwendet.

Die Medianwerte der Cu- und Zn-Konzentrationen im Niederschlagsabfluss unterscheiden sich mit 47 µg/L bzw. 265 µg/L in städtischen Räumen deutlich von denen in ländlichen Räumen (29 µg/L bzw. 165 µg/L).

Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung von Kupfer-Konzentrationen im Niederschlagsabfluss von ländlichen und städtischen Räumen (Fuchs et al. 2012)

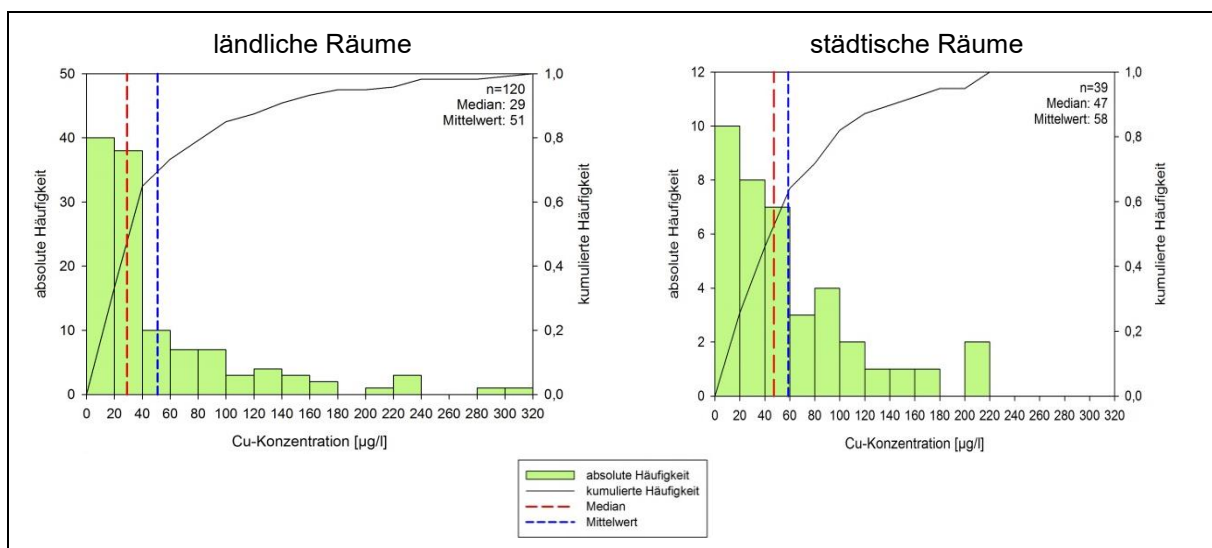
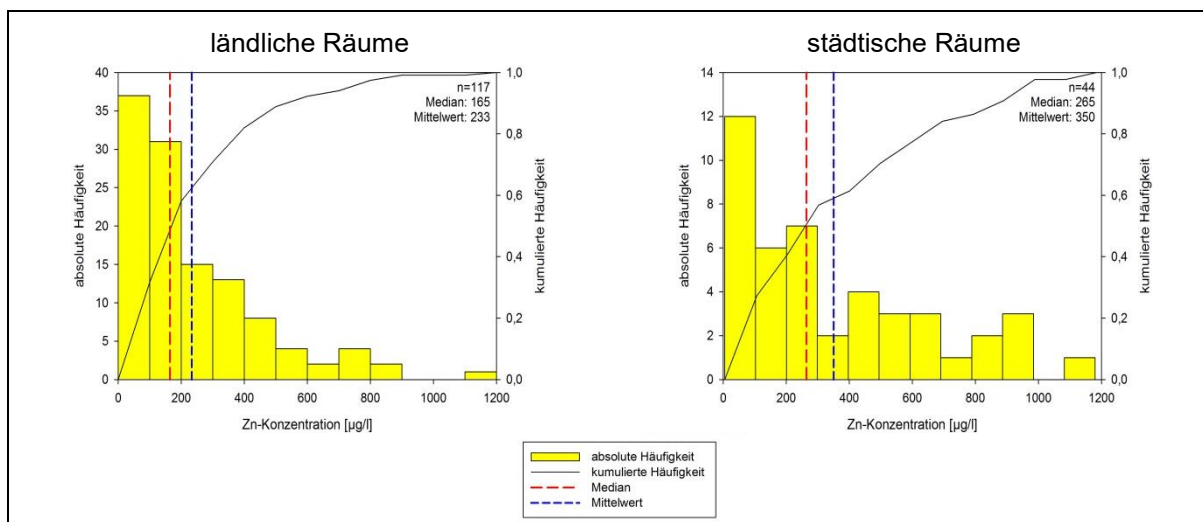


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung von Zink-Konzentrationen im Niederschlagsabfluss von ländlichen und städtischen Räumen (Fuchs et al. 2012)



Ableitung regionalisierter Oberflächenpotenziale

Über den Median der Stoffkonzentrationen von Niederschlagsabflüssen in städtischen und ländlichen Räumen, den Niederschlagsabfluss sowie die versiegelte Fläche im Trennsystem errechnen sich nach der Vorgehensweise von Fuchs et al. (2010a) regionalisierte Oberflächenpotenziale für Cu und Zn entsprechend Tabelle 13.

Da der Median der Konzentrationen deutlich niedriger ist als das arithmetische Mittel (Abbildung 8 und Abbildung 9), ist das Oberflächenpotenzial, welches auf Basis des Medians abgeleitet wurde, niedriger als bei Fuchs et al. (2010a). Die flächengewichteten Mittel der Oberflächenpotenziale von 120 g/(ha·a) für Cu bzw. 806 g/(ha·a) für Zn liegen um 40 bzw. 50 % niedriger als die in Fuchs et al. (2010a) verwendeten Werte.

Tabelle 13: Regionalisierte Oberflächenpotenziale für Kupfer und Zink nach Fuchs et al. (2014a)

Gültigkeit	Oberflächenpotenziale	
	Kupfer [g/(ha·a)]	Zink [g/(ha·a)]
ländliche Räume	101	584
städtische Räume	180	1.501
flächengewichtetes Mittel	120	806
Fuchs et al. (2010a)	204	1.631
Veränderung	-41%	-50%

3.5.3 Ergebnisse und Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

In den folgenden Abschnitten 3.5.3.1 bis 3.5.3.3 werden die Ergebnisse für die Anpassungen für den Eintragspfad „Kanalisationssysteme“ präsentiert. Zudem wird eine Empfehlung zur weiteren bundeseinheitlichen Modellierung formuliert (Abschnitt 3.5.3.4).

Durch die beschriebenen methodischen Veränderungen haben sich die Ergebnisse der Eintragsmodellierung besonders regional in den AU geändert, in denen auf Grund der vorhandenen Infrastruktur die angepassten Ansätze besonders zum Tragen kommen.

Insgesamt kommt es auch im Mittel zu tendenziell höheren Einträgen in die Kanalisation durch eine mittlere Zunahme der versiegelten Flächen sowie der versiegelten Gewerbeflächen. Bei den restlichen Eingangsdatensätzen hat sich die mittlere Situation in Deutschland kaum verändert. Änderungen können sich aber auch hier regional ergeben, insbesondere auch dadurch, dass die Eingangsdaten nicht mehr flächengewichtet wie bislang auf die AU übertragen werden, sondern auf Basis von passenden Bezugsgrößen (Anschlussverhältnisse der Einwohner, Art der Entwässerung und Speichervolumen Regenüberlaufbecken). Durch die erstmalige Integration eines Datensatzes zum Speichervolumen von RKB sowie die Rückhaltewirkung von Regenbecken (RÜB und RKB) in die Modellierung, wurde die bestehende Infrastruktur und deren Wirksamkeit auf Stoffeinträge abgebildet. Dies wirkt sich im Allgemeinen in allen AU mit entsprechenden Strukturen eintragsmindernd aus.

3.5.3.1 Nährstoffeinträge über Kanalisationssysteme

Die Nährstoffeinträge über Kanalisationssysteme erhöhen sich deutschlandweit nach der angepassten Variante um 24 % auf 24.100 t (N) bzw. 19 % auf 4.160 t (P) (Tabelle 14 und Tabelle 15).

Hinsichtlich der N-Einträge wirken sich bei ansonsten kaum veränderten Eingangsdaten v.a. die höhere versiegelte Fläche und Gewerbefläche (s. Abschnitte 3.5.2.7 und 3.5.2.8) eintrags erhöhend aus. Im Gegensatz zu den vorwiegend partikulär gebundenen Stoffen wird bei N kein Rückhalt in Regenbecken angenommen, sodass hier keine weitere rechnerische Reduktion stattfindet. So gesehen stellen die geänderten N-Einträge ein Bild der geänderten Eingangsdaten dar. D.h., dass in AU, in denen die versiegelten Flächen und Gewerbeflächen bislang unterschätzt wurden, die gestiegenen Einträge eng mit den höheren Flächenanteil korrelieren. Flussgebietsspezifisch liegen die Änderungen zwischen einer Zunahme um 18 % (Rhein) und 61 % (Oder) (Tabelle 14). Abbildung 22 und Abbildung 23 stellen die spezifischen N-Einträge nach der Basisvariante und der angepassten Variante sowie die daraus resultierenden prozentualen Änderungen auf Ebene der AU dar.

Analog zu N resultieren die im Mittel gestiegenen P-Einträge aus einem höheren Anteil versiegelter Flächen und Gewerbeflächen (s. Abschnitte 3.5.2.7 und 3.5.2.8). Diese erhöhten Einträge in die Kanalisation wurden erstmalig um einen Wirkungsgrad in Regenbecken abgemindert (s. Abschnitt 3.5.2.14). Dies kann sich jedoch nur in AU mit entsprechenden Strukturen eintragsmindernd auswirken, d.h. in AU mit RÜB bzw. RKB sowie einem relevanten Anteil an Durchlaufbecken. Bei P ist also neben dem Einfluss geänderter Eingangsdaten auch ein geänderter Ansatz zu berücksichtigen. Flussgebietsspezifisch liegen die Änderungen zwischen einer Zunahme um 13 % (Rhein) und 49 % (Oder) (Tabelle 15). Abbildung 24 und Abbildung 25 stellen die spezifischen P-Einträge nach der Basisvariante und der angepassten Variante sowie die daraus resultierenden prozentualen Änderungen auf Ebene der AU dar.

Hinsichtlich der Nährstoff-Gesamteinträge wirken sich die geänderten Eingangsdaten und Ansätze beim Eintragspfad Kanalisationssysteme bei ansonsten unveränderter Situation eher mäßig aus (Zunahme um 0,75 % (N) bzw. 2,4 % (P)). Dies ist dadurch bedingt, dass dieser Eintragspfad nach Fuchs et al. (2014a) lediglich 3 bzw. 14 % der Gesamteinträge ausmacht.

Tabelle 14: Vergleich der Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Stickstoff-Eintrag Basisvariante [t/a]	Stickstoff-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	2.420	2.990	24
Eider	68	96	40
Elbe	5.330	6.520	22
Ems	523	806	54
Maas	346	456	32
Oder	131	211	61
Rhein	8.280	9.740	18
Schlei/Trave	179	250	40
Warnow/Peene	176	261	48
Weser	2.090	2.780	33
Nordsee	16.600	20.400	23
Ostsee	485	721	49
Schwarzes Meer	2.420	2.990	24
Deutschland	19.500	24.100	24

Tabelle 15: Vergleich der Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Phosphor-Eintrag Basisvariante [t/a]	Phosphor-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	412	485	18
Eider	16	20	24
Elbe	963	1.150	19
Ems	98	131	34
Maas	63	75	18
Oder	31	47	49
Rhein	1.450	1.640	13
Schlei/Trave	41	50	20
Warnow/Peene	45	61	36
Weser	395	496	26
Nordsee	2.980	3.520	18
Ostsee	117	157	34
Schwarzes Meer	412	485	18
Deutschland	3.510	4.160	19

Abbildung 22: Spezifische Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland

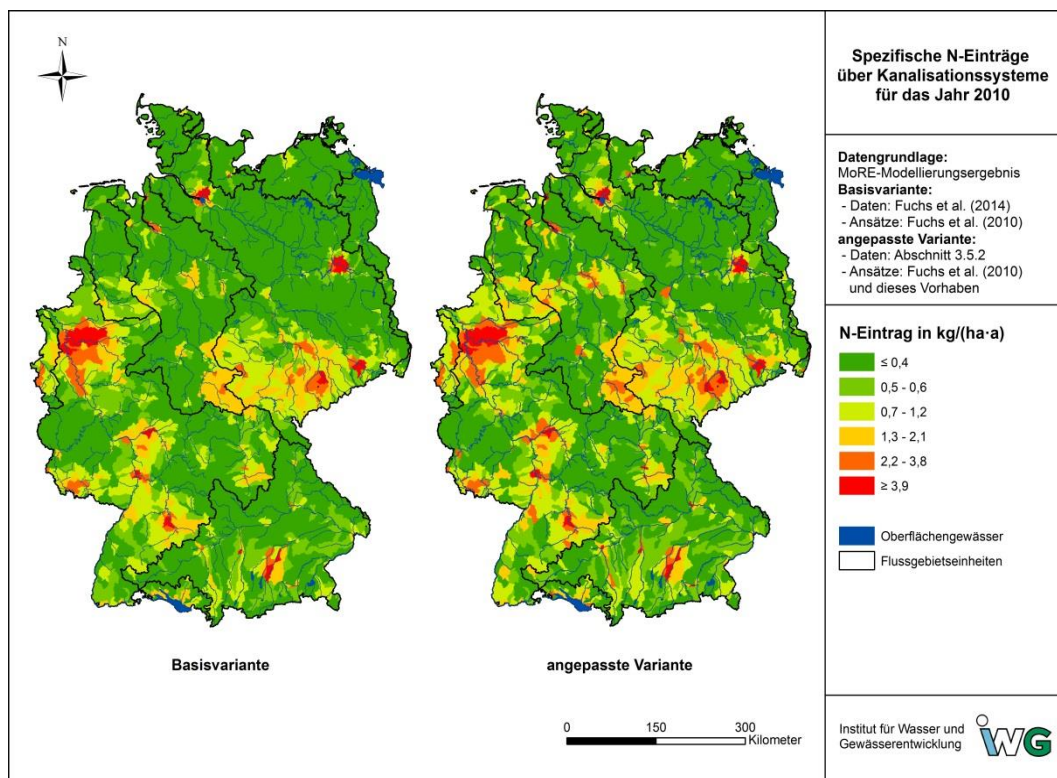


Abbildung 23: Änderung der Stickstoff-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

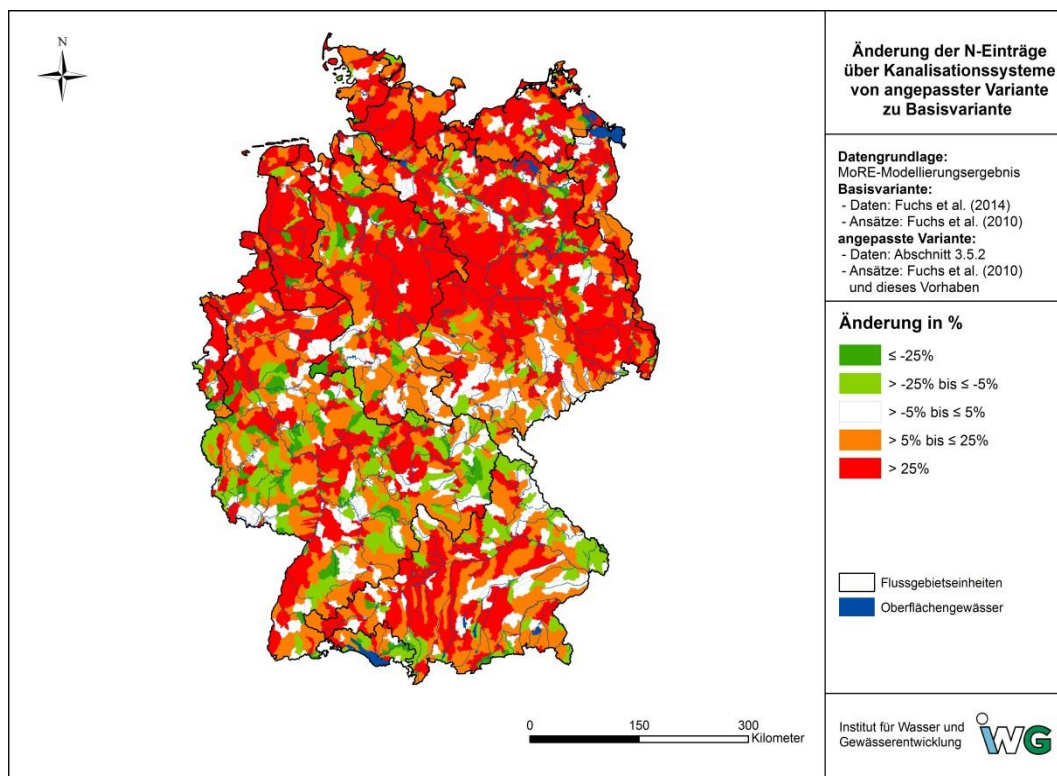


Abbildung 24: Spezifische Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland

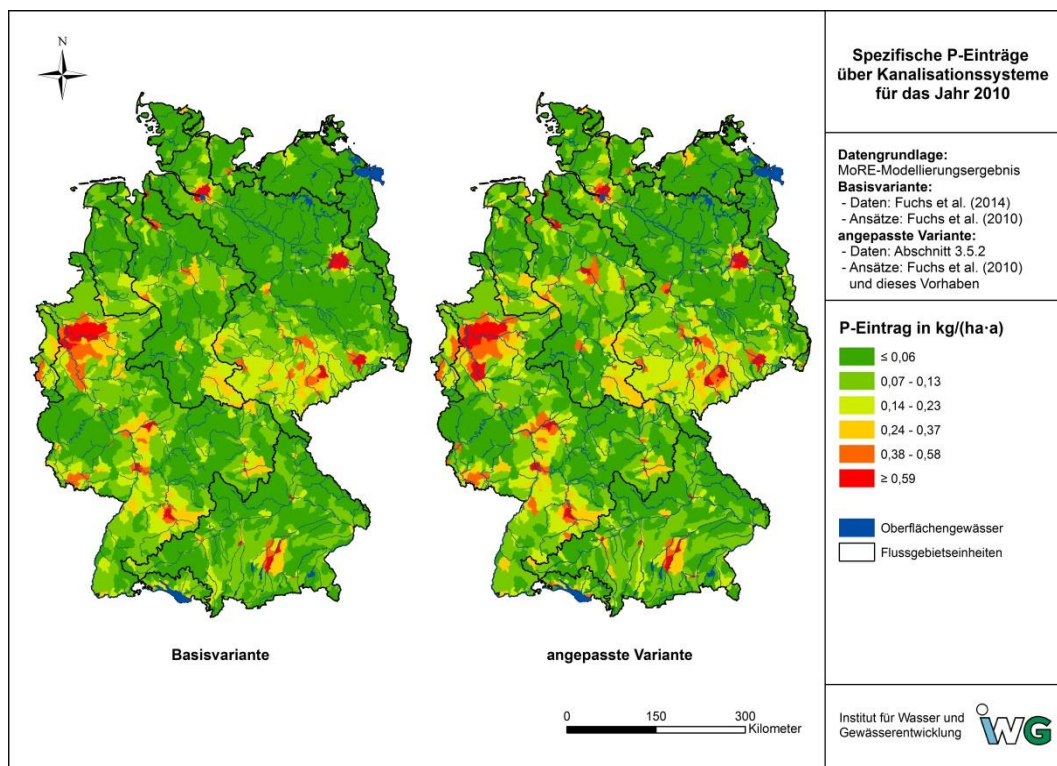
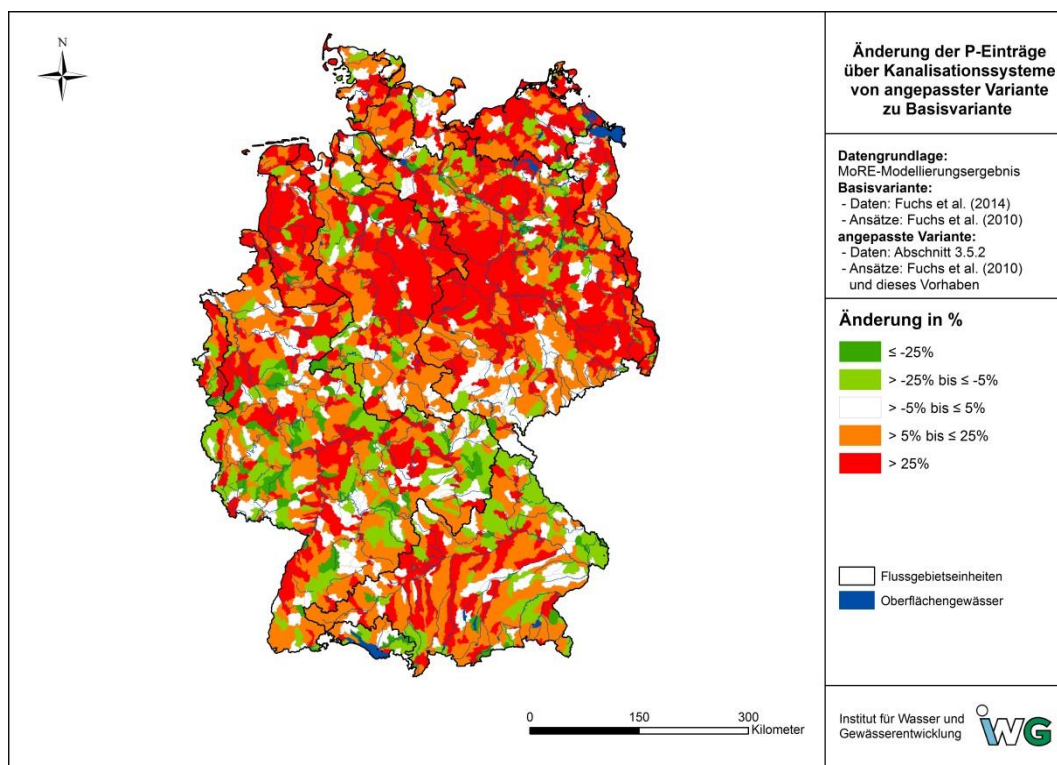


Abbildung 25: Änderung der Phosphor-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



3.5.3.2 Schwermetalleinträge über Kanalisationssysteme

Für die Schwermetalle ergeben sich durch die Anpassung der Eingangsdaten und Ansätze unterschiedlich starke Veränderungen hinsichtlich der Einträge über Kanalisationssysteme (Tabelle 16).

Tabelle 16: Vergleich der Schwermetall-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010

Stoff	Eintrag Basisvariante [kg/a]	Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Cadmium	525	678	29
Chrom	8.770	11.400	30
Quecksilber	226	275	22
Nickel	13.100	16.800	28
Blei	41.200	53.500	30
Kupfer	166.000	122.000	-27
Zink	866.000	768.000	-11

Bei den Schwermetallen, deren stoffliche Eingangsdaten nicht angepasst wurden (Cd, Cr, Hg, Ni, Pb), ergeben sich etwa 22 bis 30 % höhere Stoffeinträge. Die Veränderungen im Eintragsgeschehen dieser Stoffe resultieren aus einem deutlich höheren Anteil versiegelter Flächen und Gewerbeflächen (s. Abschnitte 3.5.2.7 und 3.5.2.8) in der angepassten Variante. Diese erhöhten Einträge in die Kanalisation wurden - wie bei P auch - um einen Wirkungsgrad in Regenbecken abgemindert (s. Abschnitt 3.5.2.14). Analog kann sich dies jedoch nur in AU mit entsprechenden Strukturen (RÜB bzw. RKB sowie einem relevanten Anteil an Durchlaufbecken) eintragsmindernd auswirken. Flussgebietsspezifisch liegen die Änderungen zwischen einer Zunahme der Einträge um 14 % (Rhein) bis 58 % (Oder) (Tabelle 17 bis Tabelle 21). Stellvertretend für die Schwermetalle, deren stoffliche Eingangsdaten nicht angepasst wurden, seien die spezifischen Cr-Einträge über Kanalisationssysteme aus Deutschland exemplarisch für die Basisvariante und die angepasste Variante sowie die daraus resultierenden prozentualen Änderungen in Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt.

Auch bei diesen Schwermetallen wirkt sich die Veränderung der Eingangsdaten und Ansätze beim Eintragspfad Kanalisationssysteme auf die Gesamteinträge bei ansonsten unveränderter Situation eher mäßig aus (Zunahme um 0,74 % (Ni) bis 5,58 % (Pb)). Dies ist dadurch bedingt, dass dieser Eintragspfad nach Fuchs et al. (2014a) stoffspezifisch lediglich 3 bzw. 20 % der Gesamteinträge ausmacht.

Die Einträge der Schwermetalle, deren Oberflächenpotenzial angepasst wurde, liegen insgesamt für Deutschland um 27 % (Cu) bzw. 11 % (Zn) unter den Werten von Fuchs et al. (2010a) (Tabelle 16). Hier wirkt sich trotz erhöhter versiegelter Flächen (s. Abschnitt 3.5.2.7) und Gewerbeflächen (s. Abschnitt 3.5.2.8) neben dem Wirkungsgrad von Regenbecken (s. Abschnitt 3.5.2.14) das deutlich niedrigere Oberflächenpotenzial (s. Tabelle 13) rechnerisch eintragsmindernd aus. In der regionalisierten Betrachtung zeigt sich, dass trotz der im Mittel für Deutschland gesunkenen Einträge in einigen AU die Einträge gestiegen sind. Grund ist, dass in diesen AU ein relevanter Anteil an Agglomerationsräumen mit höheren Oberflächenpotentialen ausgewiesen wurde. Die AU, in denen keine Agglomerationsräume ausgewiesen wurden, verzeichnen geringere Einträge

bedingt durch niedrigere Oberflächenpotenziale. Flussgebietsspezifisch liegen die Änderungen der Einträge zwischen einer Abnahme der Cu-Einträge zwischen 41 % (Eider) und 24 % (Elbe) und der Zn-Einträge zwischen 38 % (Eider) und 5 % (Elbe) (Tabelle 22 und Tabelle 23). Die Eintragssituation für Zn sowie die Änderungen von angepasster Variante zu Basisvariante sind Abbildung 28 bzw. Abbildung 29 zu entnehmen.

Bei ansonsten unveränderter Situation wirken sich die Anpassungen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme auf die Cu- und Zn-Gesamteinträge in einer Reduktion um 10 bzw. 5 % aus. Diese besonders bei Cu starke Reduktion ist bedingt durch die vergleichsweise hohe Relevanz des Eintragspfades an den Gesamteinträgen.

Tabelle 17: Vergleich der Cadmium-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Cadmium-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Cadmium-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	59	74	25
Eider	3	4	27
Elbe	143	190	33
Ems	19	27	41
Maas	11	13	22
Oder	6	10	57
Rhein	196	241	23
Schlei/Trave	9	11	22
Warnow/Peene	9	14	42
Weser	69	95	37
Nordsee	441	570	29
Ostsee	25	35	39
Schwarzes Meer	59	74	25
Deutschland	525	678	29

Tabelle 18: Vergleich der Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Chrom-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Chrom-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	959	1.210	26
Eider	60	76	27
Elbe	2.450	3.260	33
Ems	362	513	42
Maas	182	221	21
Oder	122	193	58
Rhein	3.060	3.800	24
Schlei/Trave	166	203	22
Warnow/Peene	179	256	43
Weser	1.230	1.690	37
Nordsee	7.340	9.550	30
Ostsee	466	651	40
Schwarzes Meer	959	1.210	26
Deutschland	8.770	11.400	30

Tabelle 19: Vergleich der Quecksilber-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Quecksilber-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Quecksilber-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	26	31	19
Eider	1	1	25
Elbe	60	76	26
Ems	7	10	39
Maas	4	5	17
Oder	2	4	55
Rhein	91	104	14
Schlei/Trave	3	4	21
Warnow/Peene	3	5	41
Weser	28	36	31
Nordsee	191	232	21
Ostsee	9	12	37
Schwarzes Meer	26	31	19
Deutschland	226	275	22

Tabelle 20: Vergleich der Nickel-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Nickel-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Nickel-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	1.440	1.800	25
Eider	86	109	27
Elbe	3.620	4.750	31
Ems	520	736	42
Maas	269	323	20
Oder	176	276	57
Rhein	4.680	5.670	21
Schlei/Trave	238	291	22
Warnow/Peene	257	367	43
Weser	1.800	2.440	36
Nordsee	11.000	14.000	27
Ostsee	670	933	39
Schwarzes Meer	1.440	1.800	25
Deutschland	13.100	16.700	27

Tabelle 21: Vergleich der Blei-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Blei-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Blei-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	4.500	5.670	26
Eider	285	362	27
Elbe	11.500	15.300	33
Ems	1.720	2.450	42
Maas	858	1.040	21
Oder	584	920	58
Rhein	14.300	17.600	23
Schlei/Trave	790	968	23
Warnow/Peene	853	1.220	43
Weser	5.820	7.980	37
Nordsee	34.500	44.700	30
Ostsee	2.220	3.110	40
Schwarzes Meer	4.500	5.670	26
Deutschland	41.200	53.500	30

Tabelle 22: Vergleich der Kupfer-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Kupfer-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Kupfer-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	18.600	12.900	-31
Eider	1.120	659	-41
Elbe	44.900	34.200	-24
Ems	6.750	4.760	-29
Maas	3.470	2.510	-28
Oder	2.260	1.640	-27
Rhein	60.000	44.200	-26
Schlei/Trave	3.090	2.170	-30
Warnow/Peene	3.310	2.450	-26
Weser	22.900	16.700	-27
Nordsee	139.000	103.000	-26
Ostsee	8.650	6.250	-28
Schwarzes Meer	18.600	12.900	-31
Deutschland	166.000	122.000	-27

Tabelle 23: Vergleich der Zink-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Zink-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Zink-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	94.800	75.000	-21
Eider	5.980	3.710	-38
Elbe	241.000	228.000	-5
Ems	36.200	29.000	-20
Maas	18.100	16.400	-9
Oder	12.200	9.430	-23
Rhein	302.000	270.000	-11
Schlei/Trave	16.600	14.700	-11
Warnow/Peene	17.900	15.600	-13
Weser	122.000	106.000	-13
Nordsee	725.000	653.000	-10
Ostsee	46.600	39.800	-15
Schwarzes Meer	94.800	75.000	-21
Deutschland	866.000	768.000	-11

Abbildung 26: Spezifische Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland

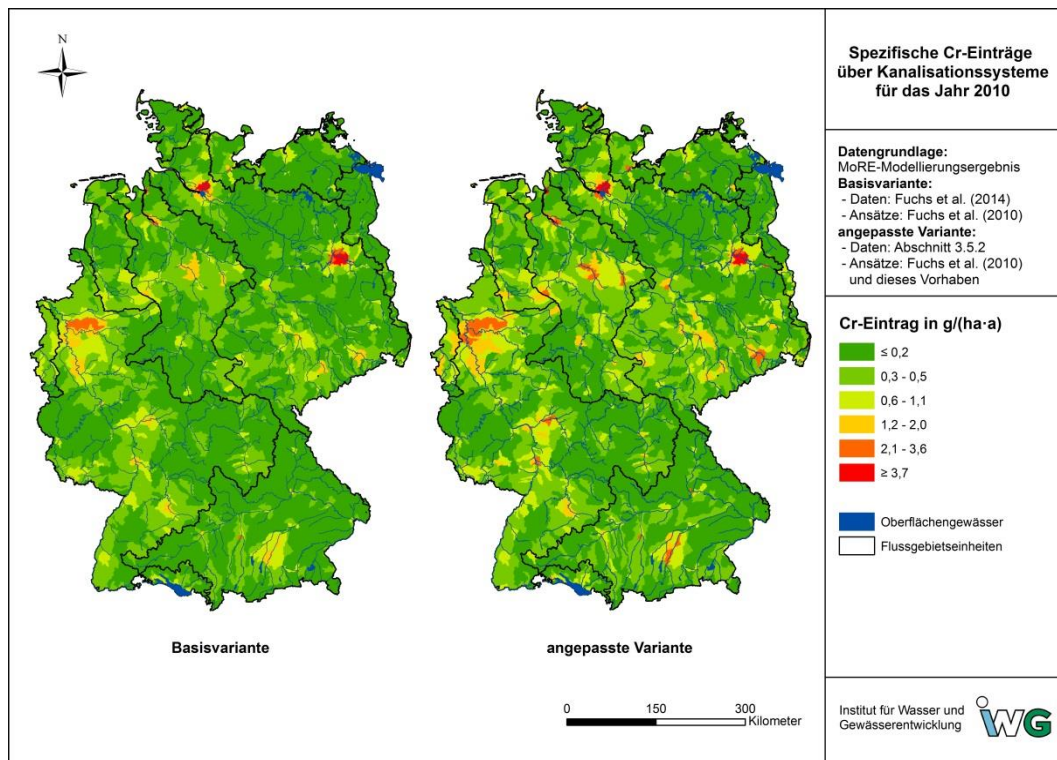


Abbildung 27: Änderung der Chrom-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

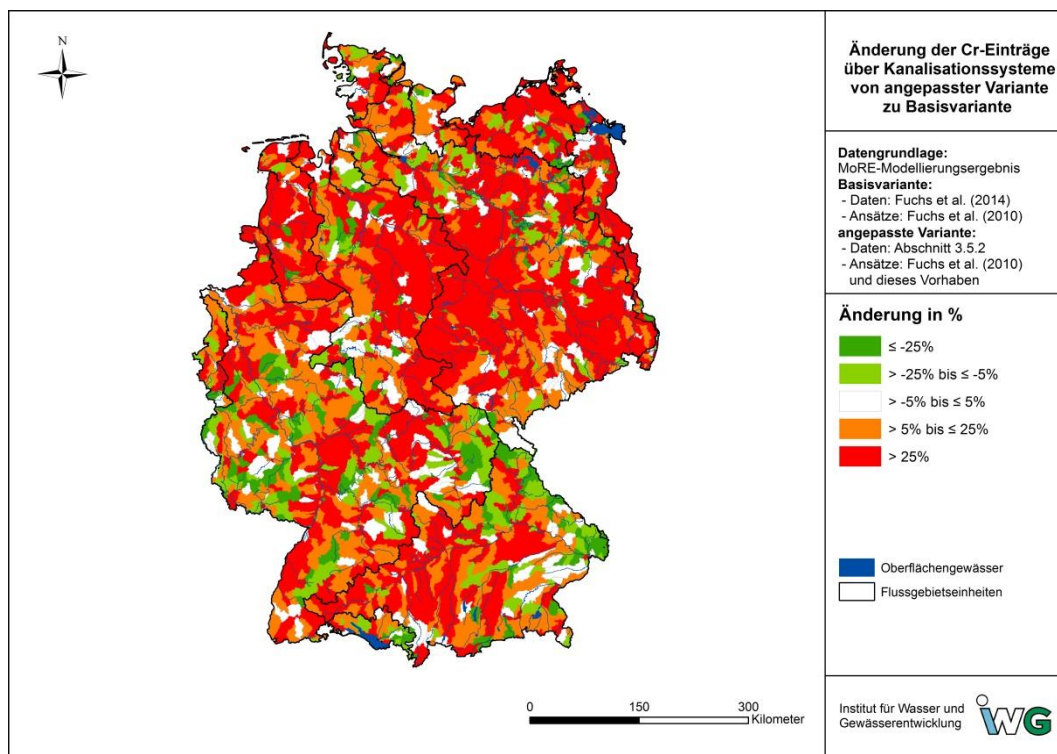


Abbildung 28: Spezifische Zink-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland

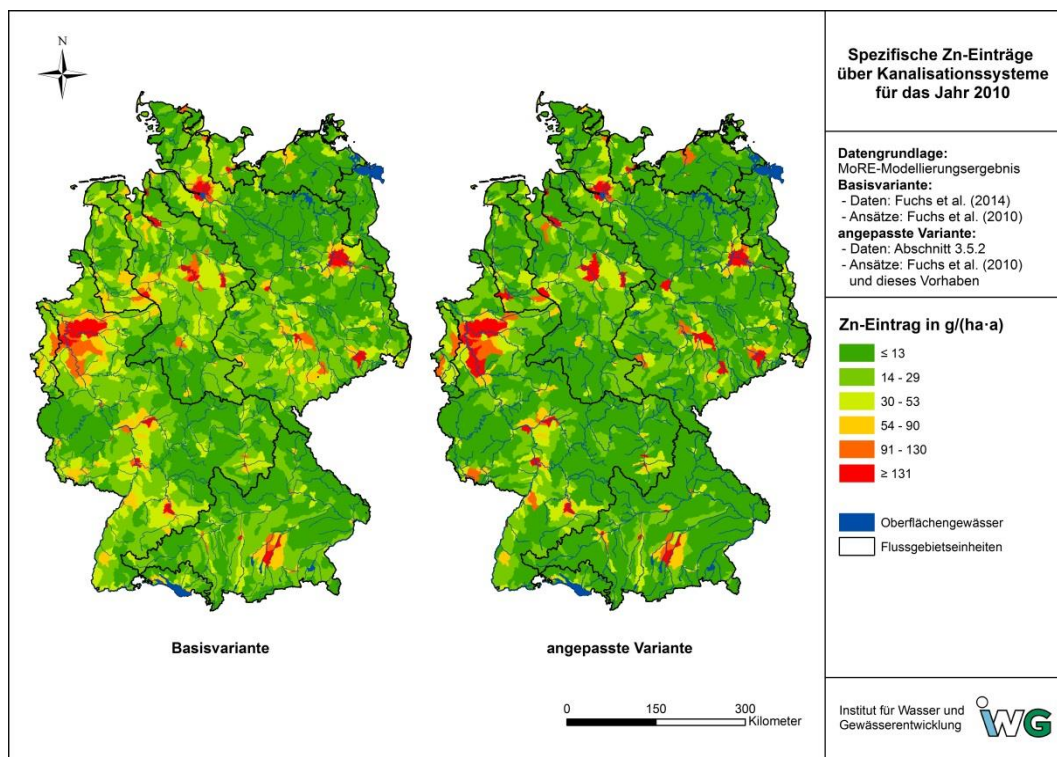


Abbildung 29: Änderung der Zink-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

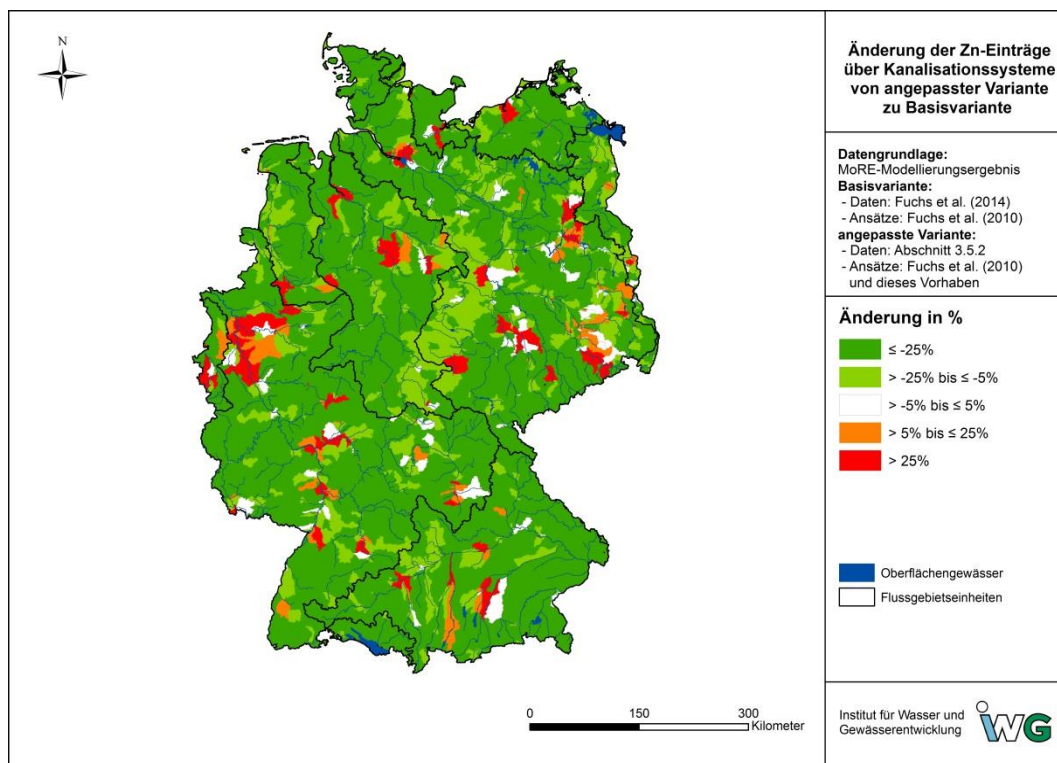
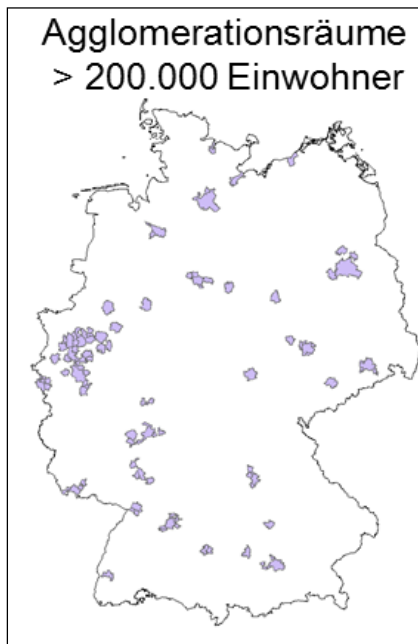


Abbildung 30: Agglomerationsräume in MoRE nach Fuchs et al. (2012) (Abbildung modifiziert) in Deutschland



3.5.3.3 PAK₁₆-Einträge über Kanalisationssysteme

Die PAK₁₆-Einträge erhöhen sich für Gesamtdeutschland nach der angepassten Variante im Mittel um ca. 29 % auf 7.410 kg/a. Die Veränderungen im Eintragsgeschehen resultieren ebenfalls aus deutlich erhöhten Anteilen versiegelter Flächen (s. Abschnitte 3.5.2.7 und 3.5.2.8) in der angepassten Variante. Diese erhöhten Einträge in die Kanalisation wurden ebenfalls durch den berücksichtigten Rückhalt in Regenbecken abgemindert (s. Abschnitt 3.5.2.14). Analog kann sich dies jedoch nur in AU mit entsprechenden Strukturen eintragsmindernd auswirken.

Flussgebietsspezifisch liegen die Änderungen der Einträge zwischen einer Zunahme um 20 % (Maas) und 58 % (Oder). Die spezifischen PAK₁₆-Einträge über Kanalisationssysteme der Basisvariante und der angepassten Variante sowie der daraus resultierenden prozentualen Änderungen sind in Abbildung 31 und Abbildung 32 für Gesamtdeutschland dargestellt.

Hinsichtlich der Gesamteinträge wirkt sich die methodische Anpassung in einer beachtlichen Zunahme der Einträge aus (11 %). Dies ist dadurch bedingt, dass dieser Eintragspfad für PAK₁₆ nach Fuchs et al. (2014a) mit ca. 40 % der bedeutendste Eintragspfad sind.

Abbildung 31: Spezifische PAK₁₆-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 in Deutschland

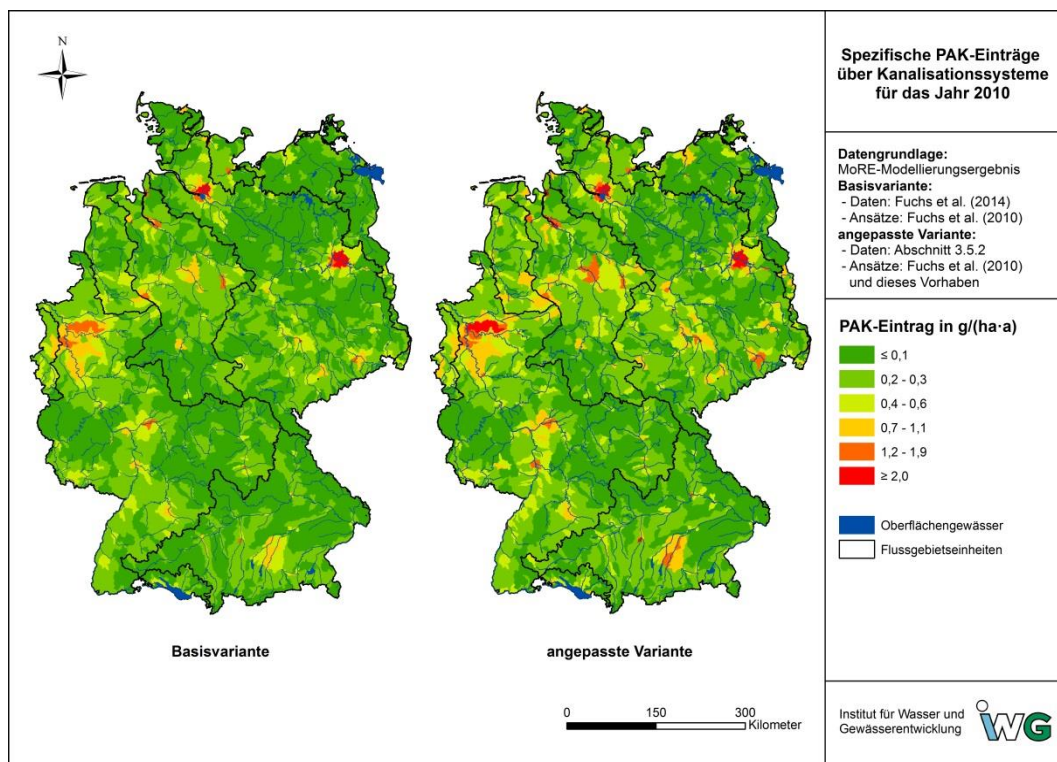


Abbildung 32: Änderung der PAK₁₆-Einträge über Kanalisationssysteme von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

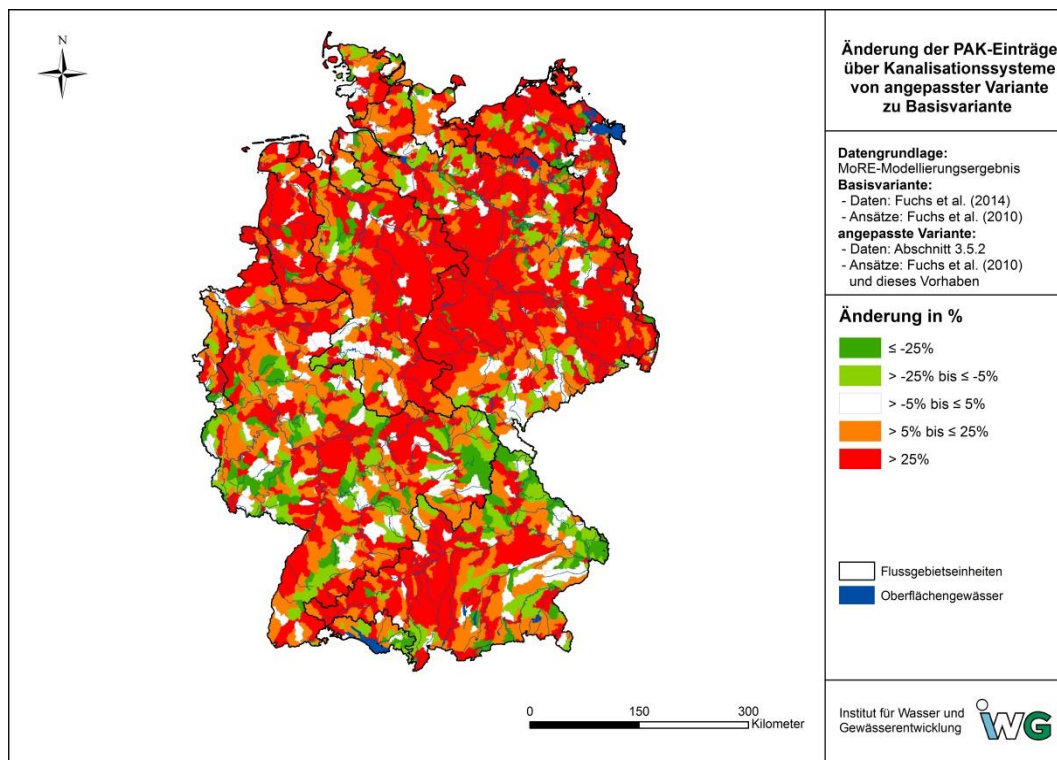


Tabelle 24: Vergleich der PAK₁₆-Einträge über Kanalisationssysteme im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	PAK ₁₆ -Eintrag Basisvariante [kg/a]	PAK ₁₆ -Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	624	781	25
Eider	41	53	27
Elbe	1.620	2.120	31
Ems	251	356	42
Maas	122	146	20
Oder	85	134	58
Rhein	1.950	2.370	22
Schlei/Trave	115	141	23
Warnow/Peene	124	178	44
Weser	828	1.130	36
Nordsee	4.810	6.180	28
Ostsee	324	452	40
Schwarzes Meer	624	781	25
Deutschland	5.760	7.410	29

3.5.3.4 Empfehlungen

Die neu erzeugten Eingangsdaten für die Modellierung von Einträgen über Kanalisationssysteme werden zur Übernahme in die bundeseinheitliche Modellierung empfohlen, da es sich dabei um aktuelle sowie räumlich und zeitlich besser aufgelöste Daten handelt. Es ist davon auszugehen, dass mit den beschriebenen methodischen Ansätzen die Aussagefähigkeit der Modellergebnisse hinsichtlich dieses Eintragspfades verbessert wird.

Ein Teil der Datensätze musste früher empirisch abgeleitet werden, da keine adäquaten Eingangsdaten zur Verfügung standen. Als Ergebnis aktueller Forschung hat sich die Verfügbarkeit und Qualität einzelner Eingangsdaten deutlich verbessert.

Die Übertragung statistischer Grundlagendaten auf die AU wurde bisher flächengewichtet durchgeführt. Dieses Vorgehen hatte eine räumliche Homogenisierung der Informationen zur Folge. Um die räumlich differenzierte Information beizubehalten, wurden diese nun anhand der fachlich begründeten Bezugsgrößen auf die AU übertragen. So wird in der Modellierung die tatsächliche Eintragssituation differenzierter und plausibler abgebildet.

Erstmals wurde im Rahmen des Vorhabens ein Datensatz zum Speichervolumen von RKB integriert. Zusätzlich wurde die Wirkung von RKB und RÜB in der Modellierung berücksichtigt. Dies stellt einen wichtigen Schritt bei der Abbildung bestehender Infrastrukturen dar.

Zudem wurden die Ergebnisse aus dem Vorgängerprojekt Fuchs et al. (2012) in das bundeseinheitliche Modell übernommen. Hiernach werden für ausgewählte Schwermetalle städtische von ländlichen Gebieten in ihrem Verschmutzungspotenzial unterschieden und damit eine bessere räumliche Differenzierung der Siedlungsräume und der Stoffeintrag aus diesen Räumen erreicht (Abschnitt 3.5.2.15).

Trotz der umfangreichen Weiterentwicklungen, gibt es nach wie vor weiteren Verbesserungsbedarf bei der Modellierung von Einträgen über Kanalisationssysteme. Dies betrifft die Entwicklung von regionalisierten Oberflächenpotenzialen für die Schwermetalle Cd, Cr, Hg, Ni und Pb und für die PAK. Bei den Stoffe, die hauptsächlich über atmosphärische Deposition auf versiegelte Flächen eingetragen werden (bspw. Hg), könnte die atmosphärische Deposition dem Oberflächenpotenzial gleich gesetzt werden. Bei den restlichen Stoffen müssten - ähnlich wie bei Cu und Zn - geeignete Daten zur Klassifikation erhoben werden.

Dringender weiterer Verbesserungsbedarf besteht bei den Daten, die zu den Entwässerungssystemen vorliegen. Aus wissenschaftlicher Sicht ist es sinnvoll, auf Ebene von Kläranlagen-Einzugsgebieten zu modellieren. Hierfür müssen die notwendigen Daten jedoch flächendeckend verfügbar sein. Dies betrifft insbesondere:

- die Abgrenzung der Einzugsgebiete einzelner Kläranlagen,
- die Beschreibung der Charakteristik der Einzugsgebiete der Kläranlagen (Landnutzung, angeschlossene Einwohner und Gewerbe) und
- die Zuordnung von Daten zu Entwässerungssystemen (Anschlussgrade, Entwässerungsart, Regenbecken) zu den Kläranlageneinzugsgebieten.

Zudem sollte die Datenbasis zur Art der Regenbecken (s. Abschnitt 3.5.2.14) erweitert werden, um verlässlichere Eingangsdaten für die Modellierung bereit zu stellen.

3.6 Erosion

Erosion ist ein wesentlicher Eintragspfad für die Stoffeintragsmodellierung, der gleichzeitig äußerst schwer zu quantifizieren ist. Um die Erosionsberechnung auf großer Skala zu verbessern muss man einerseits die empirischen Ansätze verbessern, andererseits sollte die Verwendung von genaueren Eingangsdatensätzen ebenfalls zu einer Verbesserung der Ergebnisse führen. Im Rahmen eines Workshops zum Thema Erosion wurde daher empfohlen, die bisher verwendete Bodenabtragsberechnung auf Basis der Allgemeinen Bodenabtragsgleichung (ABAG) mit einem besser aufgelösten Digitalen Geländemodell (DGM) durchzuführen (Abschnitt 3.6.1), da Steigung und Hanglänge wichtige Faktoren für die Stärke von Erosionsereignissen sind. Zudem sollten Vergleichsrechnungen mit den Bodenabträgen des Stoffeintragsmodells STOFFBILANZ durchgeführt werden (Abschnitt 3.6.2) um die Auswirkungen der anderen Eingangsdatensätze und Berechnungsmethoden abzuschätzen. Zudem wurden räumlich höher aufgelöste Eingangsdaten aus einem Vorgängervorhaben in die Modellierung übernommen (Abschnitt 3.6.3). Die daraus entstandenen Empfehlungen zur weiteren Vorgehensweise für die bundeseinheitliche Modellierung sind Abschnitt 3.6.4 zu entnehmen.

3.6.1 Ermittlung des Bodenabtrags anhand unterschiedlicher Geländemodelle

Um die Veränderung des Bodenabtrags bei der Verwendung eines höher aufgelösten DGM zu prüfen, wurde der Bodenabtrag einmal mit dem SRTM-Geländemodell (NASA 2005) mit einer Auflösung von 100 m und einmal mit dem EU-Geländemodell (EEA 2013b) mit einer Auflösung von 25 m berechnet. Wie im folgenden Abschnitt gezeigt, führt ein höher aufgelöstes Geländemodell bei Beibehaltung der Berechnungsmethode zu höheren Bodenabträgen. In diesem Fall ergab die Berechnung mit dem DGM 25 gegenüber dem DGM 100 für die Jahre 2006 bis 2011 einen im Mittel um 6,3 % höheren Bodenabtrag. Auch andere Studien (z. B. Olson; 2013; Gertner et al.; 2002) zeigen diesen Effekt.

Dabei ist die Abweichung auf tendenziell steileren Flächen, die häufig auf Grund der Geländebedingungen als Grünlandflächen und Waldflächen genutzt werden, tendenziell stärker, als auf ackerbaulich genutzten Flächen (Abbildung 33). Ein Grund dafür ist, dass ein höher aufgelöstes Geländemodell das tatsächliche Gefälle sehr viel besser abbildet, wohingegen bei gröberen Geländemodellen eine stärkere Mittelung der Steigungen zu erwarten ist. Dies führt bei der Bodenabtragsberechnung nach ABAG zu höheren Hangneigungsfaktoren (S-Faktoren) und damit zu höheren Bodenabträgen. Am deutlichsten trifft dieser Effekt in hügeligem bis alpinem Gelände auf, wo sich der Unterschied durch die unterschiedliche Auflösung am stärksten darstellt. Abbildung 34 zeigt, dass das 25 m Höhenmodell sowohl im Histogramm, als auch bei der kumulativen Verteilungsfunktion deutlich nach rechts, also in Richtung höherer Neigung verschoben ist. Dieser Effekt tritt sowohl im flacheren Gelände auf, hier das Voralpengebiet des Inneinzugsgebiets, als auch in steileren Bereichen, hier die nördlichen Kalkalpen in Bayern und Österreich.

Abbildung 33: Übersicht über Abweichungen der Bodenabträge bei Verwendung zweier verschiedener Höhenmodelle

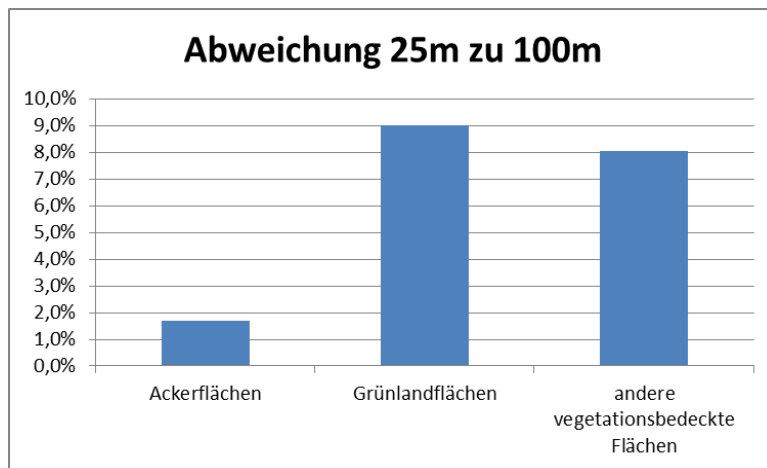
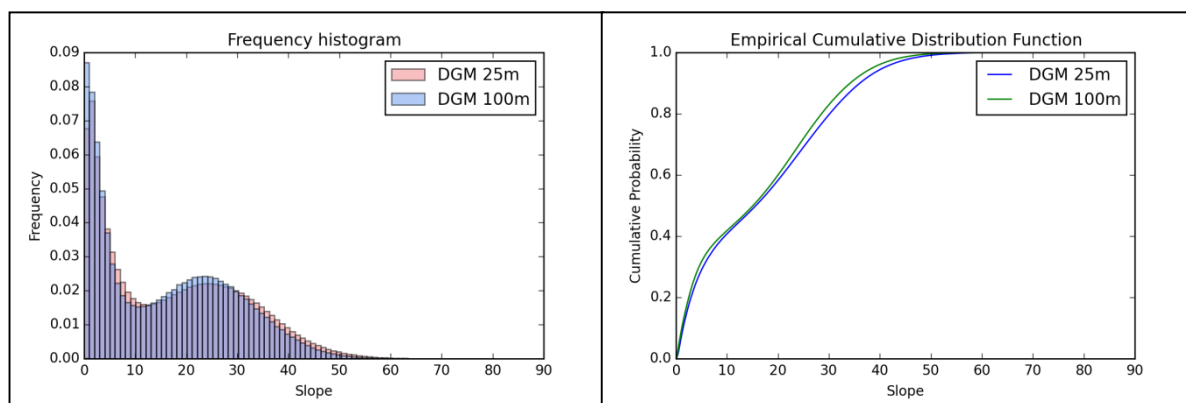


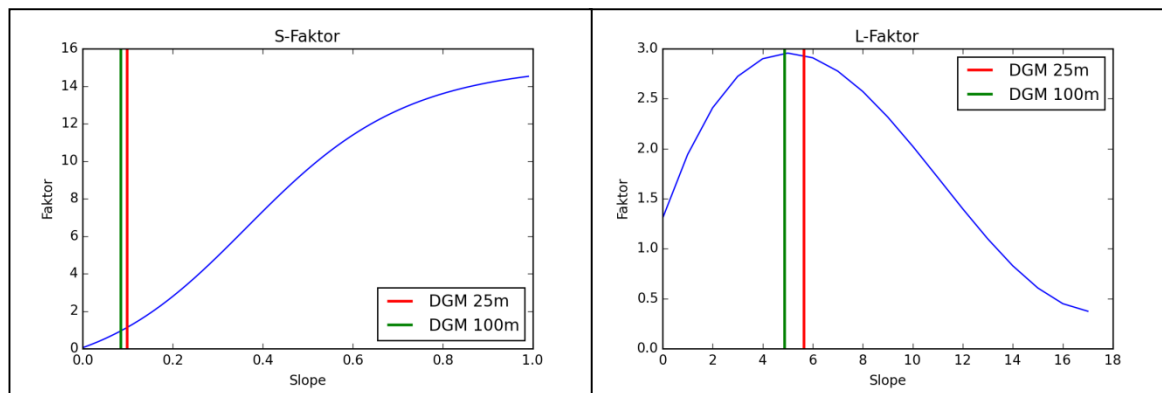
Abbildung 34: Frequenz-Histogramm und eCDF-Diagramm am Beispiel der 25 m und 100 m Höhenmodelle im Einzugsgebiet des Inn



Eine höhere Geländeneigung hat dabei vor allem Einfluss auf die Höhe des Hangneigungsfaktors der ABAG, dem S-Faktor (Abbildung 35). Im Mittel über große Gebiete ist der Unterschied dabei gering, jedoch kann es regional starke Abweichungen geben. Ein wesentliches Problem äußert sich dabei in der ABAG selbst, da diese keine Deposition abbildet. Bei der Nutzung von feineren Höhenmodellen werden dadurch Strukturen mit

abgebildet, deren Skala nicht mit dem langfristigen und mittelnden Ansatz der ABAG vereinbar ist.

Abbildung 35: Darstellung der S- und L-Faktoren der ABAG (blaue Kurve) mit durchschnittlichen Steigungswerten der verschiedenen Höhenmodelle



Um also einen räumlich höher aufgelösten Datensatz für das Höhenmodell zu verwenden, müssen sowohl detaillierte Analysen der Veränderung der räumlichen Verteilung des Bodenabtrags durchgeführt werden als auch das Sedimenteintragsverhältnis neu kalibriert werden. Das Sedimenteintragsverhältnis, das den tatsächlichen Eintrag über Erosion in die Gewässer beschreibt, wurde in der aktuellen Modellierung unter Verwendung des DGM100 abgeleitet. Die Neuberechnung des Sedimenteintragsverhältnisses erfordert neben großen Datenmengen eine erhebliche zeitliche Investition, sodass dies in diesem Vorhaben nicht vorgenommen werden konnte.

3.6.2 Vergleich des Bodenabtrags und Sedimenteintrags mit den Ergebnissen des Modells STOFFBILANZ

Das Modell STOFFBILANZ (Gebel et al. 2012) wird durch die Gesellschaft für Angewandte Landschaftsforschung (GALF) bR, Dresden entwickelt. Es handelt sich um ein Modell für die wasserwirtschaftliche Maßnahmenplanung auf der Mesoskala. Die Berechnung von Bodenabtrag und Sedimenteintrag erfolgt in STOFFBILANZ auf Rasterebene (Auflösung 500 m) für ganz Sachsen. Dabei kommt für die Bodenabtragsberechnung genau wie in MoRE die ABAG zum Einsatz, wobei einzelne Faktoren der ABAG anders abgeleitet werden (vgl. hierzu auch Tabelle 26). Der Sedimenteintrag wird anders als in MoRE ebenfalls auf Rasterebene berechnet und damit räumlich differenziert betrachtet. In MoRE erfolgt die Sedimenteintragsmodellierung aktuell noch mit mittleren Werten auf Einzugsgebietsebene.

In MoRE sind aktuell für ganz Deutschland zwei Versionen für die Erosions-Modellierung hinterlegt:

- Die Basisvariante berechnet die Erosion auf Basis des CLC2000 Landnutzungsdatensatzes mit den Berechnungs-Ansätzen aus Fuchs et al. (2010a).
- Im Projekt „Neuimplementierung“ wurde die Erosion auf Basis des DLM 2008 Landnutzungsdatensatzes berechnet (vgl. Fuchs et al. (2012)).

In Zusammenarbeit mit GALF wurden vier Testgebiete in Sachsen ausgewählt, in welchen der Eintragspfad Erosion eine große Relevanz hat (Tabelle 25). Anhand dieser Testgebiete werden die Ergebnisse der Bodenabtrags- und Sedimenteintragsmodellierung verglichen.

Tabelle 25: Ausgewählte Einzugsgebiete und ihre Charakteristika für die Vergleichsrechnung von MoRE und STOFFBILANZ zum Eintragspfad Erosion

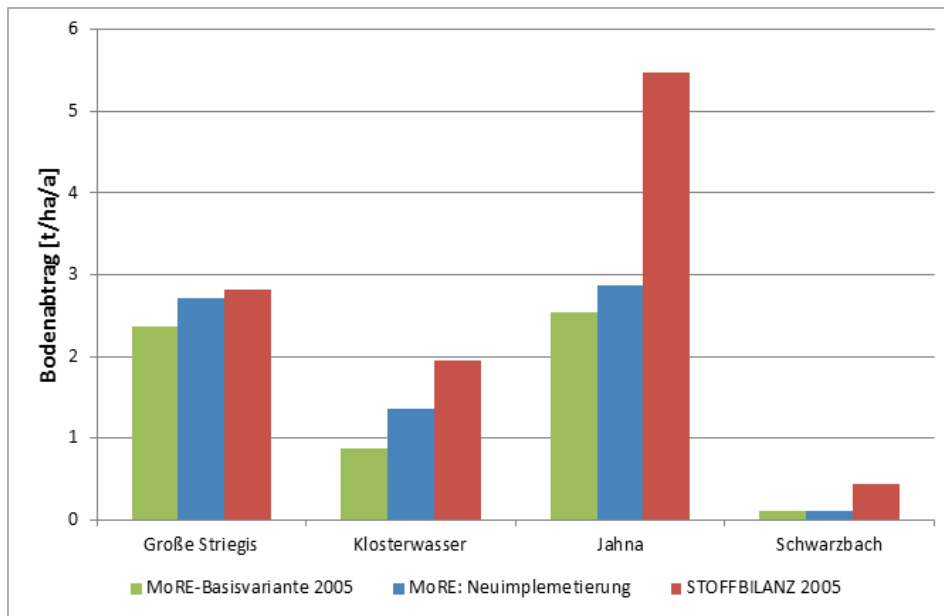
Name des Gewässers	Einzugsgebietseigenschaften				
	Größe [km²]	Mittlere Neigung [°]	Anteil Ackerflächen (Landnutzungsdatensatz) [%]		
			MoRE-Basisvariante: (CORINE 2000)	MoRE-Neuimplementierung: (DLM-2008)	STOFFBILANZ: (ATKIS)
Große Striegis	284	4,1	74	56	58
Klosterwasser	107	2,2	73	52	59
Jahna	242	2,8	94	82	86
Schwarzbach	182	0,8	48	40	39

In Abhängigkeit der für die Modellierung verwendeten Datensätze zeigen sich bereits bezogen auf die Landnutzungsdaten große Unterschiede. Der Anteil der Ackerfläche in den Untersuchungsgebieten ist bei CLC2000 z.T. deutlich höher als beim DLM 2008 und den ATKIS-Daten, die in der gleichen Größenordnung liegen. Dies wirkt sich bei der Berechnung der Sedimenteinträge durch eine größere verfügbare Bodenabtragsfracht aus.

3.6.2.1 Vergleich der Bodenabtragsberechnung

Die Ergebnisse der Berechnung des mittleren potentiellen Bodenabtrags sind in Abbildung 36 dargestellt. Es fällt auf, dass das Modell STOFFBILANZ in allen vier Gebieten - trotz einem teilweise niedrigeren Anteil an Ackerflächen - vergleichsweise höhere Bodenabträge simuliert. Besonders gravierend sind die Unterschiede für das Gebiet der Jahna, wo die Bodenabträge von STOFFBILANZ ungefähr das Doppelte der Vergleichsergebnisse von MoRE Basisvariante 2005 bzw. MoRE-Neuimplementierung betragen. Alle drei Ansätze liefern aber für das Jahnagebiet die höchsten Bodenabträge, gefolgt von den Gebieten Große Striegis, Klosterwasser und Schwarzbach.

Abbildung 36: Vergleichsrechnung zum Bodenabtrag zwischen MoRE und STOFFBILANZ



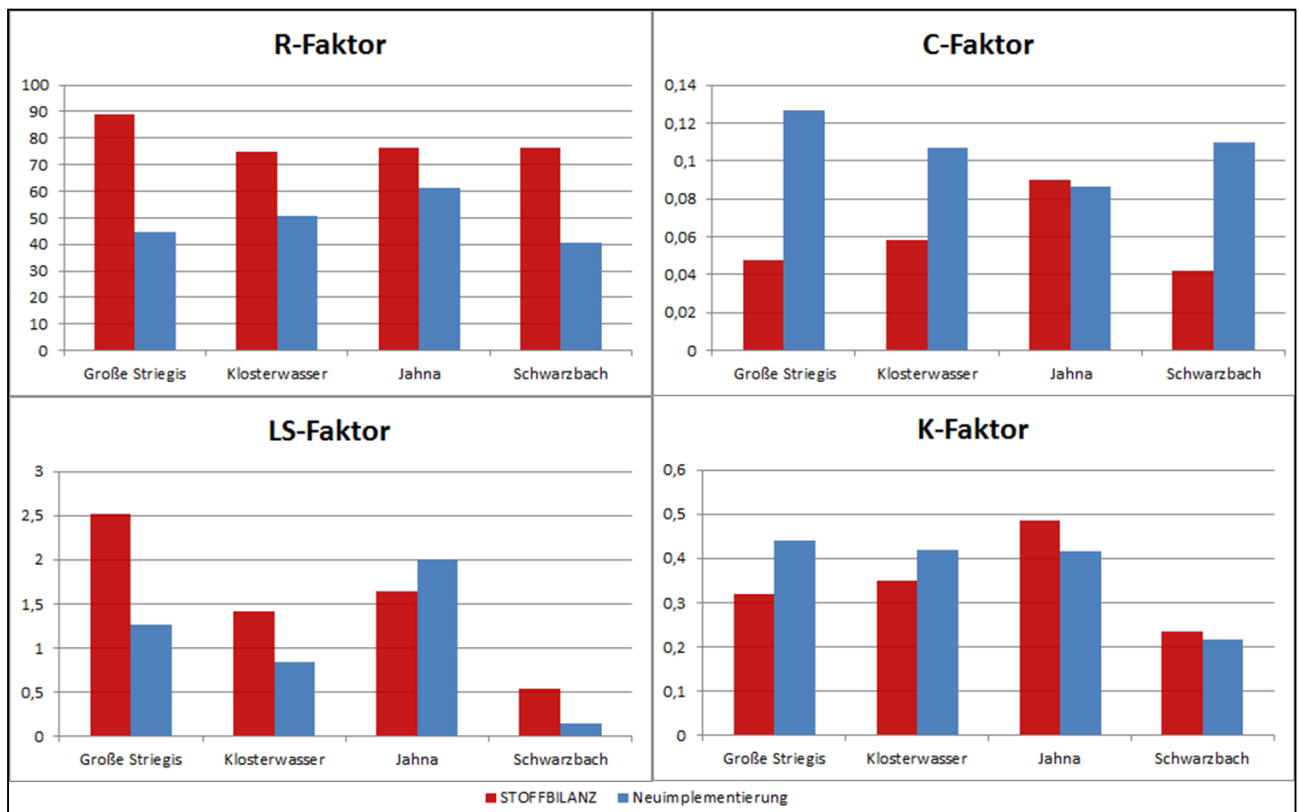
Beim Vergleich der Methodik der beiden Modelle ist festzustellen, dass sowohl die Grundlagendaten als auch die Formeln für die Ableitung der Faktoren für die ABAG unterschiedlich sind (vgl. Tabelle 26 und Abbildung 37).

Tabelle 26: Methodische Unterschiede bei der Berechnung der Faktoren der ABAG: „STOFFBILANZ“ vs. „MoRE-Neuimplementierung“

Faktor	STOFFBILANZ	MoRE-Neuimplementierung
R (Regenerositätsfaktor)	Nicht dokumentiert	Abgeleitet aus den langjährigen mittleren Sommerniederschlägen auf Basis von Niederschlagsdaten des Deutschen Wetterdienst in einem 1 km x 1 km Raster (1971-2000) und aktualisierten Regressionsgleichungen.
S (Hangneigungsfaktor)	Verhältnis des Bodenabtrags eines Hanges gegebener Neigung zum Standardhang der USLE (9 % Neigung) Die Datengrundlage ist nicht dokumentiert.	Bestimmt auf Grundlage des digitalen Geländemodells für Deutschland in einer Rasterweite von 25 m (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) 2007). Die Hanglänge wurde unter Einbeziehung von Nutzungsstrukturen, Schlaggrenzen und weiteren Landschaftselementen, die als Barriere wirken wie z.B. Straßen und Fließgewässer, abgeleitet. $LS = (l/22)m \cdot s/9 \cdot (s/9)^{0,5}$
L (Hanglängenfaktor)	Verhältnis des Bodenabtrags eines Hanges gegebener Länge zum Standardhang der USLE (22 m Länge)	

Faktor	STOFFBILANZ	MoRE-Neuimplementierung
K (Bodenerodierbarkeitsfaktor)	Nicht dokumentiert.	Ermittelt von der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe nach Hennings (2000) nutzungsdifferenziert für jede der 68 Leitbodeneinheiten der Bodenübersichtskarte 1000 (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) 1998) in Abhängigkeit von ihrer Lage in einem der vier Klimagebiete Deutschlands
C (Bodenbedeckungsfaktor)	Räumlich differenzierte Ermittlung eines gemeindebezogenen C-Faktors erfolgt auf Basis einer Gemeinde Agrarstatistik (z. B. InVeKoSDaten) für konventionell und konservierend bearbeitete Ackerflächen. Mit diesem Verfahren können 91 % der Variation der exakten C-Faktoren erfasst werden.	Zur Bestimmung der C-Faktoren wurde der Verfahrensansatz der additiven Ermittlung nach Schwertmann et al. (1990) herangezogen. Als räumliche Bewertungsebene wurden die 502 Naturraumeinheiten des Bundesamtes für Naturschutz gewählt. Neben einer Version für eine konventionelle Bodenbearbeitung wurden weiterhin drei Szenarien (25 %, 50 % und 100 %) konservierender Bodenbearbeitung erstellt.

Abbildung 37: Vergleich der Faktoren der ABAG zwischen STOFFBILANZ und MoRE-Neuimplementierung



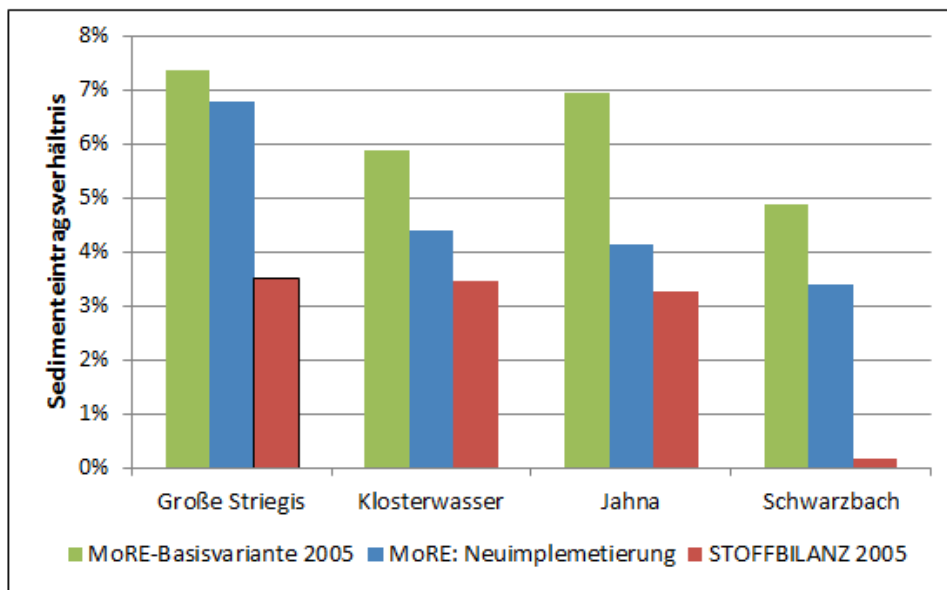
3.6.2.2 Vergleich der Sedimenteintragsmodellierung

Die beiden Modelle verwenden unterschiedliche Ansätze zur Berechnung des Sedimenteintragsverhältnisses. Das Sedimenteintragsverhältnis gibt an, welcher Anteil des Bodenabtrages tatsächlich ins Gewässer gelangt.

Das Modell STOFFBILANZ berechnet den Sedimenteintrag über die Anbindungswahrscheinlichkeit, die durch eine Funktion von Bodenabtrag, Oberflächenabfluss und Gewässerdistanz abgebildet wird. Die Gewässerdistanz wird auf Basis des DGM Q2 (20 m) errechnet (Präprozessing), Bodenabträge und Oberflächenabflüsse basieren auf dem 500 m Raster. Hydrologisch nicht angebundene Flächen werden zuvor ausgeklammert. Hierfür wird in einem Präprozessingverfahren ebenfalls das DGM Q2 einschließlich der ATKIS-Landnutzung verwendet.

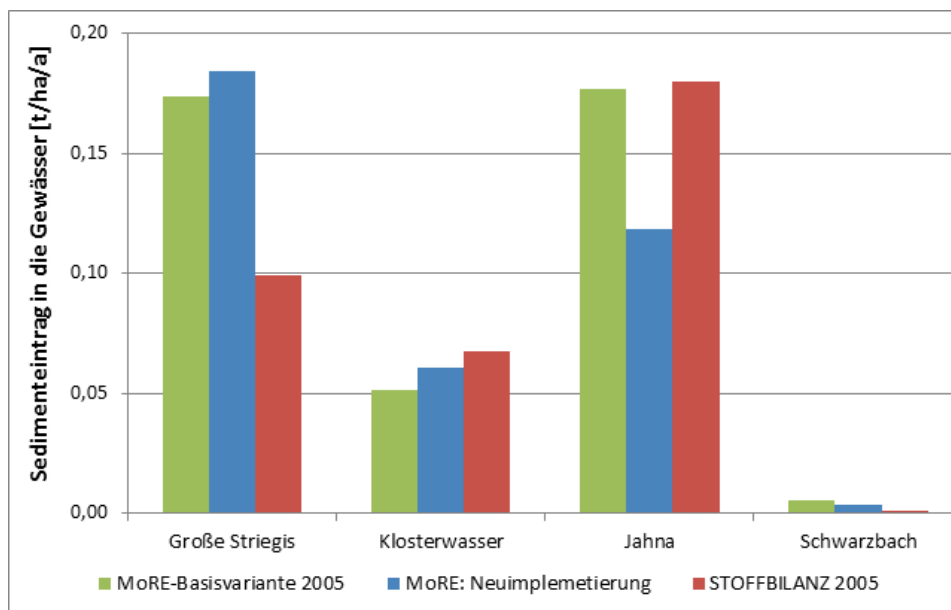
MoRE-Neuimplementierung generiert den Sedimenteintrag aus dem Bodenabtrag für diejenigen Flächen, die eine Gewässerdistanz von 500 m unterschreiten. Das Sedimenteintragsverhältnis wird dabei als mittlerer Wert für das jeweilige Einzugsgebiet berechnet. Neben methodischen Differenzen ist also auch eine unterschiedliche Auflösungsschärfe vorhanden.

Abbildung 38: Vergleichsrechnung zum Sedimenteintragsverhältnis zwischen MoRE und STOFFBILANZ



In Abbildung 38 ist das Sedimenteintragsverhältnis im Vergleich dargestellt. MoRE berechnet in beiden Varianten höhere Sedimenteintragsverhältnisse als STOFFBILANZ. In Abbildung 39 sind die Ergebnisse der Berechnung der Sedimenteinträge für die beiden Modelle dargestellt. Hier ergibt sich durch das Zusammenspiel von Unterschieden in der Landnutzungsverteilung, der Bodenabtragsberechnung und der Sedimenteintragsmodellierung ein uneinheitliches Bild.

Abbildung 39: Vergleichsrechnung zum Sedimenteintrag zwischen MoRE und STOFFBILANZ



Beim Vergleich der Sedimenteinträge ergibt die Simulation von STOFFBILANZ deutlich geringere Frachten für die Große Striegis. Im Jahnagebiet simuliert STOFFBILANZ dagegen

deutlich höhere Einträge im Vergleich zu MoRE-Neuimplementierung und ungefähr gleich hohe Einträge im Vergleich zur MoRE-Basisvariante.

Die Unterschiede sind hier auf die jeweilige methodische Herangehensweise zurück zu führen.

3.6.3 Bisherige und neue Eingangsdaten zu Schwermetallgehalten in Oberböden und Gestein

Bisher lagen die Schwermetallkonzentrationen im Ackeroberboden in MoRE als mittlere Werte für die BL vor. Die Quantifizierung der Emissionen durch natürliche Erosion basiert auf einem mittleren geogenen Hintergrundgehalt für Deutschland.

Für die Verbesserung der Datengrundlagen zum Eintragspfad Erosion wurden im Rahmen eines Vorgängervorhabens (Fuchs et al. 2012) die Oberbodenkonzentrationen für Schwermetalle auf landwirtschaftlich genutzten sowie natürlichen Flächen (Flächen mit natürlicher Bedeckung und Gebirgsflächen) anhand von Daten auf Länderebene regionalisiert. Eine ausführliche Darstellung der Vorgehensweise findet sich in Fuchs et al. (2012).

Nach den durchgeführten Anpassungen ergeben sich für Deutschland je nach Schwermetall unterschiedlich starke Veränderungen hinsichtlich der Einträge über Erosion (Tabelle 16). Die Einträge von Cd und Hg ändern sich hiernach im Mittel für Deutschland kaum. Relevante Änderungen ergeben sich bei Ni (plus 11 %), Cu (plus 19 %), Cr (plus 22 %), Zn (plus 34 %) sowie Pb (plus 42 %).

Tabelle 27: Schwermetalleinträge über Erosion im Jahr 2010

Stoff	Schwermetalleintrag		
	Basisvariante [kg/a]	angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Cadmium	1.230	1.270	3
Chrom	183.000	223.000	22
Kupfer	76.100	90.600	19
Quecksilber	303	303	0
Nickel	133.000	147.000	11
Blei	149.000	212.000	42
Zink	308.000	414.000	34

Hinsichtlich der Gesamteinträge sind die Auswirkung der geänderten Eingangsdaten und Ansätze beim Eintragspfad Erosion bei ansonsten unveränderter Situation für die meisten Schwermetalle eher mäßig. So ist bei Cd, Cu, Hg, Ni, Zn von einer maximalen Zunahme von ca. 4 % im Mittel der Jahre 2006-2011 auszugehen. Dies ist trotz teilweise erheblich gestiegener Einträge über Erosion (z.B. bei Cu, Ni, Zn) v.a. darin begründet, dass dieser Eintragspfad hinsichtlich der Gesamteinträge nicht so relevant ist.

Die Gesamteinträge von Cr und Pb hingegen, die zu über der Hälfte von Erosionsereignissen herrühren, steigen im Mittel der Jahre 2006-2011 mit 14 % bzw. 24 % stark an.

Beim Vergleich der flächenspezifischen Einträge in den AU zeigen sich jedoch regional starke Unterschiede. So ist bspw. eine Erhöhung der Schwermetallfrachten in den Mittelgebirgsregionen von Deutschland ersichtlich. Diese Zunahme ist plausibel, da diese Regionen geogen bedingt höhere Schwermetallgehalte in den Oberböden aufweisen. Lokale Belastungsschwerpunkte in den Flussgebieten können somit durch die detaillierten Eingangsdaten besser erfasst werden.

Die folgenden Abbildungen geben beispielhaft die Veränderungen für Cr und Pb wider.

Abbildung 40: Spezifische Chrom-Einträge über Erosion im Jahr 2010 in Deutschland

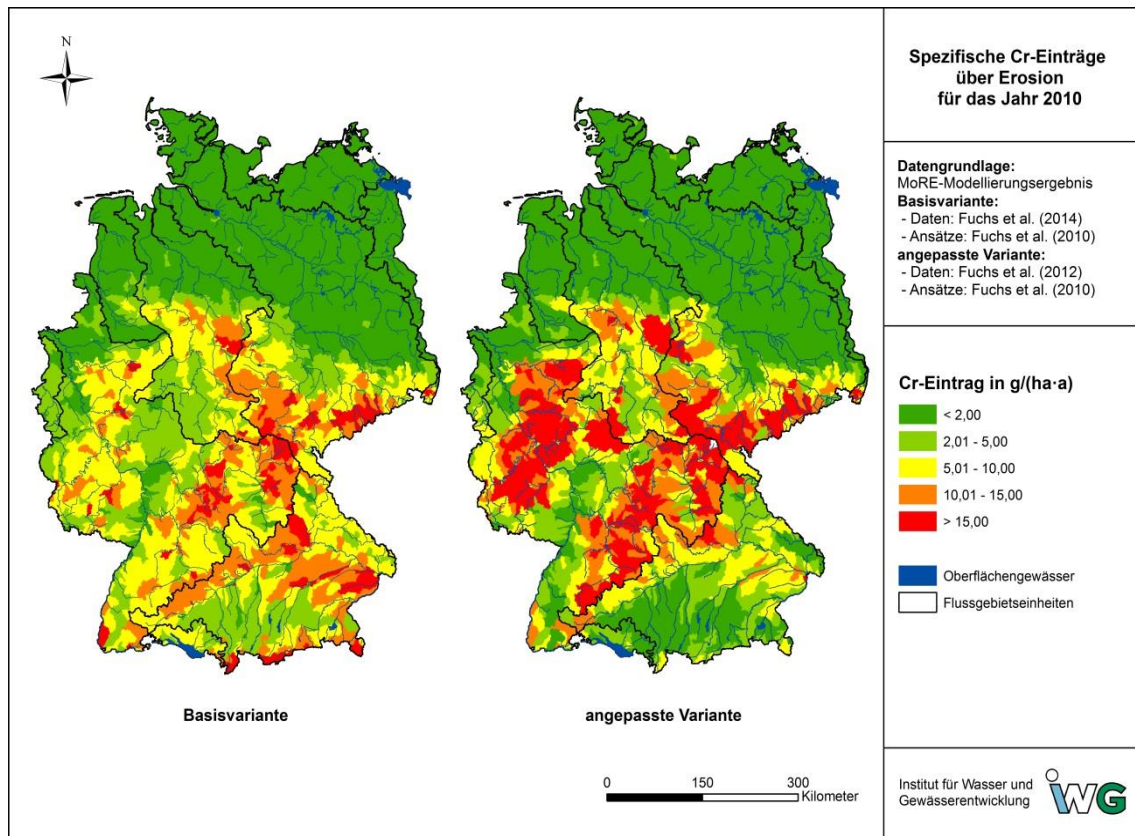


Abbildung 41: Änderung der Chrom-Einträge über Erosion von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

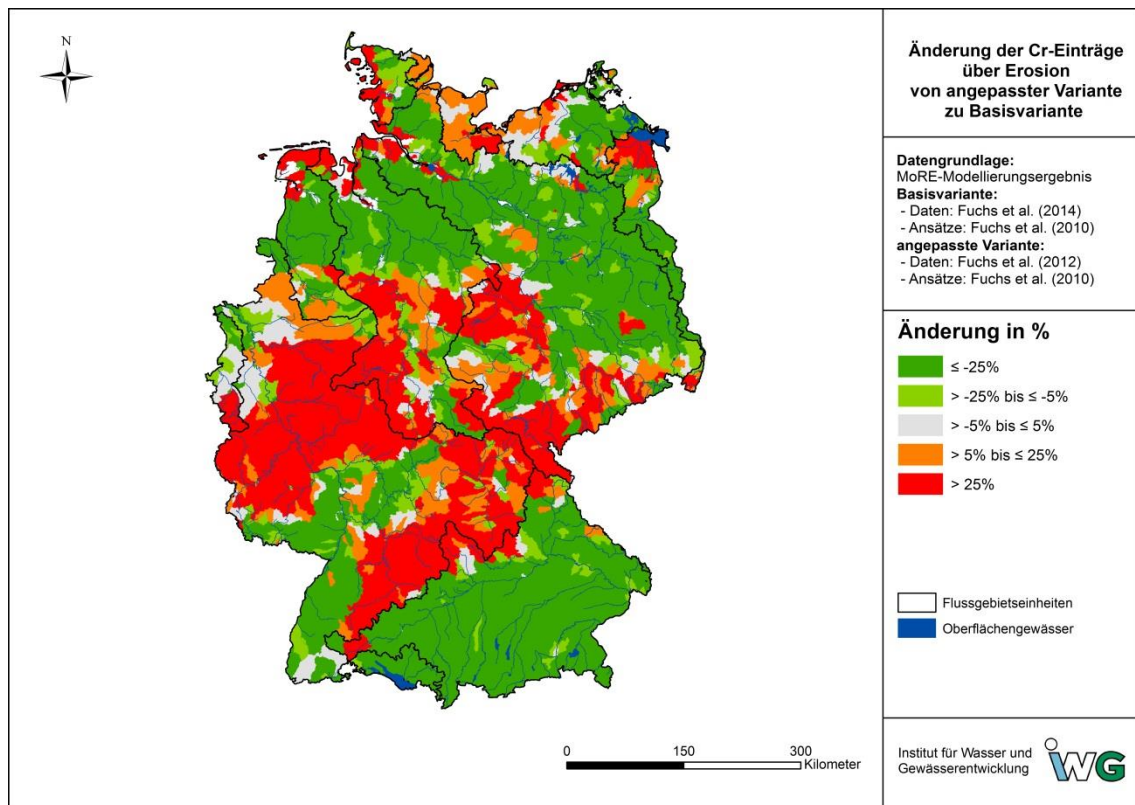


Abbildung 42: Spezifische Blei-Einträge über Erosion im Jahr 2010 in Deutschland

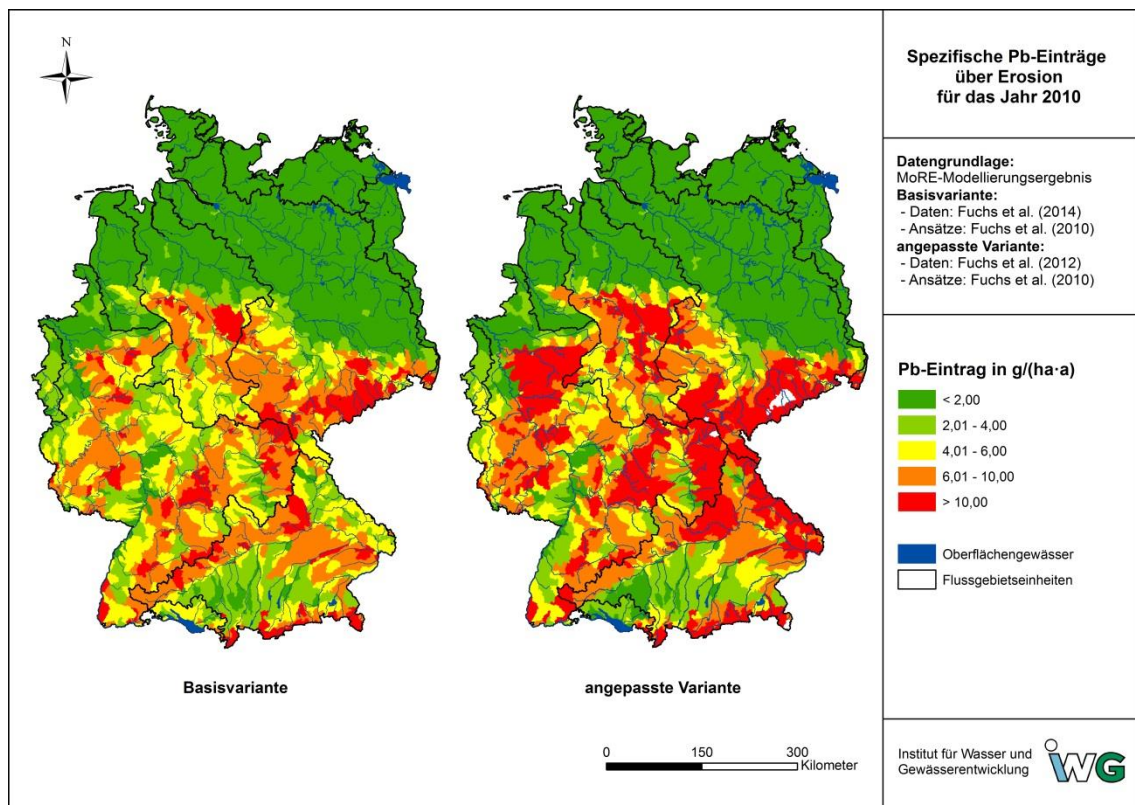
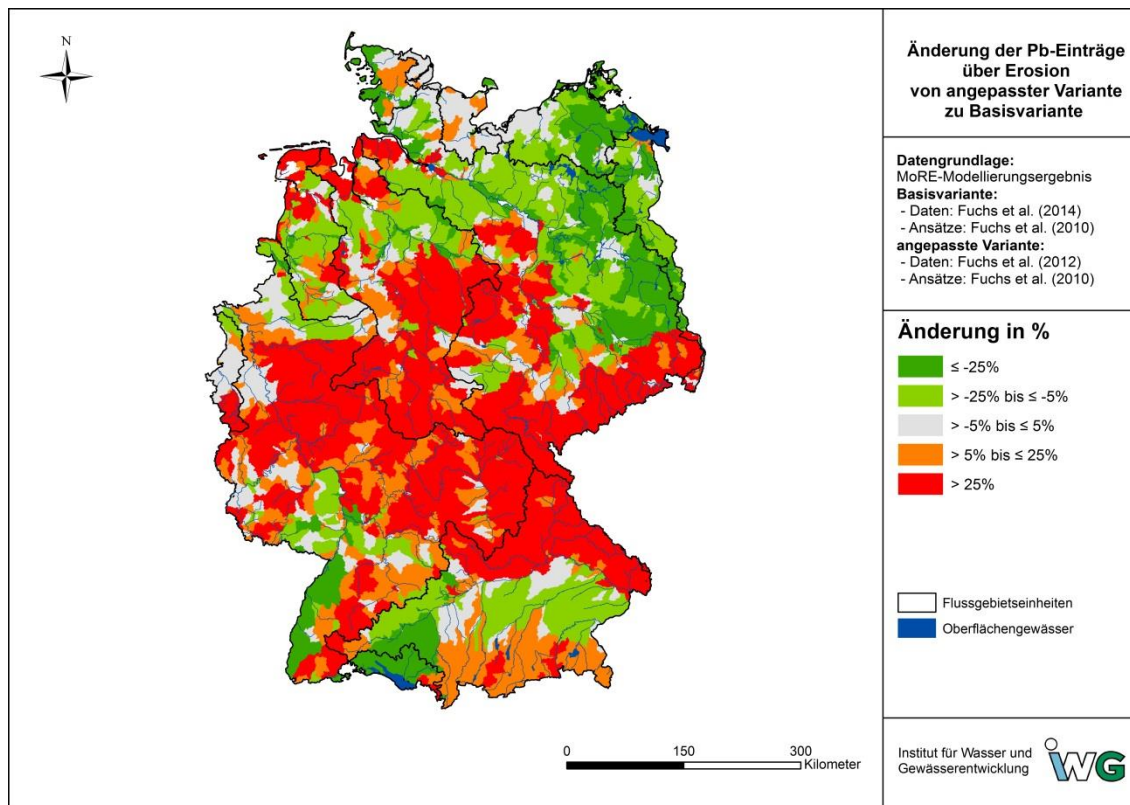


Abbildung 43: Änderung der Blei-Einträge über Erosion von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



3.6.4 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Hinsichtlich der Eingangsdaten für die Berechnung des Bodenabtrages ist wird Folgendes empfohlen:

- Eine Verwendung des 25 m Höhenmodells (oder besser) sollte auch einhergehen mit höher aufgelösten Daten für die anderen Faktoren der ABAG (v.a. Boden und Landnutzung, aber auch Niederschlag) um eine Ungleichgewichtung der verschiedenen Faktoren zu verhindern.
- Wünschenswert wären auch höher aufgelöste grenzübergreifende Eingangsdaten (Niederschlag, Landnutzung und Boden), um auch für die ausländischen Einzugsgebiete eine konsistente und gute Datenlage zu gewährleisten.
- Langfristig sollte es Ziel sein, sofern die Datenlage das zulässt, stärker prozessorientierte Erosionsmodelle zu entwickeln, die in der Lage sind, den Erosions- und Depositionsprozess in seiner räumlichen und zeitlichen Ausdehnung besser abzubilden.
- Eine Übernahme der räumlich höher aufgelösten Eingangsdaten in Bezug auf Schwermetallgehalte in Oberböden und Gestein.

Im Rahmen eines weiteren UBA-Vorhabens (Inn-Vorhaben, FKZ 3713 24 225) wird derzeit ein neuer Ansatz für das Sedimenteintragsverhältnis entwickelt. Dieser hängt von der Lage und den Eigenschaften der Sedimentlieferflächen sowie von der Morphologie und der Landnutzung entlang des Transportwegs zum Gewässer ab. Diese komplexe Interaktion räumlich verteilter Gebietseigenschaften kann nicht hinreichend durch gemittelte

morphologische Parameter erfasst werden. Deshalb soll ein räumlich verteilter Ansatz zur Quantifizierung des Sedimenteintragsverhältnisses integriert werden, wobei für jede Lieferfläche ein spezifisches Sedimenteintragsverhältnis ermittelt wird. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse könnten nach Abschluss des Projektes einer Prüfung zur Übernahme in das bundeseinheitliche Modell unterzogen werden.

3.7 Eintragspfad Dränagen

Die Stoffeinträge über Dränagen werden über das Produkt der mittleren Stoffkonzentration im Dränwasser und des Dränabflusses berechnet. Im Folgenden wird die bisherige Vorgehensweise zur Ableitung von Eingangsdaten und Modellierung der Einträge über den Eintragspfad Dränagen (Abschnitt 3.7.1 und 3.7.2) sowie die Anpassungen der Eingangsdaten und der Modellierungsansätze (Abschnitt 3.7.3) beschrieben. Die erzeugten Ergebnisse sind in Abschnitt 3.7.4 dargestellt und diskutiert.

3.7.1 Dränierte Flächen

Die Dränflächen werden anhand der Methodik nach Behrendt et al. (1999) geschätzt. Zur Verbesserung dieses Eingangsdatum sollten bei den BL vorliegende Informationen zu dränierten Flächen verwendet werden. Als Basis sollten die von der FGG Elbe im Jahr 2013 im Rahmen eines eigenen Vorhabens abgefragten Dränflächen verwendet werden. Anschließend sollten diese Informationen ebenfalls von den weiteren BL abgefragt werden. Bei der Analyse der für die FGG Elbe vorliegenden Daten wurde jedoch festgestellt, dass der Begriff „Dränfläche“ nicht eindeutig belegt ist. Das kann zu unterschiedlichen Einschätzungen des Umfangs der dränierten Flächen in unterschiedlichen BL, d.h. zu Inkonsistenzen führen. Aus diesem Grund wurde auf eine Verwendung dieser Daten verzichtet. So wird im Rahmen dieses Vorhabens zur Ableitung der dränierten Flächen weiterhin die bisherige Methodik nach Behrendt et al. (1999) verwendet.

3.7.2 Bisherige Modellierung der Einträge über Dränagen

3.7.2.1 Dränspende

Bisher wurde die Dränspende für die AU in Anlehnung an Kretzschmar (1977) auf Basis der jährlichen Sommer- und Winterniederschläge berechnet. Dabei setzt sich der Dränabfluss aus 50 % der Winter- und 10 % der Sommerniederschläge zusammen.

3.7.2.2 Berechnung der Stickstoffkonzentration im Dränwasser

Zur Ableitung der Stoffkonzentrationen im Dränwasser wurden bisher Stickstoff-Abbauprozesse durch die mikrobielle Aktivität in der Bodenzone über einen undifferenzierten (bezogen auf die gesamte landwirtschaftlich genutzte Flächen (Acker, Grünland) Exponenten zur Berücksichtigung der Denitrifikation abgebildet. Die Stickstoff-Konzentration im Dränwasser berechnet sich entsprechend aus dem Stickstoff-Überschuss auf landwirtschaftlichen Nutzflächen, der Dränspende und dem Exponenten zur Beschreibung der Denitrifikation in der Bodenzone (Behrendt et al. 1999). Der Exponent wurde bisher von Behrendt et al. (1999) mit 0,85 angegeben.

3.7.2.3 PAK₁₆-Konzentration im Dränwasser

Die PAK₁₆-Einträge über Dränagen werden als Produkt aus der mittleren PAK₁₆-Konzentration im Dränwasser des AU und dem Dränagenabfluss des AU ermittelt. Repräsentative PAK₁₆-Konzentrationen zu einzelnen AU liegen derzeit jedoch nicht vor.

Deshalb wurden für die PAK_{16} -Konzentration im Dränwasser bislang Daten aus Studien zu Grundwasserkonzentrationen verwendet. Weitere Erläuterungen dazu finden sich in Abschnitt 3.8.2.

3.7.3 Neues methodisches Vorgehen

3.7.3.1 Dränspende

In dem veränderten methodischen Ansatz wird die jährliche Dränspende als Summe monatlicher Dränspenden auf Basis von Monatsniederschlägen und monatspezifischen Faktoren zur Berücksichtigung der Dränspende abgeleitet. Die verwendeten Daten und Methoden zur Ableitung der Faktoren sind in Hirt et al. (2011) ausführlich beschrieben und basieren auf beobachteten monatlichen Dränspenden.

Die in MoRE neu eingebundenen Faktoren zur Berechnung der monatlichen Dränspende sind in Tabelle 28 zusammengefasst. Die Monatsniederschläge basieren auf dem Niederschlagsdatensatz des GPCC (2011).

Tabelle 28: Monatliche Faktoren zur Berechnung der Dränspende

Monat	Faktor
Januar	0,64
Februar	0,70
März	0,64
April	0,41
Mai	0,24
Juni	0,10
Juli	0,09
August	0,08
September	0,10
Oktober	0,16
November	0,24
Dezember	0,47

Mit dem Ansatz nach Hirt et al. (2011) können die unterschiedliche saisonale Verteilung der monatlichen Gebietsniederschläge und die daraus resultierenden Dränspenden besser berücksichtigt werden. Eine höhere zeitliche Auflösung der Eingangsdaten erlaubt eine bessere Abbildung der realen Zusammenhänge und Wechselwirkungen im Modell und trägt zum besseren Systemverständnis bei. Daher ist es grundsätzlich von Vorteil bei vertretbarem Aufwand zeitlich höher aufgelöste Datensätze zu verwenden.

3.7.3.2 Berechnung der Stickstoff-Konzentration im Dränwasser

Es ist davon auszugehen, dass sich das Denitrifikationspotential von Grün- und Ackerland unterscheidet. Unter Grünlandflächen ist von einer höheren Denitrifikationskapazität auszugehen, die im Ergebnis in entsprechend niedrigeren Stickstoff-Einträgen in die Gewässer resultiert. Daher ist es sinnvoll nicht wie bisher einen, sondern landnutzungsspezifische Exponenten für die Abbildung der Denitrifikation zu berücksichtigen. Die jetzt verwendeten Exponenten berücksichtigen Grün- und Ackerland und liegen für Grünland bei 0,7 und für Ackerland bei 0,85 (Kreins et al. 2010).

3.7.3.3 PAK₁₆-Konzentration im Dränwasser

Aufgrund nicht vorhandener Messwerte im Dränagenwasser und unter der Annahme, dass PAK aufgrund ihrer Stoffeigenschaften im Boden i.d.R. vollständig zurückgehalten werden, wird bei der Modellierung nun der Wert Null verwendet.

3.7.4 Ergebnisse

3.7.4.1 Dränspende und Dränabfluss

Die Ergebnisse der Modellierung der Stoffeinträge für den bisherigen methodischen Ansatz (Basisvariante) und den neuen Berechnungsansatz werden exemplarisch für das Jahr 2010 miteinander verglichen.

Bei einer Mittelung der Faktoren zur Berücksichtigung der Dränspende für die Sommer- und Wintermonate ergeben sich vergleichbare Werte wie in Kretzschmar (1977). Der Dränabfluss macht etwa 52 % der Winterniederschläge und knapp 13 % der Sommerniederschläge aus.

Die Dränspende nach dem Berechnungsansatz von Hirt et al. (2011) ist in Abbildung 44 im Vergleich zu der Variante von Kretzschmar (1977) dargestellt. Im Wesentlichen ergeben sich Änderungen in der räumlichen Differenzierung der Dränspende. Die räumliche Verteilung der Zu- bzw. Abnahme der Dränspende ist Abbildung 45 zu entnehmen. Die Änderungen für die einzelnen AU liegen in der Größenordnung von -7 % bis +10 % und im Mittel für Deutschland bei 2 %. Es kann zusammengefasst werden, dass sich keine großen Änderungen für Deutschland ergeben aber die räumliche Verteilung der Höhe der Dränspende ändert sich durch die unterschiedliche Verteilung der monatlichen Niederschläge. Auffällig ist, dass sich im Donau-Einzugsgebiet, Rheinland-Pfalz, Hessen und im nördlichen Teil von Niedersachsen überwiegend eine erhöhte Dränspende ergibt. In Brandenburg und Schleswig-Holstein resultiert eine niedrigere Dränspende für die Variante nach Hirt et al. (2011). Die Gebiete mit höheren Dränspenden sind bis auf den nördlichen Teil Niedersachsens Regionen mit Jahresniederschlägen über 800 mm/a. Die Änderungen sind allerdings nicht nur auf die Verteilung der Summe der Jahresniederschläge zurückzuführen, sondern tatsächlich auch auf die bessere zeitliche Auflösung und Verteilung der Monatsniederschläge. Für die Sommermonate ergibt sich durch die angepasste Variante nach Hirt et al. (2011) für alle AU eine höhere Dränspende als bei der Basisvariante, für die Wintermonate dagegen überwiegend eine niedrigere Dränspende.

Der Dränabfluss ist ein Produkt aus der Dränspende und der dränierten Fläche, sodass er sich proportional zur Dränspende verändert.

Das dargestellte angepasste Vorgehen ist vorteilhaft einerseits im Hinblick auf die korrektere Abbildung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen in MoRE, andererseits auf zukünftige Entwicklungen und saisonale Betrachtungen.

3.7.4.2 Stickstoff-Einträge über Dränagen

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen der geänderten Eingangsdaten (N-Überschuss) (Abschnitt 3.3) und Modellansätze zusammen betrachtet.

Mit der zeitlich und landnutzungsspezifisch differenzierten Berechnung der Dränspende und der auf den geänderten N-Überschuss basierenden Stickstoff-Konzentration im Dränwasser (s. Kapitel 3.7.3.1 und 3.7.3.2) wurde für Deutschland für das Jahr 2010 insgesamt ein um 26 % niedrigerer Stickstoffeintrag über Dränagen berechnet. Bei einem neu berechneten Eintrag von ca. 70.500 t/a ist das ein Rückgang von ca. 24.600 t/a im Vergleich zur

Basisvariante. Je nach Flussgebietseinheit liegen die Änderungen zwischen -20 und -32 %, was mit der Verteilung von Acker- und Grünland in den Gebieten zusammenhängt. Tabelle 29 fasst die Ergebnisse für die Flussgebiete und die Meeresgebiete zusammen. Bezogen auf die Gesamt-Stickstoffeinträge ist im Mittel für Deutschland - bei ansonsten unveränderten Eintragspfaden - eine Reduktion von ca. 4 % festzustellen.

Durch die Verwendung des landnutzungsspezifischen Exponenten zur Berechnung der Denitrifikation werden Grünlandflächen mit einer niedrigeren Potenz berücksichtigt. Das führt bei der Berechnung der Stickstoff-Konzentration im Abfluss von dränierten Grünlandflächen zu niedrigeren Werten. Zusätzlich dazu kommen die niedrigeren flächenspezifischen N-Überschüsse hinzu, die sich ebenfalls auf die berechneten Konzentrationen im Dränabfluss vermindern auswirken. Im Zusammenspiel mit der veränderten Dränspende ergeben sich im Vergleich mit der Basisvariante die in Tabelle 29 dargestellten Stickstoff-Einträge über Dränagen.

Tabelle 29: Vergleich der Stickstoff-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Stickstoff-Eintrag Basisvariante [t/a]	Stickstoff-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	10.500	7.720	-26
Eider	8.850	5.990	-32
Elbe	32.200	24.700	-23
Ems	5.400	3.620	-33
Maas	79	54	-32
Oder	2.100	1.690	-20
Rhein	15.900	11.300	-29
Schlei/Trave	3.250	2.590	-20
Warnow/Peene	6.870	5.500	-20
Weser	9.980	7.310	-27
Nordsee	72.400	53.000	-27
Ostsee	12.200	9.780	-20
Schwarzes Meer	10.500	7.720	-26
Deutschland	95.100	70.500	-26

Abbildung 44: Dränspende im Jahr 2010 in Deutschland

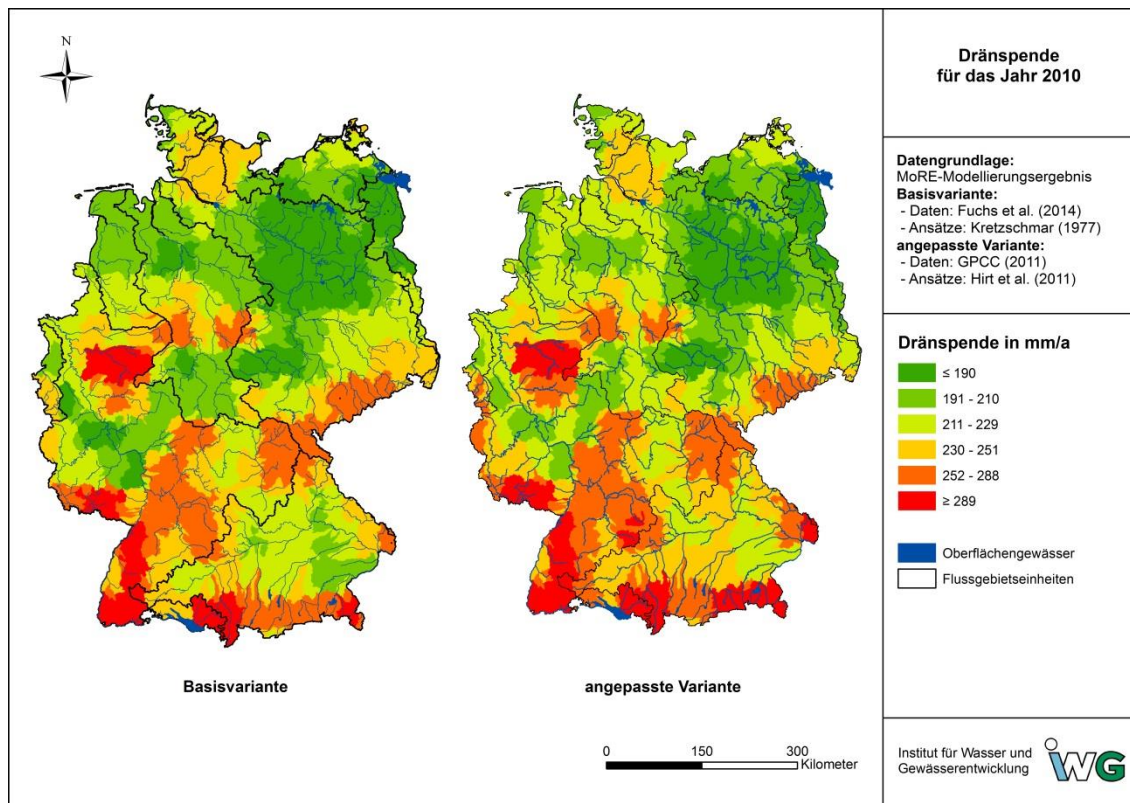


Abbildung 45: Änderung der Dränspende von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

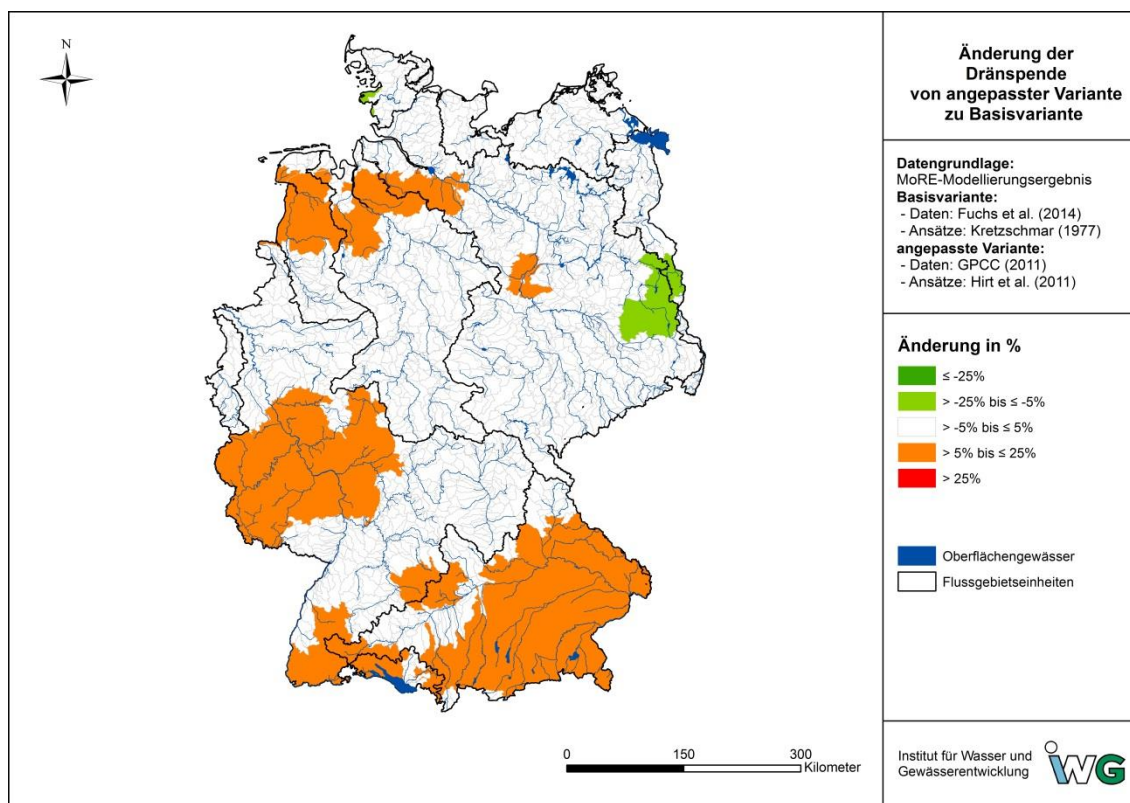


Abbildung 46: Spezifische Stickstoff-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 in Deutschland

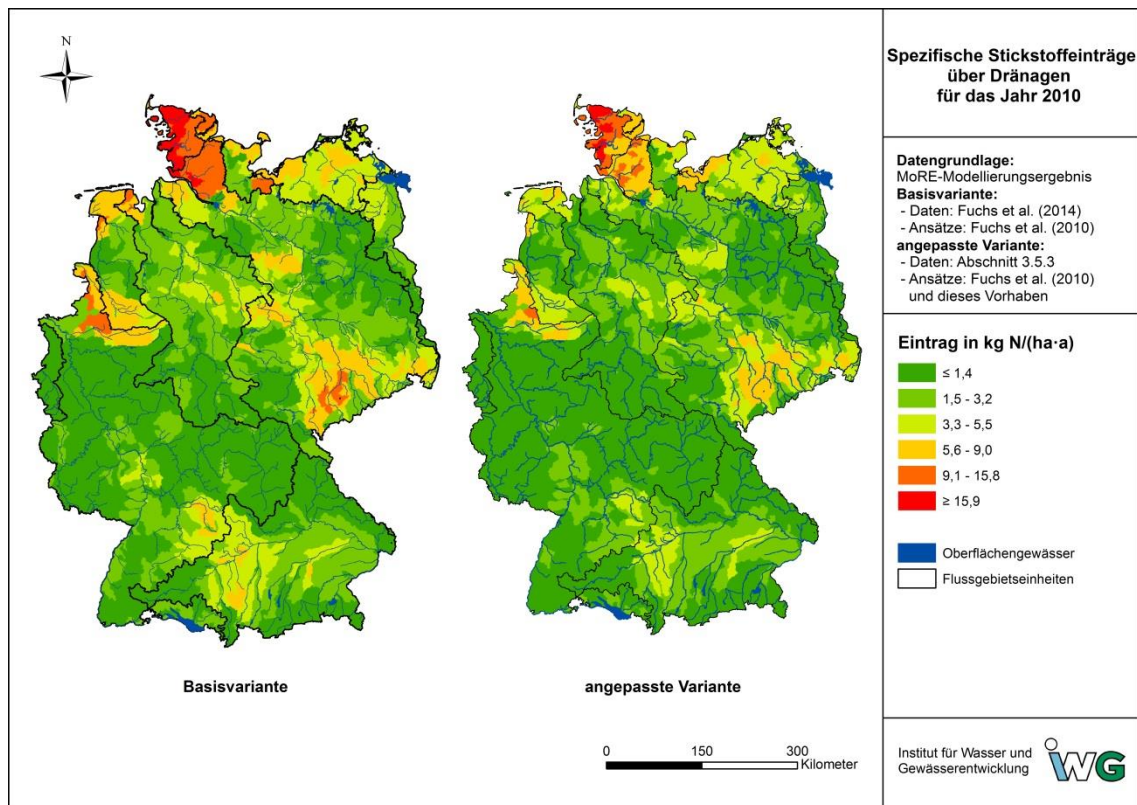
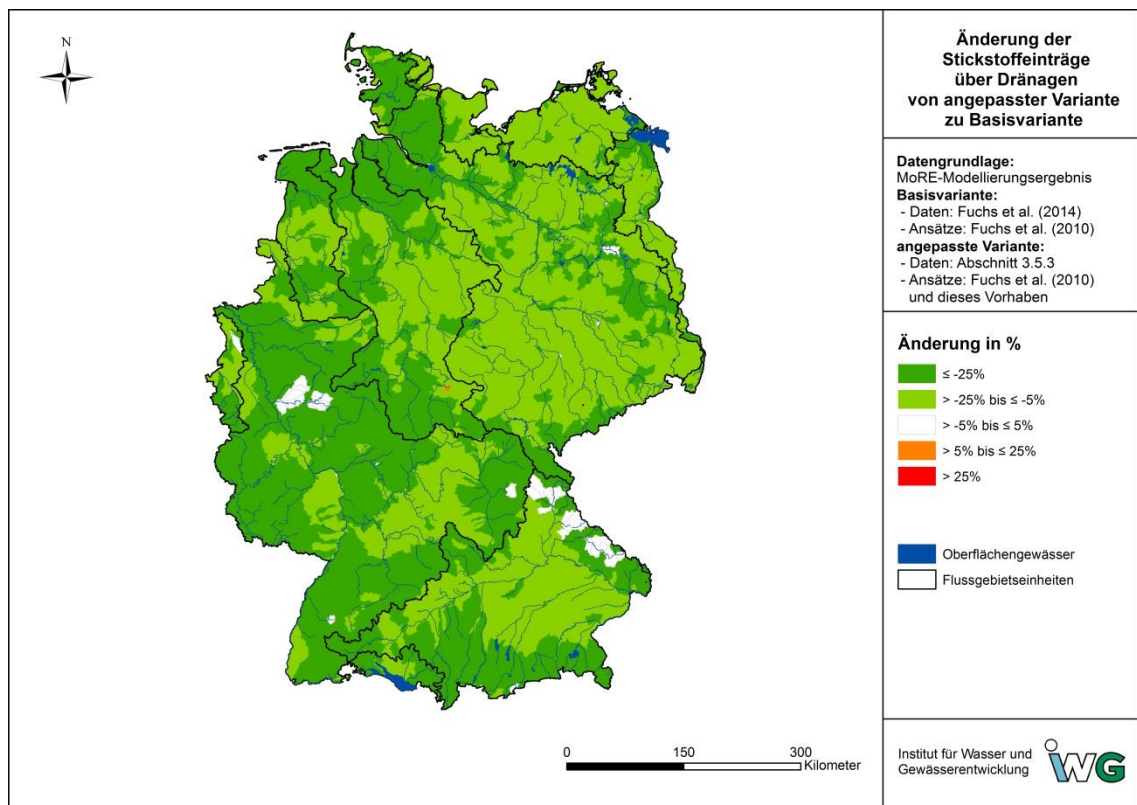


Abbildung 47: Änderung der Stickstoff-Einträge über Dränagen von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



3.7.4.3 Einträge über Dränagen für Phosphor, Schwermetalle und PAK₁₆

Bei Phosphor, bei der Gruppe der Schwermetalle und bei den PAK₁₆ berechnen sich die Einträge über Dränagen wie bei Stickstoff über das Produkt aus der Stoffkonzentration im Dränwasser und dem Dränabfluss.

Für Phosphor werden in MoRE regionalisierte Konzentrationen im Dränwasser in Abhängigkeit von den Bodenarten nach Behrendt et al. (1999) berechnet. Bei der Berechnung der Phosphor-Einträge mit der Dränspende der angepassten Variante ergibt sich für Deutschland ein um etwa 2 % höherer Eintrag. In Tabelle 30 sind die Phosphor-Einträge der Berechnungsvariante von Fuchs et al. (2014a) und der angepassten Variante für die Flussgebietseinheiten und die Meeresgebiete aufgelistet. Die Zunahme der Einträge ist nur auf die Zunahme der Dränspende bzw. des Grundwasserabflusses zurückzuführen.

Tabelle 30: Vergleich der Phosphor-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Phosphor-Eintrag Basisvariante [t/a]	Phosphor-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	156	165	6
Eider	69	67	-3
Elbe	294	295	0
Ems	94	97	4
Maas	1	1	0
Oder	15	15	0
Rhein	242	252	4
Schlei/Trave	19	19	-1
Warnow/Peene	50	50	-1
Weser	127	130	2
Nordsee	827	843	2
Ostsee	84	84	-1
Schwarzes Meer	156	165	6
Deutschland	1.070	1.090	2

Bei den Schwermetallen liegt die Konzentration im Dränwasser nicht als regionalisiertes Eingangsdatum vor. Da der Dränabfluss im linearen Zusammenhang zur Dränspende steht, ändern sich die Stoffeinträge entsprechend der Änderungen der Dränspende in der angepassten Variante zu der Basisvariante von Fuchs et al. (2014a). Exemplarisch für die Schwermetalle werden die resultierenden Zn-Einträge über Dränagen für die zwei Varianten im Jahr 2010 in Tabelle 31 gezeigt. Für Deutschland ergibt sich eine Zunahme der Zn-Einträge über Dränagen von 1 %. Auf Ebene der AU beträgt die Spannbreite der Änderungen im Jahr 2010 -6 bis +11 %.

Tabelle 31: Vergleich der Zink-Einträge über Dränagen im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Zink-Eintrag Basisvariante [kg/a]	Zink-Eintrag angepasste Variante [kg/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	11.500	12.200	6
Eider	7.840	7.640	-3
Elbe	39.400	39.300	0
Ems	4.290	4.410	3
Maas	95	99	3
Oder	2.730	2.700	-1
Rhein	20.000	20.800	4
Schlei/Trave	3.860	3.820	-1
Warnow/Peene	9.130	9.090	0
Weser	12.100	12.400	2
Nordsee	83.800	84.600	1
Ostsee	15.700	15.600	-1
Schwarzes Meer	11.500	12.200	6
Deutschland	111.000	112.000	1

Für die PAK₁₆ werden nun Einträge von 0 kg/a ermittelt.

3.7.5 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Zeitlich und räumlich höher aufgelöste Eingangsdaten sind grundsätzlich zu bevorzugen, vor allem im Hinblick auf zukünftiger Modellweiterentwicklung und eine mögliche Disaggregation der jährlichen Eintragsberechnung. Zudem tragen die höher aufgelösten Daten zu einer besseren Abbildung der realen Eintragssituation bei und sind zukünftig zu empfehlen.

3.8 Eintragspfad Grundwasser

Der Eintragspfad Grundwasser ist für manche Stoffe sehr relevant (bspw. N). Die Einträge über diesen Eintragspfad werden aus dem Produkt von mittlerer Stoffkonzentration im Grundwasser und dem Grundwasserabfluss berechnet. Für Stickstoff resultieren durch die neue Übertragungsmethodik der N-Überschüsse von den Kreisen auf die AU (Abschnitt 3.3) niedrigere flächenspezifische N-Überschüsse, die dazu führen, dass die berechneten mittleren Sickerwasser- und Grundwasserkonzentrationen niedriger liegen, dementsprechend auch die Einträge.

In diesem Kapitel werden die N-Einträge (Abschnitt 3.8.1) und die PAK₁₆-Einträge (Abschnitt 3.8.2) im Vergleich zu der Basisvariante beschrieben und quantifiziert.

3.8.1 Ergebnisse der Stickstoff-Einträge über Grundwasser

In diesem Abschnitt werden die Auswirkungen der geänderten Eingangsdaten (N-Überschuss, vgl. Abschnitt 3.3) und der Wasserbilanz (s. Abschnitt 3.7.3.1) zusammen betrachtet. Die Ergebnisse der Modellierung der Stoffeinträge über Grundwasser für die zwei Berechnungsvarianten werden exemplarisch für das Jahr 2010 miteinander verglichen.

Anhand der vorgenommenen Anpassungen wurde für Deutschland für das Jahr 2010 insgesamt ein um 13 % niedrigerer Stickstoffeintrag über Grundwasser berechnet. Bei einem neu berechneten Eintrag von ca. 301.000 t/a handelt es sich um eine Reduktion um ca. 44.000 t/a im Vergleich zur Basisvariante. Je nach Flussgebietseinheit liegen die Änderungen zwischen -8 und -16 %, was aus dem Zusammenspiel der Verteilung der landwirtschaftlichen Nutzflächen mit der atmosphärischen Deposition hervorgeht. Tabelle 32 fasst die Ergebnisse für die Flussgebietseinheiten und die Meeresgebiete zusammen. Abbildung 48 und Abbildung 49 geben einen Überblick über die räumliche Verteilung der flächenspezifischen N-Einträge über Grundwasser und ihre Veränderung nach Durchführung der Anpassungsarbeiten. Bei ansonsten unveränderten Eingangsdaten und Ansätzen in den anderen Eintragspfaden für die Jahre 2006-2011 ist von einer Abnahme der Gesamteinträge um ca. 7 % auszugehen.

Die Reduktion der Einträge über den Grundwasserpfad erklärt sich daraus, dass die mittleren flächenspezifischen N-Überschüssen durch die neue Übertragungsmethodik niedriger liegen.

Tabelle 32: Vergleich der Stickstoff-Einträge über Grundwasser im Jahr 2010 auf Ebene der Flussgebietseinheiten

Einzugsgebiet	Stickstoff-Eintrag Basisvariante[t/a]	Stickstoff-Eintrag angepasste Variante [t/a]	prozentuale Veränderung [%]
Donau	87.200	78.200	-10
Eider	5.840	5.180	-11
Elbe	56.400	50.600	-10
Ems	18.500	15.600	-16
Maas	5.000	4.320	-14
Oder	2.680	2.440	-9
Rhein	122.000	103.000	-16
Schlei/Trave	4.190	3.700	-12
Warnow/Peene	5.060	4.640	-8
Weser	38.500	33.700	-12
Nordsee	246.000	212.000	-14
Ostsee	11.900	10.800	-9
Schwarzes Meer	87.200	78.200	-10
Deutschland	345.000	301.000	-13

Abbildung 48: Spezifischer Stickstoff-Einträge über Grundwasser im Jahr 2010 in Deutschland

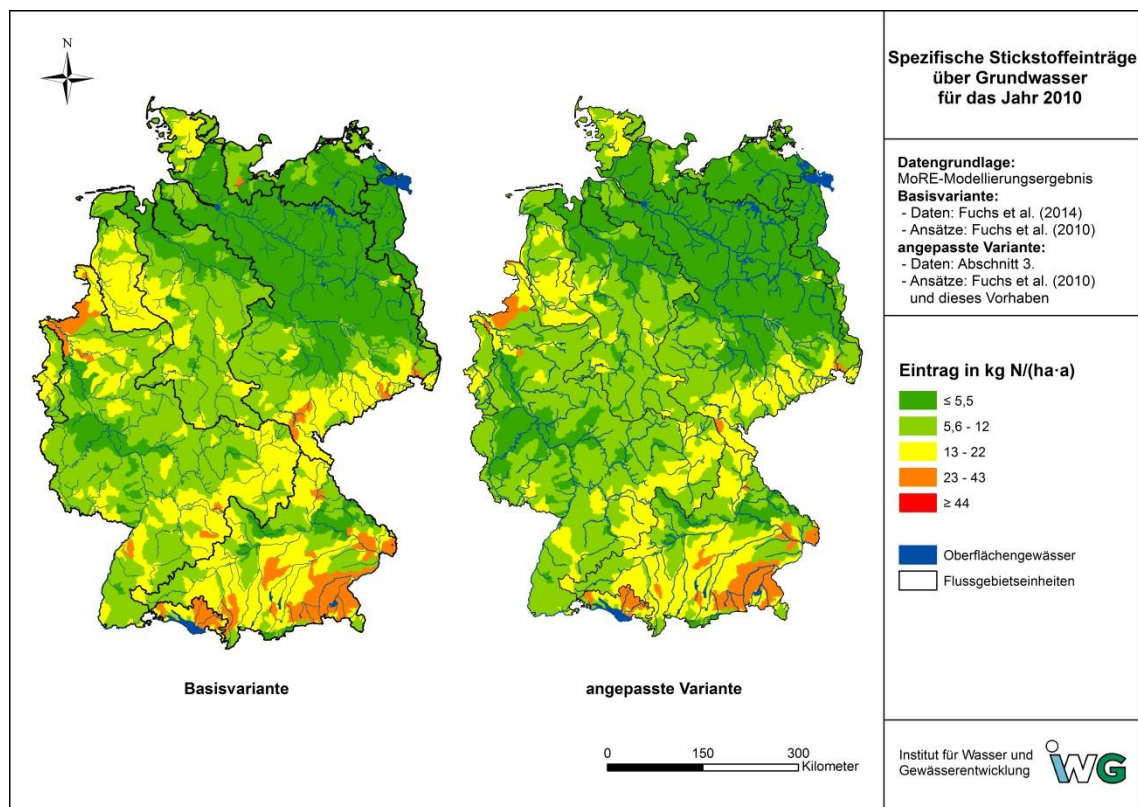
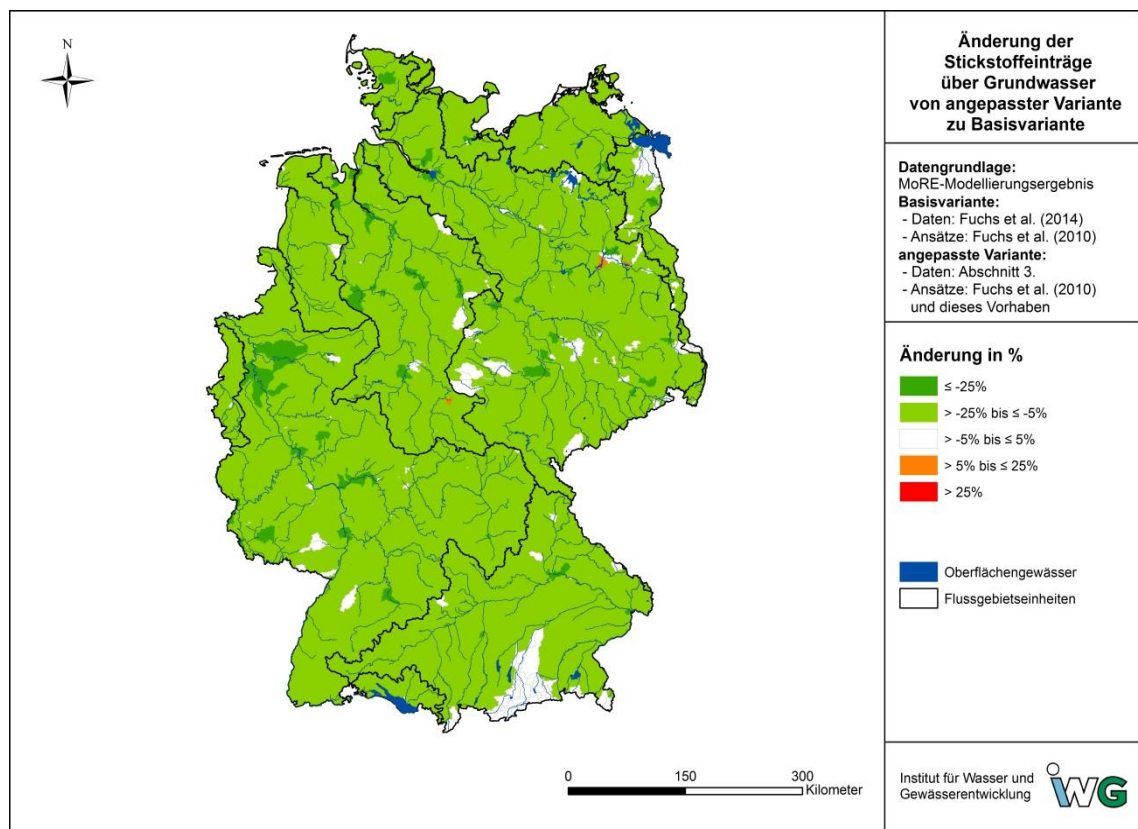


Abbildung 49: Änderung der Stickstoff-Einträge über Grundwasser von angepasster Variante zu Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



3.8.2 Bisherige Modellierung der PAK₁₆-Einträge und neue Methodik

Die PAK₁₆-Einträge über Grundwasser werden ebenfalls als Produkt aus einer mittleren Schadstoff-Konzentration im Grundwasser des AU und dem Grundwasserabfluss des AU ermittelt. Repräsentative Schadstoffkonzentrationen zu einzelnen AU liegen derzeit jedoch nicht vor. Deshalb wird hier auf mittlere Konzentrationen aus Studien zurückgegriffen.

So wurden für die PAK₁₆-Konzentration im Grundwasser bislang Daten aus einer Studie verwendet, die im Grundwasser keine PAK₁₆ nachweisen konnte. Trotzdem wurden die Werte kleiner BG bislang mit der halben Nachweisgrenze in die Modellierung berücksichtigt. Unter der Annahme, dass PAK aufgrund ihrer Stoffeigenschaften auf dem Weg ins Grundwasser im Boden i.d.R. vollständig zurückgehalten werden, wird nun bei der Modellierung nicht mehr die Hälfte der Nachweisgrenze verwendet, sondern der Wert Null. So werden über Grundwasser für Deutschland also nicht mehr 379 kg/a PAK₁₆-Einträge ermittelt, sondern 0 kg/a.

Sicherlich gibt es Gebiete in Deutschland (bspw. Altlasten), deren PAK-Konzentrationen im Grundwasser über einer angewandten BG liegen. Nach Einschätzung der Autoren handelt es sich hierbei jedoch um Ausnahmen, zu denen leider auch verlässliche aktuelle Daten fehlen.

Bei ansonsten gleicher Datenbasis und gleichen Ansätzen verringern sich die PAK₁₆-Gesamteinträge in Deutschland durch diese Anpassung um 3 %.

3.8.3 Empfehlungen zur bundeseinheitlichen Modellierung

Für die bundeseinheitliche Modellierung wird empfohlen die oben beschriebenen Vorgehensweisen sowohl für Stickstoff als auch die PAK zu verwenden. Für Stickstoff ist diese angesichts des Eingangsdatums N-Überschuss die plausiblere Herangehensweise, da die N-Einträge über den Grundwasserpfad auf die absoluten N-Überschüsse bezogen werden. Für die PAK wird die aktuelle Datenlage für den Eintragspfad Grundwasser und die daraus zu treffenden Annahmen adäquater berücksichtigt.

3.9 Zusammenfassung und Fazit zu den Anpassungen der Eingangsdaten und Modellansätze

Im Rahmen des Vorhabens wurden die Eingangsdaten und Ansätze bei fünf Eintragspfaden angepasst:

- kommunale Kläranlagen,
- Kanalisationssysteme,
- Erosion,
- Dränagen,
- Grundwasser.

Einerseits wurden höher räumlich und zeitlich aufgelöste Eingangsdaten verwendet. Des Weiteren wurde bei der Übertragung statistischer Daten von der primären Ebene (Gemeinde, Kreise) auf die AU die dazugehörige Bezugsgröße berücksichtigt. So kann die räumliche Verteilung der Daten besser durch die Modellierung abgebildet werden.

Die Verwendung zeitlich und räumlich höher aufgelöster Daten erforderte Anpassungen in den Modellansätzen. Dies war insbesondere für die landnutzungsdifferenzierte Abbildung von Prozessen nötig.

Bei den vorgenommenen Anpassungen wurde insgesamt darauf geachtet, dass das Modell in sich stimmig bleibt. Dies bezieht sich sowohl auf die räumliche Auflösung der Eingangsdaten als auch auf die Ansätze. Infolgedessen wurden nicht immer die höchst aufgelösten Datensätze und Ansätze verwendet, vielmehr wurden Datensätze und Ansätze verwendet, die zueinander passen. So wurde bspw. der Landnutzungsdatensatz Basis-DLM (BKG 2014) - obwohl im Prinzip besser geeignet - nicht für die Eintragsmodellierung verwendet, da der Bodenabtrag, der im Rahmen des letzten Vorhabens zur Aktualisierung der Stoffeinträge erstellt wurde (Fuchs et al. 2014a), auf einem anderen Datensatz aufbaut (CLC2006). Unterschiedliche Datensätze hätten insgesamt zu Inkonsistenzen bezogen auf die Datengrundlagen geführt. Aus den durchgeführten Anpassungen resultieren also Eingangsdaten und Ansätze, die mit dem Ziel der Modellierung - eine überregionale Eintragsmodellierung durchzuführen - in Einklang stehen.

Generell stellt sich die Frage nach der Konsistenz und Kompatibilität von Eingangsdaten neben der Landnutzung bei weiteren allgemeinen Eingangsdaten (bspw. Daten zu Entwässerungssystemen: Anschlussgrade, Entwässerungsart, Regenwasserbehandlung) und bei den meisten stoffbezogenen Eingangsdaten (bspw. Ablaufkonzentrationen/-frachten von Kläranlagen, Stoffbilanzen der Oberböden, Oberbodengehalte, Depositionsraten u.v.m.). Dabei gilt prinzipiell, dass allgemeine Grundlagendaten aus Deutschland, die für Forschungsnehmer verfügbar sind, i.d.R. eine deutlich bessere räumliche und zeitliche Auflösung aufweisen als Datensätze, die europaweit verfügbar sind. Dies gilt auch in Bezug zu stoffbezogenen Grundlagendaten, welche zudem zu weiten Teilen für die ausländischen Einzugsgebietsanteile fehlen, sodass hier auf mittlere Verhältnisse zurückgegriffen wird.

In MoRE wurden im Rahmen dieses Vorhabens die technischen Voraussetzungen für Modellierungen mit Varianten von Eingangsdaten geschaffen. Die Frage, welcher Datensatz der „bessere“ ist, kann nur unter Berücksichtigung der Zielsetzung und durch den Vergleich von modellierten Werten mit Messwerten beantwortet werden. Dieser Vergleich könnte bspw. für Stoffkonzentrationen in verschiedenen Abflusskomponenten oder für Stoffgehalte in Oberböden erfolgen. Je nach Fragestellung sind hierfür angepasste Monitoringprogramme erforderlich. Ziel wäre dabei das Vorliegen robuster mittlerer Konzentrationen für unterschiedliche Abflusskomponenten für die gegebene Anwendung.

Zur Validierung der modellierten Einträge werden modellierte Gewässerfrachten abgeleitet und diese mit beobachteten Gewässerfrachten verglichen, um daraus die Modelleffizienz zu ermitteln. Dieser Vergleich ist jedoch nur bedingt geeignet, um Aussagen über die Qualität der Eingangsdaten und Ansätze aus der Eintragsmodellierung zu treffen. Dies liegt an dem unterschiedlichen Fokus von Eintragsmodellierung und Gewässermessprogrammen. Bei der Eintragsmodellierung liegt das primäre Augenmerk auf den transportierten Massen (d.h. Frachten). Die Standardmessprogramme, die in Deutschland durchgeführt werden, legen den Fokus auf die Abbildung der mittleren Gewässerkonzentration. So wird die Probenahme im Rahmen dieser Programme entweder als Einzelprobe oder als zeitproportionale Mischprobe durchgeführt. Für die Abschätzung der beobachteten Gewässerfracht aus diesen Daten ist zu berücksichtigen, dass große Unsicherheiten bezüglich der Höhe der Frachten entstehen können, da Informationen zum Abfluss nicht adäquat in die Probenahme einfließen. So sind einerseits bspw. bei n-wöchigen Einzelproben zwar Informationen zur Abflusshöhe am Messtag vorhanden, jedoch gleichzeitig große Lücken in dem zeitlichen Verlauf der Konzentration zwischen zwei Messtagen. Andererseits ist bei zeitproportionalen Mischproben der zeitliche Verlauf der Konzentration zwar gut abgebildet, die Höhe des Abflusses wird - aufgrund einer anderen Zielsetzung - bei der Probenahme jedoch vernachlässigt. Es ist demzufolge davon auszugehen, dass die beobachteten Gewässerfrachten mit großen Unsicherheiten behaftet

sind. Welchen Teil der tatsächlichen Gewässerfracht sie darstellen, ist derzeit nicht verallgemeinerbar.

Letztendlich kann also ein Vergleich der Modellergebnisse mit den beobachteten Gewässerfrachten nicht zwangsläufig den Beweis erbringen, dass die angepassten Eingangsdaten und Ansätze tatsächlich besser sind. Aufgrund des Mangels an alternativen Datensätzen wird die Validierung der Eintragsmodellierung bislang dennoch anhand der beobachteten Gewässerfrachten durchgeführt. Um bessere Aussagen zur Modellgüte treffen zu können, empfehlen die Forschungsnehmer, für die Validierung der Eintragsmodellierung geeignete Gewässergütedaten an ausgewählten Messstellen zu erheben und zur Verfügung zu stellen.

Bei einer ansonsten auch inkonsistenten Datenbasis zur Eintragsmodellierung (Deutschland vs. Ausland) sollte bei der Modellvalidierung zudem darauf geachtet werden, dass nur Gütemessstellen herangezogen werden, deren Einzugsgebiet zu einem überwiegenden Teil in Deutschland liegt. So wird verhindert, dass Effekte wie die unterschiedliche Güte von Eingangsdaten den Vergleich verzerren. Inwieweit sich die inkonsistente Datenbasis bei den Ergebnissen und deren Verlässlichkeit niederschlägt, kann derzeit nicht abgeschätzt werden und wäre Bestandteil weiterer Untersuchungen. Aus diesem Grunde wird im Rahmen dieses Vorhabens der Gewässerfrachtvergleich nur für die AU durchgeführt, deren Einzugsgebiet vollständig in Deutschland liegt. Dieser Empfehlung folgend, können im Rahmen einer Weiterentwicklung der Stoffeintragsmodellierung die best verfügbaren Datensätze für Deutschland verwendet werden.

4 Umsetzung der überregionalen Maßnahmen in MoRE

Im folgenden Abschnitt wird die Umsetzung überregionaler Maßnahmen in MoRE dargestellt. Ausgehend von der Analyse der MP der Länder wurden Maßnahmen strategischer, überregionaler Bedeutung identifiziert und in Zusammenarbeit mit den Ländern abgestimmt (Abschnitt 4.1). Anschließend erfolgte die Auswahl der Maßnahmen, die in der Modellierung umgesetzt werden. Eine Beschreibung der ausgewählten Maßnahmen ist Abschnitt 4.2 zu entnehmen. Zudem wurden Steckbriefe für die Maßnahmen erstellt (Anhang 10.2). Gleichzeitig wurde die Architektur von MoRE so angepasst, dass Maßnahmen auf Ebene von AU und für einzelne Punktquellen abgebildet werden können (vgl. dazu die Abschnitte 2.2.2.5 bzw. 2.2.2.1). Die ökonomische Bewertung von Maßnahmen wird in Abschnitt 5 beschrieben.

4.1 Ableitung der überregionalen Maßnahmen und Maßnahmenwirkungen

Als Grundlage zur Identifikation überregionaler Bewirtschaftungsziele und zur Ausweisung strategischer, überregional wirksamer Maßnahmen wurden die BWP und MP der Länder und FGGen systematisch ausgewertet. Insbesondere wurden die BWP und MP der Länder Baden-Württemberg, Bayern, Hamburg, Nordrhein-Westfalen, Schleswig-Holstein, Sachsen und Hessen sowie der FGGen Weser und Elbe gesichtet. Diese umfassen etwa 80 % der Fläche Deutschlands. Zur Analyse dieser Dokumente wurde eine qualitative Inhaltsanalyse durchgeführt. Basierend auf der Zielstellung des Vorhabens - Abschätzung der Relevanz einzelner Maßnahmen für das gesamte Bundesgebiet sowie eine erste Einschätzung der Wirkung und Kosten von Maßnahmen - wurde ein Kriterienkatalog erstellt (s. Tabelle 33).

Tabelle 33: Kriterien zur inhaltlichen Analyse der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenpläne

Fragen
Beschreibung der Maßnahmen + Anzahl der betroffenen Wasserkörper/ Planungseinheiten/ Koordinierungsräumen in einzelnen Teileinzugsgebieten und Länder
Raumbezug der Maßnahmen (Vorhandensein der GIS-Daten)
Angaben zu Wirksamkeiten einzelner Maßnahmen
Angaben zu Kosten einzelner Maßnahmen

Im Ergebnis dieser Auswertung wurde eine Liste der in den verschiedenen Flussgebieten identifizierten Maßnahmen (Abschnitt 4.1.1) und eine Übersicht zu deren Raumbezug (Abschnitt 4.1.2) erarbeitet. Auf Basis dieser Informationen wurde eine Priorisierung hinsichtlich der Relevanz der einzelnen Maßnahmen durchgeführt (Abschnitt 4.1.3). Anschließend wurden in Abstimmung mit dem B/L AK Stoffeintragsmodellierung Maßnahmen ausgewählt, die für eine strategische, überregionale Planung relevant sind (Abschnitt 4.1.4).

4.1.1 Erstellung von Maßnahmenlisten

Für die Ausweisung der Maßnahmen wurde mit Ausnahme einiger Länder der von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelte Maßnahmenkatalog verwendet. Eine gemeinsame Auswertung und Zusammenfassung der MP der Länder, die andere, vom LAWA-Katalog abweichende Maßnahmenbezeichnungen verwendet haben, mit den LAWA-konformen MP ist nicht möglich.

Der Maßnahmenkatalog der LAWA unterscheidet insgesamt 107 Maßnahmen in Umsetzungsmaßnahmen und konzeptionelle Maßnahmen. Umsetzungsmaßnahmen sind Maßnahmen, die einen unmittelbaren positiven Einfluss auf den Zustand der Gewässer haben. Es handelt sich dabei meistens um bauliche Maßnahmen. Konzeptionelle Maßnahmen hingegen sind vorbereitende Tätigkeiten für Umsetzungsmaßnahmen z. B. Ursachenanalysen und Beratungsmaßnahmen. In Hinblick auf die Modellierung von Maßnahmenwirksamkeiten wurden bei der Auswertung der MP vorrangig die Umsetzungsmaßnahmen näher analysiert. Eine Modellierung konzeptioneller Maßnahmen ist in MoRE nicht möglich, da diese i.d.R. nicht direkt die Wirksamkeit verschiedener Stoffeintrags-Prozesse abbilden.

Die Umsetzungsmaßnahmen werden in sechs Belastungstypen klassifiziert, welche wiederum in 33 Belastungsgruppen unterteilt sind. Lediglich drei von sechs Belastungstypen weisen jedoch einen direkten Bezug zu Stoffeinträgen auf:

- „Punktquellen“,
- „Diffuse Quellen“ und
- „Andere anthropogene Auswirkungen“.

Für dieses Vorhaben wurden davon vorrangig jene Maßnahmen betrachtet, die sich sowohl auf Oberflächenwasserkörper beziehen als auch einen Stoffbezug haben. Diese sind in Tabelle 34 mit ihrer Zugehörigkeit zu Belastungstypen sowie Belastungsgruppen aufgeführt. Dabei handelt es sich um sehr vielfältige und z. T. detaillierte Maßnahmen.

Im weiteren Auswahlprozess wurde der ausgewiesene Raumbezug der Maßnahmen ausgewertet (Abschnitt 4.1.2) und darauf aufbauend die Relevanz der einzelnen Maßnahmen abgeleitet (Abschnitt 4.1.3).

Tabelle 34: Maßnahmenliste Projekt "Maßnahmeneffizienz"

Belastungstyp	Belastungsgruppe	Maßnahmenbezeichnung
Punktquellen	Bergbau	Maßnahmen zur Reduzierung punktueller Stoffeinträge aus dem Bergbau (OW)
	Industrie / Gewerbe	Neubau und Anpassung von industriellen/ gewerblichen Kläranlagen
		Optimierung der Betriebsweise industrieller/ gewerblicher Kläranlagen
		Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge durch industrielle/ gewerbliche Abwassereinleitungen
	Kommunen / Haushalte	Anschluss bisher nicht angeschlossener Gebiete an bestehende Kläranlagen
		Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Phosphoreinträge
		Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung der Stickstoffeinträge
		Ausbau kommunaler Kläranlagen zur Reduzierung sonstiger Stoffeinträge
		Interkommunale Zusammenschlüsse und Stilllegung vorhandener Kläranlagen
		Neubau und Anpassung von kommunalen Kläranlagen
		Neubau und Sanierung von Kleinkläranlagen
		Optimierung der Betriebsweise kommunaler Kläranlagen
		Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge durch kommunale Abwassereinleitungen
	Misch-und Niederschlagswasser	Neubau und Anpassung von Anlagen zur Ableitung, Behandlung und zum Rückhalt von Misch-und Niederschlagswasser
		Optimierung der Betriebsweise von Anlagen zur Ableitung, Behandlung und zum Rückhalt von Misch-und Niederschlagswasser
		Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge durch Misch-und Niederschlagswassereinleitungen
	Sonstige Punktquellen	Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge aus anderen Punktquellen (OW)
Diffuse Quellen	Altlasten / Altstandorte	Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Stoffeinträge aus Altlasten und Altstandorten
	Bebaute Gebiete	Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Stoffeinträge von befestigten Flächen
	Bergbau	Maßnahmen zur Reduzierung diffuser Belastungen infolge Bergbau (OW)
	Bodenversauerung	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Bodenversauerung
	Landwirtschaft	Anlage von Gewässerschutzstreifen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge
		Maßnahmen zur Reduzierung der auswaschungsbedingten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft (OW)
		Maßnahmen zur Reduzierung der direkten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft
		Maßnahmen zur Reduzierung der Einträge von Pflanzenschutzmitteln aus der Landwirtschaft (OW)
		Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge durch Drainagen aus der Landwirtschaft
		Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoff- und Feinmaterialeinträge durch Erosion und Abschwemmung aus der Landwirtschaft
		Umsetzung und Aufrechterhaltung von spezifischen Wasserschutzmaßnahmen in Trinkwasserschutzgebieten (OW)
	Sonstige diffuse Quellen	Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen aus anderen diffusen Quellen (OW)
	Unfallbedingte Einträge	Maßnahmen zur Vermeidung von unfallbedingten Einträgen
Andere anthropogene Auswirkungen	Fischereiwirtschaft	Maßnahmen zum Initialbesatz bzw. zur Besatzstützung
		Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Fischerei in Fließgewässern
		Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Fischerei in Küsten- und Übergangsgewässern
		Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Fischerei in stehenden Gewässern
		Maßnahmen zur Reduzierung der Belastungen infolge Fischteichbewirtschaftung
	Sonstige anthropogene Belastungen	Maßnahmen zur Reduzierung anderer anthropogener Belastungen (OW)

4.1.2 Raumbezug der Maßnahmen

Der Raumbezug der ausgewiesenen Maßnahmen spielt eine große Rolle bei der Aussage über die Relevanz derselben. Der Raumbezug der MP ist jedoch nicht einheitlich. Manche Länder wählten als räumliche Bezugsebene die WK (Sachsen, Schleswig-Holstein, Bayern und Baden-Württemberg). Andere Länder bezogen die Maßnahmen auf größere räumliche Einheiten wie z. B. Wasserkörpergruppen (Nordrhein-Westfalen) oder PE (FGG Elbe, FGE FGG Weser). Der unterschiedliche Raumbezug erschwert die Auswertung und führt zu starken Einschränkungen bei der Interpretation der Relevanz der einzelnen Maßnahmen.

Zur Beurteilung kommt erschwerend hinzu, dass die räumlichen Bezugsebenen selbst bundesweit nicht nach einheitlichen Kriterien abgeleitet wurden. Das hat zur Folge, dass angefangen auf WK-Ebene deren Anzahl und Flächengrößen von BL zu BL stark schwanken.

4.1.3 Relevanz der Maßnahmen

Da weder in den BWP noch den MP Informationen über die Wirksamkeit der Maßnahmen verfügbar waren, erfolgte die Priorisierung der Umsetzungsmaßnahmen auf Basis der Häufigkeit der Nennung auf Ebene der kleinsten in den MP aufgeführten räumlichen Einheit. Daraus wurde die Relevanz einer Maßnahme in einem Land oder in einer Flussgebietseinheit ermittelt. Die Relevanz der Umsetzungsmaßnahmen mit Ortsbezug WK ist Tabelle 35 zu entnehmen.

Tabelle 35: Priorisierung von Umsetzungsmaßnahmen mit Bezug zum Wasserkörper

Maßnahme Code	Belastungstyp	Belastungsgruppen	Maßnahmenbezeichnung	Anzahl der Maßnahmen mit Ortsbezug "WK"	Relative Bedeutung der Umsetzungsmaßnahme
30	Diffuse Quellen	Landwirtschaft	Maßnahmen zur Reduzierung der auswaschungsbedingten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft (OW)	956	14,23%
27	Diffuse Quellen	Landwirtschaft	Maßnahmen zur Reduzierung der direkten Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft	880	13,10%
10	Punktquellen	Misch- und Niederschlagswasser	Neubau und Anpassung von Anlagen zur Ableitung, Behandlung und zum Rückhalt von Misch- und Niederschlagswasser	755	11,24%
29	Diffuse Quellen	Landwirtschaft	Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Nährstoff- und Feinmaterialeinträge durch Erosion und Abschwemmung aus der Landwirtschaft	670	9,97%
12	Punktquellen	Misch- und Niederschlagswasser	Sonstige Maßnahmen zur Reduzierung der Stoffeinträge durch Misch- und Niederschlagswassereinträgen	663	9,87%
8	Punktquellen	Kommunen / Haushalte	Anschluss bisher nicht angeschlossener Gebiete an bestehende Kläranlagen	639	9,51%
7	Punktquellen	Kommunen / Haushalte	Neubau und Sanierung von Kleinkläranlagen	638	9,50%
28	Diffuse Quellen	Landwirtschaft	Anlage von Gewässerschutzstreifen zur Reduzierung der Nährstoffeinträge	451	6,71%
Summe Umsetzungsmaßnahmen				6.717	

4.1.4 Strategische überregionale Maßnahmen zur Umsetzung in MoRE

Aus der Vielzahl der Maßnahmen wurden nun die mit strategischer, überregionaler Bedeutung ausgewählt und über den B/L AK Stoffeintragsmodellierung mit den Ländern abgestimmt. Im Anschluss wurden Maßnahmen ausgewählt, die in MoRE umgesetzt werden können. Zudem wurde begleitend eine Kostenschätzung vorgenommen. So konnte erstmals mit dem Modell MoRE für Gesamt-Deutschland die Auswirkung von ausgewählten Maßnahmen und Maßnahmenkombinationen auf die Stoffeinträge modelliert und eine ökonomische Bewertung vorgenommen werden.

Ein wesentliches Kriterium bei der Auswahl der Maßnahmen zur Umsetzung im Modell ist, dass sie so formuliert sind, dass sie in Zusammenhang mit den operablen Größen der Quantifizierungsansätze stehen. Das bedeutet, sie müssen die Wirksamkeit verschiedener Prozesse (z. B. Stoffrückhalt durch Regenwasserbehandlung) abbilden. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung für die angestrebte Integration einer ökonomischen Bewertungskomponente.

Mit Hilfe eines eigens dafür entwickelten flexiblen Werkzeugs, dem Maßnahmenmanager (Abschnitt 2.2.2.5), wurde für die folgenden strategisch überregionalen Maßnahmen die Auswirkung auf die Gesamteinträge modelliert:

Maßnahmen im urbanen Bereich:

- Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kläranlagen“:
 - Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen
- Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kanalisationssysteme“:
 - Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an bestehende kommunale Kläranlagen
 - Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Misch- und Trennsystem
 - Neubau von Speichervolumen im Mischsystem
 - Reduzierung der versiegelten Flächen

Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich:

- Maßnahmen mit Bezug zu den Eintragspfaden „Grundwasser“ und „Dränagen“:
 - Umsetzung von Ökolandbau auf 10 % bzw. 20 % der landwirtschaftlichen Flächen
 - Optimierung des Düngungsmanagements

Diese Maßnahmen wurden im Rahmen des Vorhabens in MoRE umgesetzt. Da Angaben zu ihrer Wirksamkeit nicht vorlagen, wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Die Ergebnisse sind insbesondere in den Maßnahmensteckbriefen (Anhang 10.2) dokumentiert.

4.2 Beschreibung der Maßnahmen

Für eine gute Nachvollziehbarkeit wurden die in MoRE umgesetzten Maßnahmen in Maßnahmensteckbriefen (Anhang 10.2) dokumentiert. Dabei beinhaltet jeder Steckbrief wichtige Angaben in Bezug auf die allgemeinen Maßnahmeninformationen wie Maßnahmenbezeichnung (kurze und lange), Pfadbezug, Stoffbezug, räumliche und zeitliche Gültigkeit, inhaltliche Beschreibung. Weiterhin werden wichtige Aspekte der Maßnahmenumsetzung in MoRE erläutert. Darunter zählen die Bezugsvariablen für die Maßnahmen, Zielgrößen, Umsetzungsgrad, Ableitung neuer Eingangsdaten bzw. neuer Varianten von Eingangsdaten, Bezugsvariablen für die Kosten und die spezifischen Kosten der Maßnahmen.

Im Folgenden werden die einzelnen Maßnahmen kurz beschrieben. Weitere Details sind den Steckbriefen (Anhang 10.2) zu entnehmen.

4.2.1 Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kläranlagen“

Kommunale Kläranlagen stellen neben dem Grundwasser den wichtigsten Eintragspfad für Stickstoffeinträge dar. In Bezug auf Phosphoreinträge sind kommunale Kläranlagen mit ca. 30 % Anteil am Gesamteintrag Haupteintragspfad. Hinsichtlich der Schadstoffeinträge ist

festzustellen, dass zum Zeitpunkt dieser Untersuchung für Schwermetalleinträge keine deutschlandweit verfügbaren belastbaren Daten zu Kläranlagenabläufen vorliegen.

Aufgrund der hohen Relevanz für Nährstoffe und aufgrund der schlechten Datenlage hinsichtlich Schadstoffe wurde die Wirksamkeit der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ im Rahmen des Vorhabens am Beispiel der Nährstoffe untersucht.

4.2.1.1 Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen

In Deutschland hat die Entwicklung der Abwasserentsorgung in den letzten Jahrzehnten zu einer starken Reduzierung der Stoffeinträge in die Gewässer beigetragen. Die Abwasserbehandlung in Deutschland ist aus technischer Sicht auf einem hohen Niveau.

Hinsichtlich der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben bspw. für die Nährstoffe in Anhang 1 der Abwasserverordnung (AbwV) kann kein weiterer Handlungsbedarf abgeleitet werden. Die in der AbwV Anhang 1 festgelegten Anforderungen für kommunale Kläranlagen ab Größenklasse 4 werden selbst von Anlagen der Größenklassen 1-3 häufig eingehalten. Trotzdem gibt es hinsichtlich der erreichten Ablaufkonzentrationen nach wie vor eine hohe Variabilität des Leistungsstandes der einzelnen Kläranlagen bspw. in Bezug auf die Nährstoff-Elimination. Dies zeigt die statistische Auswertung eines deutschlandweiten Datensatzes zu Ablaufkonzentrationen kommunaler Kläranlagen > 50 EW. Für alle Kläranlagen < 2.000 EW wurden die Daten des FDZ (2013a) und für Kläranlagen ≥ 2.000 EW die Daten aus der Berichterstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie für das Jahr 2010 (UBA 2013c) herangezogen.

Für die Optimierung der Betriebsweise kommunaler Kläranlagen steht eine Palette von Einzelmaßnahmen zur Verfügung. Für eine deutschlandweite bzw. überregionale Betrachtung ist es allerdings nicht möglich, einzelne Optimierungsmaßnahmen zu betrachten. Diese wären individuell mit Blick auf Ausstattung und Betriebsweise einer Anlage auszuweisen und umzusetzen. Die Entscheidung, welche Verfahren in einer Kläranlage zur Anwendung kommen können, muss vor Ort geprüft werden.

In der überregionalen, deutschlandweiten Betrachtung können zur Feststellung eines Optimierungs- und Eintragsreduzierungspotentials stoffspezifische Größen herangezogen werden. So wurden im Rahmen dieses Vorhabens Eintragsminderungspotentiale abgeschätzt, indem ausgehend vom Ist-Zustand, anspruchsvolle, über die bisher gesetzlich formulierten Anforderungen hinausgehende Mindestanforderungen zur Umsetzung einer weiteren Stoffeintragsreduzierung formuliert wurden.

Für die Ableitung der Mindestanforderungen für diese Maßnahme wurde zunächst größenklassenspezifisch die Verteilung der Ablaufkonzentrationen auf Basis der Nominalbelastung (Nominalbelastung als tatsächlich behandelte Abwassermenge) ermittelt. Hierfür wurden für jede Größenklasse jeweils drei Benchmarks definiert: Alle Kläranlagen einer Größenklasse sollten als Zielwert im Jahresmittel mindestens die Ablaufkonzentration der besten 25 %, 50 % und 75 % (1. Quartil, Median, 3. Quartil) der Anlagen erreichen (Tabelle 36). Im Vorfeld dieser statistischen Auswertung wurden alle Ausreißer entfernt (Gleichung 1, Abschnitt 3.4.2.3).

Tabelle 36: Abgeleitete Zielkonzentrationen im Vergleich zu den Anforderungen nach Anhang 1 Abwasserverordnung (AbwV)

Statistische Zielgröße	Zielkonzentrationen (Mindestanforderungen) [mg/l]									
	GK1 (> 50- <1.000 EW)		GK2 (1.000- 5.000 EW)		GK3 (>5.000- 10.000 EW)		GK4 (>10.000- 100.000 EW)		GK5 (>100.000 EW)	
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P
1. Quartil	8	1,7	4,19	1	3,6	0,58	4,4	0,42	5,88	0,3
Median	13	2,9	7	1,71	5,5	0,9	7	0,66	8,46	0,4
3. Quartil	20,9	5	12,33	2,73	8,7	1,3	9,75	0,9	10,92	0,56
Anhang 1 AbwV	-	-	-	-	-	-	18	2	13	1

Diese Maßnahme kann, nachdem im Modell mit der Punktquellenverwaltung die notwendigen strukturellen Voraussetzungen geschaffen wurden, deutschlandweit für alle Anlagen ≥ 2.000 EW anlagenspezifisch und für alle Anlagen > 50 EW bis < 2.000 EW aggregiert auf Ebene der AU umgesetzt werden. Bei der Maßnahmenumsetzung wird geprüft, ob eine Anlage den abgeleiteten Konzentrationszielwert überschreitet. Ist dies der Fall, so wird der Stoffeintrag mit der Zielkonzentration berechnet, sonst mit der tatsächlichen Ablaufkonzentration der Anlage.

4.2.2 Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad „Kanalisationssysteme“

Nach Fuchs et al. (2014a) stellen die Kanalisationssysteme einen bedeutenden Eintragspfad insbesondere für Schadstoffe dar. Aus diesem Grunde wurden die folgenden Maßnahmen „Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Misch- und Trennsystem“ (Abschnitt 4.2.2.2), „Neubau von Speichervolumen im Mischsystem“ (Abschnitt 4.2.2.3) und „Reduzierung der versiegelten Flächen“ (Abschnitt 4.2.2.4) am Beispiel der Schwermetalle umgesetzt. Auf besonderen Wunsch der Länder wurde zusätzlich die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an bestehende kommunale Kläranlagen“ (Abschnitt 4.2.2.1) für die Nährstoffe umgesetzt.

4.2.2.1 Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an bestehende kommunale Kläranlagen

Der Anschlussgrad der Bevölkerung an Kläranlagen beschreibt den prozentualen Anteil der Bevölkerung, deren Abwasser in der Kanalisation gesammelt und in kommunalen Kläranlagen behandelt wird. Grundsätzlich sind in Deutschland der Anschlussgrad der Bevölkerung an die Kanalisation mit 96,6 % und an kommunale Kläranlagen mit 95,7 % (2010) sehr hoch (StaBu 2013c). Allerdings sind deutschlandweit 0,9 % (2010) der Bevölkerung zwar an die Kanalisation aber nicht an kommunale Kläranlagen angeschlossen (sogenannte Bürgermeisterkanäle). In diesem Fall wird das bspw. in Kleinkläranlagen vorgeklärte Wasser direkt in die Vorflut eingeleitet. Es ist davon auszugehen, dass der partikuläre Anteil der Einträge bereits in kommunalen Kläranlagen mitbehandelt wird.

Ziel dieser Maßnahme ist es, durch weitere Erhöhung des Anschlussgrades der nur an Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung an kommunale Kläranlagen, eine Reduktion des Stoffeintrags in die Gewässer zu erreichen. Der Grund für die Eintragsreduzierung liegt in der vollständigen

Behandlung des Abwassers in Kläranlagen mit höherer Reinigungsleistung. Die an Kleinkläranlagen⁴ angeschlossenen Einwohner (ohne Anschluss an eine öffentliche Kanalisation) bleiben bei dieser Maßnahme unberücksichtigt, da ein Anschluss an Kläranlagen in der Praxis eher auszuschließen ist.

Wie bereits erläutert, lag für diese Maßnahme der Fokus in der Betrachtung der Nährstoffeinträge.

In der Gesamtbetrachtung ist der Anteil der an Bürgermeisterkanäle angeschlossenen Bevölkerung sehr gering, kann aber regional z.T. stark schwanken. Den mit Abstand größten Anteil der Bevölkerung mit Anschluss an diese Art der Teilkanalisation verzeichnet Thüringen mit ca. 20 % (2010) (StatBu 2013). Handlungsnotwendigkeiten bestehen daher eher regional.

Kriterium für die Umsetzung der Maßnahme in MoRE war, dass der Anschluss der Bevölkerung an bestehende kommunale Kläranlagen erfolgt. Räumliche Bezugseinheit für diese Maßnahme sind die AU. Ist also in einem AU keine kommunale Kläranlage vorhanden, wird die Maßnahme dort nicht umgesetzt.

Der Zielwert für den maximal zu erreichenden Anschlussgrad an kommunale Kläranlagen auf Ebene der AU wurde auf 100 % festgesetzt. Wenn dieser Zielwert bisher nicht erreicht ist und sich eine kommunale Kläranlage im AU befindet, werden die nur an Kanalisation angeschlossenen Einwohner zu 100 % an bestehende kommunale Kläranlagen im betreffenden AU angeschlossen. Sofern mindestens eine kommunale Kläranlage ≥ 2.000 EW im AU vorhanden ist, werden die Einwohner bevorzugt dort angeschlossen. Sonst erfolgt der Anschluss an die kleinen kommunalen Kläranlagen (< 2.000 EW).

Diese Maßnahme ist an zwei Eintragspfade in MoRE gekoppelt:

- Kanalisationssysteme und
- kommunale Kläranlagen.

Durch die Erhöhung des Anschlussgrades an kommunale Kläranlagen sollte sich eine Verringerung der Einträge über Kanalisationssysteme, speziell über den Teilpfad der nur an Kanalisation angeschlossenen Bevölkerung ergeben. Gleichzeitig ist eine Erhöhung der Einträge über Kläranlagen zu erwarten, die jedoch aufgrund der höheren Reinigungsleistung kommunaler Kläranlagen geringer ausfallen sollte.

Um zu beurteilen, ob die Umsetzung der Maßnahme in der Gesamtbetrachtung eintragsmindernd wirkt, wird die Summe der urbanen Eintragspfade Kanalisationssysteme und Kläranlagen vor und nach Umsetzung der Maßnahme verglichen.

4.2.2.2 Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Misch- und Trennsystem

Regenbecken im Misch- und Trennsystem speichern einen Teil des Niederschlagsabflusses (Speicherwirkung). Dadurch werden Abflussspitzen reduziert und die Einleitung aus dem Entwässerungssystem in das Gewässer findet verzögert statt. Zusätzlich zu diesem hydraulischen Rückhalt erfolgt über Sedimentation ebenfalls ein stofflicher Rückhalt. Dadurch wird der Entlastungsabfluss in das Gewässer mechanisch gereinigt. Der Stoffrückhalt in Regenbecken kann durch Nachrüstung mit entsprechenden Einbauten im Becken (z. B. Schrägklärer) und Nachschaltung von Bauwerken wie Bodenfilter deutlich erhöht werden. Schrägklärer und Bodenfilter sind in Deutschland bereits vielerorts im Einsatz. Der Umfang des derzeitigen

⁴ Kleinkläranlagen, deren Reinigungsleistung dauerhaft den Anforderungen nach dem Stand der Technik entsprechen.

Einsatzes ist jedoch nicht bekannt. Aus diesem Grund wird angenommen, dass er in der Ausgangssituation gleich Null ist.

Die übergeordnete Maßnahme „Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Misch- und Trennsystem“ wird so in der Modellierung mit MoRE in zwei Einzelmaßnahmen umgesetzt:

- Nachrüstung von Durchlaufbecken (RÜB): Verringerung der Oberflächenbeschickung durch geeignete Einbauten wie Schrägklärer und
- Nachschaltung von Retentionsbodenfiltern (RBF): Behandlung (erhöhter Feststoffrückhalt) eines Teils des Mischwasserüberlaufs durch Bau von RBF zwischen Entlastungsbauwerk und Vorfluter.

Im Rahmen des Vorhabens wurden die beschriebenen Maßnahmen exemplarisch im Mischsystem umgesetzt.

Sowohl durch den Einbau von Schrägklärern als auch die Nachrüstung von RBF wird die Sedimentationsleistung der Becken erhöht. Diese Optimierung ist sinnvoll in Durchlaufbecken und wurde in der Modellierung auch nur für diese berücksichtigt.

Bisher wird in der Modellierung ein Feststoffrückhalt bei bestehenden Durchlaufbecken und RKB von 20 % berücksichtigt (Fuchs et al. 2013c). Der Anteil der Durchlaufbecken an den Regenbecken wird in Deutschland zwischen 37 % und 50 % angenommen (s. Abschnitt 3.5.2.14). Beim nachgeschalteten RBF, wurde zusätzlich angenommen, dass ein Volumenanteil von 50 % des Mischwasserüberlaufs im Filter behandelt wird.

Der Rückhalt von Feststoffen durch Einbau von Schrägklärern kann bis zu 60 % betragen (Fuchs et al. 2013a). Der Rückhalt in Durchlaufbecken erhöht sich damit zur angenommenen Ausgangssituation um 40 %. Damit werden auch die an den Feststoffpartikeln gebunden Stoffe größtenteils zurückgehalten und gelangen nicht in die Oberflächengewässer. Auch RBF weisen einen sehr hohen Feststoffrückhalt auf (95 %). RBF sind als Einheit obligatorisch zweistufige Konstruktionen aus einem Becken zur Entfernung von Grobstoffen mit einem nachgeschalteten bewachsenen und sohlgedichteten Bodenfilter. Obligatorische Vorstufe des RBF sind Durchlaufbecken im Misch- und Trennsystem.

Die Wirksamkeit der beschriebenen Maßnahmen wird in der Literatur häufig nur bezogen auf den Feststoffrückhalt angegeben (Fuchs et al. 2013a). Manchmal finden sich auch Angaben zur Wirksamkeit auf die feine Feststofffraktion ($< 63 \mu\text{m}$) (Fuchs et al. 2013c), die bekanntermaßen besonders hoch mit Schadstoffen belastet ist. Da die vorliegenden Informationen nicht ausreichen, um allgemeine stoffspezifische Annahmen zu treffen, wurde auf die Feststoff-Rückhalte zurückgegriffen und diese für die vorwiegend partikulär gebundenen Stoffen angenommen.

4.2.2.3 Neubau von Speichervolumen im Mischsystem

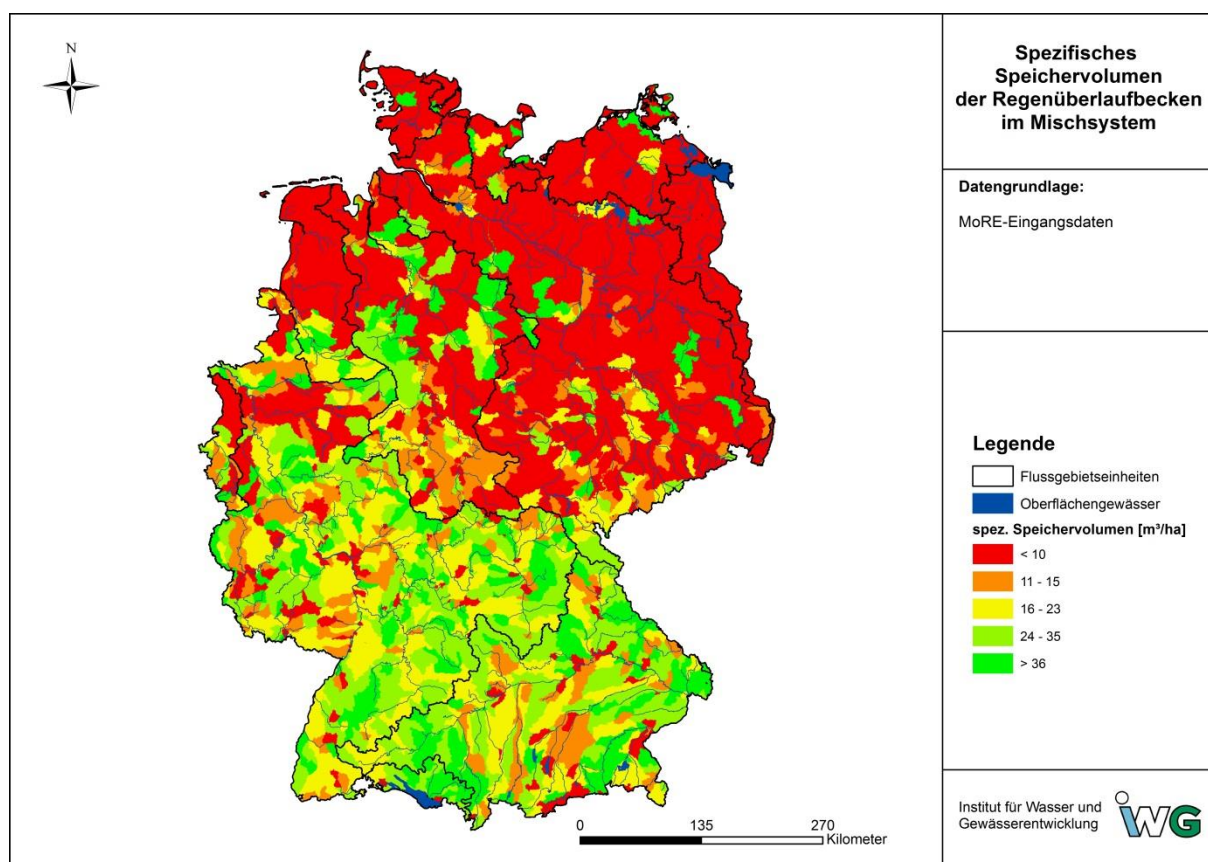
Regenbecken im Mischsystem (RÜB) speichern, wie bereits beschrieben, einen Teil des Mischwasserabflusses (Speicherwirkung). So kann dieser nach einem Niederschlagsereignis einer Kläranlage zugeführt werden. Durch Erhöhung des Volumens von RÜB wird generell die Einleitung des Mischwasserabflusses und die damit verbundenen Stoffflüsse aus dem Entwässerungssystem in das Gewässer verringert.

Die in Deutschland verbauten RÜB beliefen sich im Jahr 2010 in der Summe auf ca. 12.307.000 m³ (FDZ 2013d). Bei einer versiegelten Fläche im Mischsystem von ca. 6.800 km² ergibt sich ein mittleres Speichervolumen von ca. 18 m³/ha. Nach Brombach und Michelbach (1998) entsprechen 23,3 m³/ha einem Ausbaugrad von 100 %. Verglichen damit beträgt der

derzeitige Ausbaugrad ca. 80 %. Somit besteht im Mittel in Deutschland ein Potenzial von 20 % in Hinblick auf die Erreichung eines vollständigen Ausbaugrades. Die räumliche Verteilung ist Abbildung 50 zu entnehmen. Auf Ebene der AU liegt demnach besonders im südlichen und westlichen Teil Deutschlands das spezifische Speichervolumen meistens über einem Wert von $23 \text{ m}^3/\text{ha}$, teilweise jedoch auch zwischen 11 und $23 \text{ m}^3/\text{ha}$ und in wenigen Ausnahmefällen unter $10 \text{ m}^3/\text{ha}$. Im restlichen Teil Deutschlands (Osten und Norden) liegt das Speichervolumen i.d.R. unter $10 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Der Schwerpunkt der Maßnahmenwirkung ist in vereinzelten Gebieten zu erwarten, die noch einen niedrigen Ausbaugrad aufweisen und gleichzeitig vom Mischsystem geprägt sind.

Abbildung 50: Spezifisches Speichervolumen der Regenüberlaufbecken im Mischsystem in Deutschland



Kriterium für die Ausweisung dieser Maßnahme ist die Annahme, dass nach Brombach und Michelbach (1998) bei einem Speichervolumen von $23,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ ein 100 %iger Ausbau vorliegt. Die Umsetzung der Maßnahme „Neubau RÜB“ im Modell erfolgt auf Ebene der AU. Dabei wird ein Vergleich des aktuellen spezifischen Speichervolumens im Mischsystem mit dem Wert für den Vollausbau von $23,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ durchgeführt. Ist das aktuelle spezifische Speichervolumen im AU kleiner als dieser Wert, wird angenommen, dass ein Neubau von RÜB auf 100 % Ausbaugrad durchgeführt wird. Liegt das aktuelle spezifische Speichervolumen über dem Wert von $23,3 \text{ m}^3/\text{ha}$, so wird keine Maßnahme durchgeführt. Weitere räumliche Anforderungen werden nicht berücksichtigt.

Die Maßnahme wirkt sich über die Wasserbilanz auf den Eintragspfad Oberflächenabfluss aus, sodass dadurch ein erhöhter Oberflächenabfluss und somit höhere Einträge über den Eintragspfad Oberflächenabfluss zu erwarten sind. Zudem gibt es in der Realität eine

Rückwirkung auf Einträge über Kläranlagen, da durch die Maßnahme mehr Mischwasser zu kommunalen Kläranlagen transportiert wird, so dass die Wassermenge und somit die Einträge über kommunale Kläranlagen erhöht werden. Diese Erhöhung wurde im Rahmen des Vorhabens nicht quantifiziert.

4.2.2.4 Reduzierung der versiegelten Flächen

Nach Frie und Hensel (2007) nimmt die Siedlungs- und Verkehrsfläche, darunter auch die versiegelte Fläche in Deutschland stetig zu. Dies bedingt u.a. eine Erhöhung der Abflussspitzen in Siedlungsgebieten. Aus diesem Grund wurde die Auswirkung einer Verringerung der versiegelten Flächen modelliert. Diese Maßnahme bezieht sich auf die Entsiegelung der an Misch- und Trennkanalisation angeschlossenen versiegelten Flächen. Unter Entsiegelung wird hier die Verringerung der innerörtlichen Versiegelung (und somit der abflusswirksamen Fläche) durch:

- Abriss der vorhandenen Versiegelung und Umwandlung bspw. in vegetationsbedeckte Flächen und
- Änderung des Belags der versiegelten Fläche unter Nutzung von bspw. Rasenpflastersteinen

verstanden. Im Modell ist diese Differenzierung allerdings nicht möglich. Durch die Entsiegelung kann die natürliche Bodenfunktion teilweise wiederhergestellt werden und die Grundwasserneubildung nachhaltig unterstützt werden. So wird z. B. die Versickerung und Verdunstung von Niederschlagswasser erhöht, so dass der Abfluss von versiegelten Flächen in die Kanalisation reduziert wird. Gleichwohl mit der Verringerung der Abflüsse in die Kanalisation verringern sich die in die Gewässer eingetragenen Frachten von versiegelten Flächen.

Derzeit kann keine Aussage über den tatsächlichen Anschluss von versiegelten Flächen an die Kanalisation gemacht werden. Deswegen werden ersatzweise die Anschlussverhältnisse der Einwohner für die versiegelten Flächen übernommen. Potenziell werden überall dort höhere Reduktionen erwartet, wo es einen relevanten Anteil an versiegelten Flächen gibt.

Die Umsetzung dieser Maßnahme im Modell erfolgt unterschieden in Räume innerhalb und außerhalb von Agglomerationen. Nach Auswertung einer eigenen Literaturrecherche werden in Agglomerationsräumen 5 %, in Räumen außerhalb von Agglomerationen 10 % Entsiegelung als Obergrenze angenommen. Räumliche Bezugsebene für die Umsetzung der Maßnahme im Modell sind die AU. Auf dieser Ebene wird die an Misch- und Trennsysteme angeschlossene versiegelte Fläche um die potentiell zu entsiegelnden Flächenanteile abgezogen. Die tatsächliche Reduktion der Stoffeinträge ist dabei abhängig von den Gegebenheiten in dem AU (Verteilung von versiegelten Flächen in ländlichen und städtischen Gebieten, Verteilung Misch-/Trennsystem usw.).

Die Maßnahme wirkt sich über die Wasserbilanz auf den Eintragspfad Oberflächenabfluss aus, sodass dadurch ein erhöhter Oberflächenabfluss und somit höhere Einträge über den Eintragspfad Oberflächenabfluss zu erwarten sind.

4.2.3 Maßnahmen mit Bezug zu den Eintragspfaden „Grundwasser“ und „Dränagen“

Der N-Überschuss ist als stoffliche Ausgangsgröße ein essentielles Eingangsdatum bei der Berechnung der Stickstoff-Einträge von landwirtschaftlichen Flächen über Grundwasser und Dränagen. Da der Eintragspfad Grundwasser den Haupteintragspfad hinsichtlich der Stickstoff-Einträge darstellt und der Eintragspfad Dränagen regional eine große Rolle spielen kann, soll die Auswirkung von Maßnahmen zur Reduktion des N-Überschusses ermittelt werden. Dies geschieht

am Beispiel des Eintragspfades Dränagen. Prinzipiell haben Maßnahmen mit Bezug zum N-Überschuss neben dem Eintragspfad Dränagen natürlich auch eine bedeutende Wirkung auf den Eintragspfad Grundwasser. Aufgrund der z.T. langen Aufenthaltszeit des Grundwassers wirken sie sich jedoch teilweise zeitverzögert aus.

Die Maßnahmen, deren Reduktionspotenzial auf Stickstoffeinträge untersucht wurde, sind: „Erhöhung des Flächenanteils Ökolandbau auf 10 bzw. 20 % der landwirtschaftlichen Flächen“ (Abschnitt 4.2.3.1) und „Optimierung Düngungsmanagement“ (Abschnitt 4.2.3.2).

Eine ausführliche Beschreibung der Vorgehensweise zur Aufbereitung und Ableitung der verwendeten Daten für die Ermittlung der resultierenden N-Überschüsse nach Umsetzung von landwirtschaftlichen Maßnahmen ist im Anhang 10.7 zu finden. Dort werden auch die Ergebnisse ausführlich betrachtet. Einzelheiten zu der Methodik zur Berechnung des N-Flächenbilanzüberschusses sind in Bach et al. (2014) zu finden.

4.2.3.1 Erhöhung des Flächenanteils Ökolandbau auf 10 % bzw. 20 % der landwirtschaftlichen Flächen

Der Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen, die ökologisch bewirtschaftet werden, betrug im Jahr 2010 5,9 % (StaBu 2011b).

Bei der N-Überschuss-Bilanzierung werden die Anbauflächen und die Viehbestände innerhalb einer territorialen Bilanzeinheit (Kreise und kreisfreie Städte) wie ein einziger, großer Landwirtschaftsbetrieb betrachtet, der die gesamte landwirtschaftliche Fläche (LF) der regionalen Einheit bewirtschaftet. Dieser Ansatz heißt „Regionshof“. Für die Abbildung von Maßnahmen wird dieser Regionshof aufgeteilt in einen konventionell bzw. ökologisch wirtschaftenden Anteil. Für beide Teile werden anschließend N-Flächenbilanzen berechnet, wobei die N-Bilanzierung für den Öko-Landbau entsprechend den Anbaurichtlinien für ökologische Landwirtschaft zu modifizieren ist.

Durch Erhöhung des Anteils des Ökolandbaus wird eine Verringerung des Stickstoffüberschusses und somit eine Verringerung der Einträge über Dränagen erwartet. Für die Maßnahmen 10 % bzw. 20 % Öko-LF wird der ökologisch bewirtschaftete Flächenanteil und Viehbestand in einer regionalen Einheit entsprechend ausgedehnt auf Kosten der konventionellen Landwirtschaft. Anschließend werden erneut die N-Überschüsse für beide Teile berechnet und flächengewichtet gemittelt. Der Unterschied des N-Überschusses zwischen konventionellen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben hängt stark von der Betriebsform (Marktfrucht, Milchvieh, Veredelung, Gemischtbetrieb) ab.

Relevante Änderungen in Hinblick auf die Einträge über Dränagen sind in den AU zu erwarten, deren Anteil am Ökolandbau derzeit noch vergleichsweise gering ist und in denen der Eintrag über Dränagen von Relevanz ist.

4.2.3.2 Optimierung Düngungsmanagement

Auch bei der Maßnahme Optimierung Düngungsmanagement wird der N-Überschuss nach dem Ansatz „Regionshof“ ermittelt. Die Maßnahme bildet die hypothetische Situation ab, dass alle Landwirtschaftsbetriebe im Bundesgebiet hinsichtlich ihres Düngungsmanagements nach „best practice“ wirtschaften, d.h. sie reduzieren ihren N-Überschuss auf denjenigen Wert, der vom oberen Viertel (den besten 25 %) der Betriebe der gleichen Betriebsform (Marktfrucht, Milchvieh, Schweinemast, Geflügelmast, Gemischt) erreicht wird (d.h. Referenzwert für „best practice“). Durch welche Managementmaßnahmen im Einzelnen (u.a. Reduzierung N-Mineraldüngung, Zwischenfruchtanbau, bessere N-Bedarfsplanung, Precision Farming, Einsatz Nitrifikationshemmer usw.) ein Betrieb diese Reduzierung erreicht, hängt von seinen individuellen

Rahmenbedingungen ab und wird im Rahmen der N-Bilanzierung nicht weiter spezifiziert. Für die Maßnahme Optimierung N-Management wird die N-Düngerzufuhr zur konventionell bewirtschafteten landwirtschaftlichen Fläche vermindert.

Hier sind die größten Änderungen in jenen Regionen zu erwarten, die einen deutlichen N-Überschuss aufweisen, d.h. besonders im Nordwesten und Süden Deutschlands (vgl. hierzu Abbildung 12), aber auch in einzelnen AU, in denen der N-Überschuss vom Referenzwert für die gleiche Betriebsform deutlich abweicht und der Eintrag über Dränagen von Relevanz ist.

5 Kostenkomponente zur Bewertung der Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion

Das Modellwerkzeug MoRE erlaubt nach aktuellem Stand - neben den Möglichkeiten zur Stoffeintragsberechnung - die Wirkungsbetrachtung überregional bedeutsamer Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen. In einem eigenständigen Kostenmodul wurde die Grundlage für eine ökonomische Bewertungskomponente geschaffen. Hierfür wurden mögliche Kostenberechnungsansätze und Kostendaten von ausgewählten Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion zusammengetragen und über Bezugsvariablen mit dem Ausmaß bzw. Umfang der Maßnahmenumsetzungen verknüpft.

Im Folgenden werden neben den für die ökonomische Maßnahmenbewertung notwendigen Grundlagen, erforderliche Kostendaten, Kostenfunktionen sowie deren Herleitung vorgestellt. In der Ergebnisdarstellung werden Kostenspannen für die ausgewählten Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion angegeben, die auf einer großräumigen Ebene ungünstige und günstige Rahmenbedingungen umfassen sollen. Auf kleinräumiger Ebene (bspw. AU-Ebene) müssen Maßnahmenwirkung und -kosten individuell betrachtet und diskutiert werden. Die Ergebnisse aus MoRE können hier nur Richtwerte geben.

Weitere Arbeiten in Bezug auf die Kostenkomponente sollten eine Erweiterung und Aktualisierung der Eingangsdaten ebenso umfassen wie eine stärker räumliche und zeitliche Differenzierung.

5.1 Hintergrund und Zielsetzung der ökonomischen Maßnahmenbewertung

Als Grundlage für eine überregionale Planung soll für eine praxisorientierte Vorgehensempfehlung im Rahmen der modellbasierten Maßnahmenpriorisierung das Modellwerkzeug MoRE um eine ökonomische Bewertungskomponente erweitert werden, um so ein bundeseinheitliches Modell zur Ableitung und Bewertung überregional bedeutsamer Maßnahmen zu ermöglichen. Neben den Daten zur Wirkungsabschätzungen (s.o.) werden hierfür Kostendaten von Maßnahmen bereitgestellt.

Die Integration der ökonomischen Bewertungskomponente erlaubt eine Bewertung der Kosteneffizienz von Einzelmaßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen und ermöglicht somit eine Priorisierung und sinnvolle Kombination von Einzelmaßnahmen.

5.2 Grundlagen der ökonomischen Maßnahmenbewertung

Wie bereits durch Böhm et al. (April / 2002) dargestellt, ist bei der „Priorisierung unterschiedlicher Maßnahmen [...] die Minimierung der hierfür erforderlichen Kosten beziehungsweise die Maximierung der positiven Umweltwirkungen mit einem festgelegten Budget ein [...] wesentliches Element“. Hierfür kommen verschiedene Bewertungsverfahren in Betracht, zu denen die statische oder dynamische Kostenvergleichsrechnung (KVR), die Kosten-Nutzen-Analyse und die Kosten-Wirksamkeits-Analyse gehören. Die verschiedenen Verfahren unterscheiden sich deutlich in ihrer Vorgehensweise (Hein et al. 2015) und Anwendbarkeit.

Nachfolgend werden die wesentlichen Grundlagen der Kostenbetrachtungsverfahren dargestellt.

5.2.1 Methoden zur ökonomischen Maßnahmenbewertung

Zur ökonomischen Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen im Bereich der Wasserwirtschaft können im Wesentlichen drei unterschiedliche Methoden verwendet werden, die Kosten-Nutzen-Analyse, die Kosten-Wirksamkeits-Analyse und die KVR, die nachfolgend kurz beschrieben werden. Eine differenzierte Darstellung dieser Methoden findet sich bspw. bei Böhm et al. (April / 2002) und Hein et al. (2015).

Die **Kosten-Nutzen-Analyse** ist ein wirtschaftswissenschaftliches Instrument, bei der mögliche Handlungsoptionen den Anforderungen gegenübergestellt werden. Dies erfolgt über eine Gegenüberstellung sämtlicher monetär bewertbarer Wirkungen (Kosten und Nutzen) von Maßnahmen. Die Anwendung der Methode erfordert allerdings, dass die verschiedenen Dimensionen der Nutzen (u. a. soziale, ökologische und finanzielle Kosten bzw. Nutzen) über Geldbeträge dargestellt werden können. Die Monetarisierung der Nutzen⁵ ist in der Praxis jedoch oftmals mit erheblichen Problemen behaftet, da auch immaterielle Größen (bspw. psychosoziale Folgen von Umweltbelastungen) in Geldeinheiten ausgedrückt werden müssen. Entsprechend ist bei einer Anwendung im Bereich des Gewässerschutzes mit großen Unsicherheiten bzgl. einer wenig belastbaren Aussagekraft der Ergebnisse zu rechnen (Siewert 2010), die mittels Sensitivitätsanalysen systematisch geprüft werden müssen.

Auch wenn die Kosten-Nutzen-Analyse ein theoretisch geschlossenes, umfassendes Konzept darstellt, bestehen in der Praxis zum Teil Operationalisierungsprobleme, so dass sie als Entscheidungskriterium für Fragestellungen bzgl. umfassender Umweltschutzmaßnahmen nur mit hohem Aufwand durchführbar ist.

Bei der **Kosten-Wirksamkeits-Analyse** können die mit der Monetarisierung von erreichbaren Umweltentlastungen verbundenen Probleme vermieden werden, indem sie über nichtmonetäre Einheiten, bspw. durch die Verwendung von physikalischen Bezugsgrößen, wie die Kosten-Wirksamkeitsrelationen „Euro pro Kilogramm reduzierter Schadstoff“, „Euro pro Volumen behandeltem Abwasser“ oder „Euro pro entwässerter Fläche“ dargestellt werden. Entsprechend wird das Bewertungsverfahren vor allem in den Ingenieurwissenschaften häufig zur Auswahl von Maßnahmen eingesetzt, bei denen definierte Umweltziele möglichst kosteneffizient erreicht werden sollen (Böhm et al. April / 2002).

Durch eine Normierung der Kosten-Wirksamkeits-Relation (bspw. Kosten pro kg Schadstoffreduktion) wird eine Vergleichbarkeit von verschiedenen Alternativen (bspw. Einzelmaßnahmen) ermöglicht.

Bei der **Kostenvergleichsrechnung** werden i.d.R. nur die (finanziellen) Kosten und Erlöse einer Maßnahme einbezogen. Nicht-monetäre Wirkungen verschiedener Maßnahmen werden als gleich vorausgesetzt bzw. nicht berücksichtigt. Entsprechend ergibt sich bei der Kostenvergleichsrechnung ein absoluter Zahlenwert als Ergebnis (bspw. die monetäre Zielgröße als Projektkostenbarwert oder Jahreskosten; Details s. Kapitel 5.2.2, Kostenbegriffe), während der Zahlenwert bei der Kosten-Nutzen-Analyse und bei der Kosten-Wirksamkeitsanalyse, wie oben dargestellt, relativ zu betrachten ist (Hein et al. 2015).

Zu unterscheiden ist bei der KVR die **statische** und die **dynamische** Variante. Zur monetären Bewertung von Investitionen wassertechnischer Anlagen mit einer hohen Langlebigkeit und einer entsprechend großen Nutzendauer, bietet sich auf diesem Gebiet die dynamische KVR an, die für

⁵ Belegung der Nutzen mit einem entsprechendem Geldwert

diese Fälle bereits bestens erprobt ist. Die statische Variante wird hier nur in Ausnahmefällen als Vereinfachung angewandt (Hein et al. 2015).

Zur Erreichung der Zielsetzung, der Integration einer ökonomischen Komponente in das Modell MoRE, erfolgt aufgrund der besseren Umsetzbarkeit und vorangehender Untersuchungen die ökonomische Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer auf Basis einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse: Die Kosten werden hierbei entsprechend dem standardisierten Verfahren der KVR gemäß Flick et al. (2012) ermittelt. Die Ergebnisse der KVR können dann in Bezug zu den Maßnahmeneffekten gesetzt werden, die sich in MoRE bei Betrachtung von Eintragsreduktionen durch Maßnahmen aus der Differenz der IST-Zustände (ohne Maßnahmenwirkung) und der Einträge mit Maßnahmenwirkung ergeben. Im Ergebnis entspricht dies einer Kosten-Wirksamkeits-Analyse.

5.2.2 Kostenbegriffe

Da im alltäglichen Umgang verschiedene Begriffe gelegentlich „diffus“ oder unterschiedlich verwendet werden, erfolgt eine kurze Beschreibung der wesentlichen Kostenarten. Eine ausführliche Darstellung findet sich u.a. in Böhm et al. (April / 2002), Interwies et al. (2004) und Siewert (2010).

Bei der Ermittlung der Kosten von Maßnahmen ist zwischen direkten (betriebswirtschaftlichen) und den indirekten (volkswirtschaftlichen) Kosten zu unterscheiden.

Direkte Kosten stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit der Planung, der Realisierung und der Durchführung einer Maßnahme und fallen sowohl als einmalige Ausgaben in Form von Investitionskosten als auch über die gesamte Laufzeit (Wirkungsdauer) einer Maßnahme in Form von laufenden Kosten an.

Zu den Investitionskosten gehören u.a. Planungs-, Informations- und Anschaffungskosten sowie Kosten für den Grunderwerb und Reinvestitionskosten.

Nach den Richtlinien der LAWA zur KVR, dokumentiert in Flick et al. (2012), werden die Investitionskosten differenziert nach:

- Kosten für Flächeninanspruchnahme,
- Kosten für Vorarbeiten,
- Bau- und Erschließungskosten und
- Reinvestitionskosten.

Zu den laufenden Kosten (o.a. Betriebskosten) gehören bspw. Arbeits-, Wartungs-, Material- und Messkosten. Nach Flick et al. (2012) wird eine Differenzierung der laufenden Kosten nach:

- Personalkosten,
- Sachkosten und
- Energiekosten

empfohlen.

Indirekte Kosten einer Maßnahme werden im volkswirtschaftlichen Kontext betrachtet. Laut Böhm et al. (April / 2002) und Interwies et al. (2004) werden sie im Allgemeinen nur in den Fällen, in denen sie das Ergebnis der Maßnahmenauswahl beeinflussen können, in einer gesonderten Betrachtung abgeschätzt. Im vorliegenden Vorhaben können beispielsweise die in

den Maßnahmensteckbriefen angedeuteten Sekundäreffekte indirekte Kosten erzeugen. Eine detailliertere Betrachtung kann an dieser Stelle nicht erfolgen.

Da die verschiedenen Kostenpositionen für Maßnahmen in der Regel in verschiedenen Zeiträumen anfallen, muss für eine Vergleichbarkeit der Maßnahmenkosten eine **Diskontierung** (Abzinsung)⁶ erfolgen. Hierfür werden im Bereich der Wasserwirtschaft im Rahmen der Kostenvergleichsrechnung vor allem zwei Ansätze verwendet: die Projektkostenbarwert-Methode und der Jahreskostenansatz.

Bei der **Projektkostenbarwert-Methode** werden die Betriebs- und Investitionskosten der gesamten Projektlaufzeit einer Maßnahme (Wirkungsdauer) auf die Gegenwart bezogen. Die in der Zukunft anfallenden Kosten werden über einen einheitlichen Zinssatz über eine Diskontierung berücksichtigt. Als Ergebnis erhält man einen Wert, der quasi alle Kosten einer Maßnahme enthält, unabhängig davon, wann diese anfallen.

Bei dem **Jahreskostenansatz** werden die anfallenden Gesamtkosten mit Hilfe der sogenannten Annuitätsmethode gleichmäßig auf die einzelnen Jahre der Projektlaufzeit (Nutzungsdauer einer Maßnahme) verteilt. Somit erhält man über die Laufzeit einer Maßnahme gleiche Jahresbeträge (Annuitäten). Anfangsinvestitionen werden hierbei über jährliche Abschreibungssätze berücksichtigt. Somit erhält man eine übersichtliche Darstellung der Kosten als Rechengröße, die einen unmittelbaren Vergleich zwischen verschiedenen Alternativen zulässt (Siewert 2010). Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die tatsächlichen, im Zeitablauf anfallenden Kosten hiervon abweichen.

Unabhängig von der Wahl des Verfahrens ist zu berücksichtigen, dass die getroffenen Annahmen (bspw. Zinssatz und Abschreibungszeitraum⁷) innerhalb des jeweiligen Kostenvergleichs einheitlich sind, aber von momentan existierenden Zinssätzen abweichen können.

Da in MoRE Ergebnisse wie Stoffeinträge jahresbezogen berechnet werden, werden die Maßnahmenkosten in Anlehnung an den Jahreskostenansatz umgesetzt. Die reinen Investitionskosten und die jährlichen Betriebskosten einer Maßnahme werden, sofern möglich, als Zwischenergebnisse dargestellt.

5.3 Eingrenzende Rahmenbedingungen

Die mit dem Ausbau und dem Betrieb von Anlagen zur Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer verbundenen Kosten sind in der Praxis i.d.R. von einer Vielzahl von Einflussfaktoren abhängig. Die wesentlichen kostenbeeinflussenden Faktoren nach Siewert (2010) sind:

- Planungsgesichtspunkte
 - Grad und Größe der Maßnahmenumsetzung
 - Lebensdauer der Anlagenteile
 - Bevölkerungs- und Industriestruktur
- Abwasserbeschaffenheit
 - Menge und Zusammensetzung des zu behandelnden Abwassers

⁶ Die Diskontierung ermöglicht die Berechnung eines Barwertes aus zeitlich späteren Zahlungen, indem diese Zahlungen auf heute abgezinst werden.

⁷ Zeitraum, innerhalb dessen eine Anlage voraussichtlich genutzt wird (geplante Laufzeit). Entsprechend wird die Abschreibungssumme auf die Perioden der geplanten Laufzeit verteilt.

- Schwankungen im Zulauf
- örtliche Randbedingungen
 - Platzverhältnisse
 - Baugrundverhältnisse
 - Misch-/Trennsystem
- Preise
 - Grunderwerb
 - Marktpreise
 - Zinsentwicklung
 - Arbeitskosten
 - konjunkturelle Entwicklung

Die Kosten können somit aufgrund der jeweiligen lokalen Faktoren innerhalb eines weiten Spektrums variieren. Aufgrund der Kostenspannen und aufgrund der Vielzahl möglicher technischer Umsetzungen muss bei der Kostenabschätzung daher auf vereinfachende Annahmen sowie auf Durchschnittswerte zurückgegriffen werden (Siewert 2010, Böhm et al. April / 2002).

5.4 Vorgehen der Kostenbetrachtung zur Maßnahmenbewertung

Wie in Kapitel 5.2.1 dargestellt, basiert die neuimplementierte MoRE-Kostenkomponente aufgrund einer praktikablen Umsetzbarkeit auf dem Vorgehen der für den Bereich der Wasserwirtschaft angepassten KVR entsprechend KVR-Richtlinie der LAWA (Flick et al. 2012). Diese berücksichtigt sowohl Investitions- und ggf. Reinvestitionskosten sowie laufende Kosten und wird allgemein im deutschsprachigen Raum als ökonomische Bewertungsmethode von Gewässerschutzmaßnahmen bzw. Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen verwendet.

Die Darstellung der Kosten erfolgt im vorliegenden Vorhaben i.d.R. unabhängig vom erreichbaren Wirkungsgrad. Während die Zielgröße bezüglich Maßnahmenwirksamkeit oftmals die eliminierbare Fracht oder das maßnahmenbezogene Reinigungsziel ist und gleichzeitig eine Maßnahme möglicherweise zur Erfüllung mehrerer Ziele dient (bspw. Reduktion von mehr als einem Nährstoff oder gleichzeitiger Rückhalt zusätzlicher Schadstoffe), orientiert sich die Kostenermittlung zunächst an dem im Modell MoRE umgesetzten Maßnahmenumfang (bspw. Anzahl der betroffenen Einwohnern, Menge der zusätzlich zu behandelnden Abwasserfracht oder die von einer Maßnahme betroffene Fläche). Durch die unabhängige Darstellung von Effizienz und Kosten wird zudem eine einfachere spätere Optimierung von Einzelpositionen in der Kostenberechnung ermöglicht.

Durch eine Verschneidung mit den Maßnahmeneffekten (durch die Maßnahmen eliminierbare Schadstofffracht), wird nachfolgend eine ökonomische Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen in die Gewässer in Anlehnung an die Kosten-Wirksamkeitsanalyse ermöglicht.

Entsprechend Siewert (2010), der verschiedene Kostenberechnungsmethoden zur Bewertung kosteneffektiver Maßnahmen zur Reduktion von Nährstoffemissionen aus kommunalen Kläranlagen ausgewertet hat, bieten vor allem die Arbeiten von Bäumer (1998), Günthert und Reicherter (2001) und Böhm et al. (April / 2002) sowie die Zusammenstellung von Halbach (2003b/2010) eine gute Datengrundlage für eine Kostenberechnungen von Maßnahmen zur Reduktion Stoffeinträgen in die Gewässer. Weiterhin wurden Kostendaten aus der vorliegenden Literatur (WATECO (2003), LAWA-UA Umweltökonomie (Nunes Correia und Kraemer 1997), UBA

Handbücher wie bspw. Interwies et al. (2004), „Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben“ (Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit 2013)) und aus vergleichbaren Projekten mit einbezogen.

Die Kostendaten, die der Literatur entnommen wurden, liegen z.T. zunächst nicht raum- und zeitbezogen vor. Durch die Verknüpfung mit raum- und zeitbezogene Variablen in MoRE wie bspw. behandeltes Abwasservolumen oder angeschlossenen Einwohner) ergeben sich jedoch raum- und zeitbezogene Maßnahmenkosten. In einem späteren Schritt der Kostenbetrachtung zur Bewertung von Maßnahmen zur Reduktion von Stoffeinträgen im Bereich der Wasserwirtschaft kann eine Regionalisierung und ein Zeitbezug über differenziertere raum- und zeitbezogene Kostendaten in das Modell integriert werden, sofern entsprechende Daten erhoben werden können.

Die in Kapitel 5.6 aufgeführten entsprechenden Eingangsdaten und Kostenfunktionen werden als neue Bilanzgrößen über das Kostenmodul „CM“ (engl. cost modul) in das Modell MoRE implementiert.

Die verwendeten Kostenfunktionen entsprechen im Wesentlichen der Jahreskostenfunktion von Flick et al. (2012). Hierbei werden die verschiedenen Einzelinvestitionskosten (in Gleichung 2 dargestellt als Maßnahmenbereich 1 und 2; bspw. Investitionskosten für eine Erweiterung der Kläranlagenkapazität und Kanalisationsneubau), multipliziert mit dem jeweiligen Annuitätsfaktor (jeweils abhängig von den Laufzeiten (Wirkungsdauer) der einzelnen Maßnahmenbereiche), und die jeweiligen laufenden Kosten für den Betrieb addiert. Bei Bedarf werden eingesparter Kosten durch nicht mehr erforderliche Maßnahmen hiervon abgezogen. Die Summe aus Annuitäten (Einzelinvestitionskosten multipliziert mit Annuitätsfaktor) und laufenden Kosten, abzüglich der eingesparten Kosten, wird mit dem Maßnahmenumfang multipliziert.

$$\begin{aligned}
 \text{Gleichung 2} \quad & \text{Jahreskosten der Maßnahme} \\
 & = \text{Maßnahmenumfang} \\
 & \cdot [\text{Investitionskosten Maßnahmenbereich 1} \\
 & \cdot \text{Annuitätsfaktor Maßnahmenbereich 1} \\
 & + \text{Investitionskosten Maßnahmenbereich 2} \\
 & \cdot \text{Annuitätsfaktor Maßnahmenbereich 2} \\
 & + \text{Betriebskosten Maßnahmenbereich 1} \\
 & + \text{Betriebskosten Maßnahmenbereich 2} - \text{eingesparte Kosten}]
 \end{aligned}$$

Der Annuitätsfaktor zur Übertragung der Investitionskosten auf eine gleichförmige Kostenreihen, wie den Jahreskosten, berechnet sich in Abhängigkeit von Laufzeit und Zinssatz entsprechend Flick et al. (2012) und der allgemeinüblichen Konvention wie in Gleichung 3 dargestellt, mit einem Standardzinssatz von 3 % und den jeweils dargestellten Nutzungsdauern.

$$\begin{aligned}
 \text{Gleichung 3} \quad & \text{Annuitätsfaktor Maßnahmenbereich X} \\
 & = \text{Zinsfaktor} \cdot \frac{(1 + \text{Zinsfaktor})^{\text{Nutzungsdauer}}}{(1 + \text{Zinsfaktor})^{\text{Nutzungsdauer}} - 1}
 \end{aligned}$$

Insgesamt können durch das Vorgehen die von Böhm et al. (April / 2002) zusammengestellten Vorgaben zur Abschätzung der Kosten berücksichtigt werden:

- „Die Kosten beinhalten sowohl die Investitionskosten als auch laufende Kosten für Vorleistungen, Betrieb, Wartung etc.
- Wenn möglich sollten die Kosten für Planung, Vorbereitung und Kodifizierung der Maßnahme (Transaktionskosten) einbezogen werden, nicht jedoch die Folgekosten bei Nicht-Akteuren [bspw. der Bevölkerung].
- Es interessiert der Ressourcenverzehr aus Systemperspektive, nicht die einzelbetriebliche Sichtweise; entsprechend dürfen Subventionen nicht von den Kosten abgezogen, andererseits Steuern nicht hinzugezählt werden.
- Kosten abstrahieren vom Einzelfall, sie sind für standardisierte Typen von Rahmenbedingungen zu ermitteln (Durchschnittsfall).
- Zur zeitlichen Vergleichbarkeit der Kosten wird als Kostenrechnungsverfahren die Annuitätsmethode angewandt. Als Kalkulationszinsfuß wird [entsprechend der üblichen Konvention] eine Realverzinsung von 3 % angesetzt, die Festlegung der Lebensdauer der Anlagen geschieht in Anlehnung an die technische Lebensdauer [...].
- Die Kosten der Maßnahme werden jeweils zu 100 % dem betrachteten Problem [der betrachteten Maßnahme] zugeordnet.“

5.5 Vorgehen der Kostenbetrachtung zur Maßnahmenbewertung

Bei der Kostenbetrachtung werden die folgenden, im Rahmen des Vorhabens ausgewählten Maßnahmen mit überregionaler Wirkung bzgl. Stoffeintragsreduktion berücksichtigt. Hierbei wurden unterschiedliche Arten von Bezugsgrößen verwendet:

1. Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad kommunale Kläranlagen:
 - a) Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen
 - b) Optimierung der Betriebsweise der bestehenden kommunalen Kläranlagen in Bezug auf Stickstoff bzw. Phosphorelimination (unterschiedliche Umsetzungsoptionen möglich z.B. Verbesserungen in der Dosierung, der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Maschinenteknik; Simultanfällung, Flockungsfiltration, Membranfiltration zur weitergehenden Phosphor-Elimination)
2. Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssysteme
 - c) Erhöhung klärtechnischer Wirksamkeit bestehender Anlagen im Trennsystem und Mischsystem durch:
 - i. Nachrüstung bestehender Regenüberlaufbecken mit Schrägklärern (aufgrund nicht ausreichender Kostendaten konnte eine ökonomische Betrachtung dieser Teilmaßnahme im Rahmen des vorliegenden Vorhabens nicht erfolgen)
 - ii. Nachschaltung von Retentionsbodenfiltern im Mischsystem - hierbei wird unterschieden nach ländlichem und städtischem Raum
 - d) Reduktion der versiegelten Flächen im ländlichen und städtischen Raum (unterschiedliche Umsetzungsoptionen möglich z.B. Rückbau, Flächenumbau usw.)
 - e) Neubau von Speichervolumen (Regenüberlaufbecken)

5.6 Darstellung der Berechnungsansätze des Kostenmoduls

Im Folgenden werden für die in Kapitel 5.5 dargestellten Maßnahmen die kostenrelevanten Eingangsdaten mit den zu berücksichtigenden Randbedingungen für die Implementierung des Kostenmoduls in MoRE aufgeführt. Für die Maßnahmen „Optimierung..“, „Nachschaltung von Retentionsbodenfilter..“ und „Reduktion der versiegelten Fläche..“ wurden die Kostendaten für die zwei verschiedenen Varianten (günstige und ungünstige Randbedingungen) in MoRE hinterlegt. Aufgrund einer einheitlichen Darstellung der Kostenberechnung in MoRE erfolgt die Berechnung der Maßnahmenkosten aktuell über eine Basisvariante. Bei Vorliegen von Kostendaten für verschiedene Varianten werden die Kostendaten für günstige Randbedingungen verwendet. Bei Bedarf können die Kostendaten für die weitere Variante (ungünstige Randbedingungen) verwendet werden. Je nach betrachteter Maßnahme ergeben sich zusätzlich unterschiedliche Kostenfunktionen sowie die dazugehörigen Bezugsvariablen im Modellsystem MoRE.

5.6.1 Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad kommunaler Kläranlagen

5.6.1.1 Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahme Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen

Die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ zielt auf die Reduktion der an die öffentliche Kanalisation angeschlossenen Einwohner, die nicht an zentrale Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen sind. An Kleinkläranlagen angeschlossene Einwohner bleiben in diesem Zusammenhang unberücksichtigt. Eine ausführliche Beschreibung dieser Maßnahme befindet sich im Maßnahmensteckbrief.

Unter der Annahme, dass für die anzuschließenden Einwohner neue Kapazitäten auf der Kläranlage geschaffen und zusätzliche Kanalstrecken gebaut werden müssen, können sich Mehrkosten durch einen entsprechenden Ausbau sowie durch zusätzliche Betriebskosten ergeben. Im Einzelnen:

- Zubau und Betrieb von Kanalisation
- Zubau und Betrieb bei der kommunalen Kläranlage

Die Gesamtkosten der Umsetzung der Maßnahme können als Jahreskosten angegeben werden, die sowohl die Investitionskosten wie auch laufende Kosten enthalten. Sie sind abhängig von:

- dem Umsetzungsgrad (Anzahl der zusätzlich angeschlossenen Einwohner),
- den vorhandenen Kläranlagenkapazitäten sowie
- ggf. zusätzlich notwendigen Kanalstrecken.

Da das Potenzial an zusätzlichen Aufbereitungskapazitäten je nach Anlagenstandort und -ausführung sehr unterschiedlich ausfallen kann und somit nicht sicher ist, in welchem Umfang ein tatsächlicher Ausbau stattfinden muss, werden als Maximalkosten die Investitionskosten für einen Neubau der entsprechenden zusätzlich benötigten Kapazitäten angesetzt. Somit ist diese Kostenposition tendenziell überschätzt. In einem späteren Schritt kann der Ansatz über einen Abgleich der jeweiligen Ausbaugröße mit der dazugehörigen Auslastung verfeinert werden. Inwieweit bereits vorhandene Kläranlagenbestandteile für eine Kapazitätserweiterung genutzt werden kann, muss jedoch immer individuell geprüft werden.

Für die Längen der zusätzlich benötigten Kanalstrecken liegen ebenfalls keine ausreichenden Daten vor. Daher werden hier allgemeine Kanalisationskosten pro zusätzlich angeschlossenen Einwohner angesetzt. Die tatsächlichen Kosten können aufgrund lokaler Randbedingungen (Entfernung bis zum nächsten Kanal bzw. bis zur nächsten Kläranlage) hiervon abweichen.

In beiden Fällen muss für eine Problembetrachtung und eine konkretere Planung auf regionaler Ebene eine Einzelprüfung mit realen Daten vor Ort durchgeführt werden.

Als **Bezugsvariable** für die Kostenbetrachtung in MoRE wird der Anteil der Einwohner verwendet, der bislang an die Kanalisation angeschlossen war, nicht aber an eine Kläranlage, und der über die Maßnahme an die kommunale Kläranlage angeschlossen werden soll (US_nss_INH_toconwwtp_large + US_nss_INH_toconwwtp_small).

Kostendaten Kläranlagen

Für die aggregierte Abschätzung von Investitions- und Betriebskosten für Maßnahmen zur Kapazitätserweiterung auf Kläranlagen werden generelle Kostendaten zu Grunde gelegt, die jeweils von der individuellen Ausbaugröße der einzelnen Kläranlage abhängig sind.

Für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 50-15.000 EW liegen für die **Investitionskosten** Kostenrichtwerten des Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) vor, die für den Neubau und für anteilige Kapazitätserweiterungen von Kläranlagen die gesamten baulichen Aufwendungen nach dem Stand der Technik erfassen. Da die Werte des Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) alle Reinigungsverfahren umfassen, ergaben sich im Vergleich zu Günthert und Reicherter (2001), die lediglich Anlagen nach dem Belebungsverfahren betrachtet hatten, insbesondere bei Anlagen größer 5.000-15.000 EW fast identische Werte, so dass im Folgenden für die Investitionskosten von Kläranlagen die Kostenrichtwerte des Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) berücksichtigt werden.

Die Kostenrichtwerte des Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) für Investitionskosten stellen Nettokosten in €/EW dar, zu denen die Abschreibungen hinzuzurechnen sind und werden von dem Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) in Abhängigkeit von der Ausbaugröße x (in EW) wie in Gleichung 4 angegeben. Als Maximalwert werden für sehr kleine Kläranlagen von rund 50 EW 1.380 €/EW genannt.

$$\text{Gleichung 4} \quad KRW_{KA_{50-15.000}} = 3.661 \cdot x^{-0,25}$$

mit

- KRW_{KA} = Kostenrichtwert des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 50-15.000 EW in €/EW
- x = Ausbaugröße in EW

Für Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 20.000-100.000 EW mit Faulung werden bei Halbach (2003b/2010) spezifische Investitionskosten (IK) zwischen 255-430 €/EW mit der in Gleichung 5 dargestellten Kostenfunktion angegeben. Damit ergeben sich Investitionskosten, die auf einem etwas höherem Kostenniveau liegen, als die Werte des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (2013).

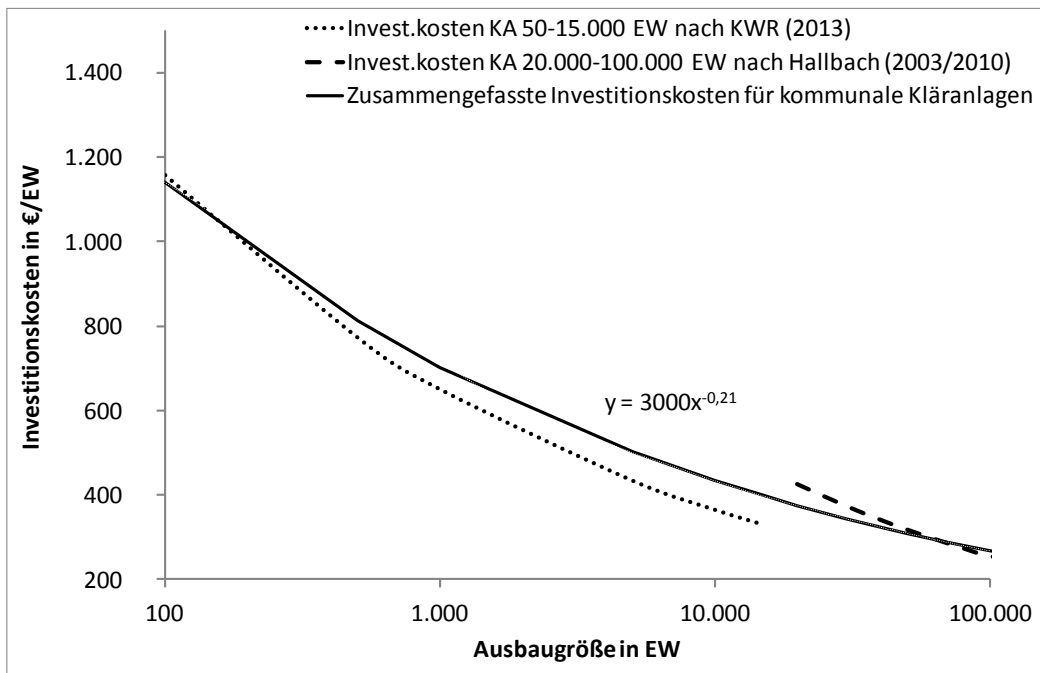
Gleichung 5

$$IK_{KA_{20.000-100.000}} = 9930 \cdot x^{-0,318}$$

mit

- IK_{KA} = Investitionskosten pro angeschlossenem Einwohnerwert für Kläranlagen in €/EW
- x = Ausbaugröße in EW

Abbildung 51: Einwohnerbezogene Investitionskosten für kommunale Kläranlagen zwischen 50 und 100.000 Einwohnerwerten (EW) in Abhängigkeit von der Ausbaugröße



Die **Betriebskosten** hängen stark von dem jeweils eingesetzten Anlagentyp sowie von der jeweiligen Anlagengröße ab. Für eine Näherung wird im Folgenden der Energieverbrauch der verschiedenen Anlagentypen herangezogen. Laut Halbacht (2003/2010) macht der Energieverbrauch bei Anlagen mit einer Ausbaugröße von 5.000 EW ca. 18 % der gesamten Betriebskosten aus, und 10 % bei Anlagen mit einer Ausbaugröße von 25.000 EW.

Der spezifische Jahresstromverbrauch wurde im 40. Leistungsvergleich der kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg (Schwentner 2013) für 954 Kläranlagen in Baden-Württemberg erfasst. Im Mittel ergaben sich 34 kWh/EW/a, was dem mittleren Stromverbrauch des DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall)-Leistungsvergleichs kommunaler Kläranlagen 2011 (DWA 2011) entspricht. Bei kleineren Kläranlagen (Größenklasse (GK)1 und GK2) ergeben sich deutlich höhere spezifische Energieverbräuche (Tabelle 37).

Tabelle 37: Größenklassen (GK) spezifischer Stromverbrauch kommunaler Kläranlagen nach DWA (2011)

Dimension	spez. Stromverbrauch [kWh/EW/a]
GK 1	54,1
GK 2	41,5
GK 3	38,1
GK 4	34,1
GK 5	32,9
im Mittel:	34,0

Die DWA (2012) differenziert den Energiebedarf zusätzlich nach verschiedenen Reinigungsverfahren:

- Belebungsverfahren mit anaerober Schlammstabilisierung (BF),
- Belebungsverfahren mit aerober Schlammstabilisierung (BS),
- Belebungsanlage mit Aufstaubetrieb (SBR),
- Tropfkörperanlagen (TK),
- Abwasserteiche unbelüftet (A),
- Abwasserteiche belüftet (AB),
- Pflanzenkläranlagen (PF).

Insbesondere bei Kläranlagen der GK 1 ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen eingesetzten Reinigungsverfahren eine große Spannbreite von 19-93 kWh/(EW*a) bei dem anfallenden Energieverbrauch.

Da die Angaben zum Reinigungsverfahren nicht anlagenspezifisch vorliegen, wird der jeweilige Energieverbrauch pro GK über die in DWA (2012) dargestellten Anlagenzahlen gemittelt. Legt man einen Energiepreis zwischen 0,1-0,25 €/kWh (BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie 2013) an, ergeben sich Energiekosten zwischen 3,2 und 14,1 €/EW/a und die in Gleichung 6 sowie Abbildung 52 dargestellte Näherungsfunktion.

Gleichung 6

$$\text{Energiekosten in } \text{€}/(\text{EW} \cdot \text{a}) = 19,5 \cdot x^{-0,13}$$

mit

- x = Ausbaugröße in EW

Unter der Annahme, dass die Energiekosten rund 15 %⁸ der gesamten Betriebskosten einer Kläranlage ausmachen (Hartwig et al. 2010), ergeben sich Betriebskosten zwischen 21-95 €/EW/a⁹. Nach Halbach (2003b/2010) sinken die Gesamtbetriebskosten von 50 €/EW/a bei Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 1.000 EW auf rund 40 €/EW/a bei Kläranlagen mit einer

⁸ vgl. Halbach 2003b/2010: 18 % bei EW 5.000 und 10 % bei EW 25.000

⁹ anders als in DWA A 216 werden die Energiekosten aktuell vereinfachend auf die Ausbaugröße und nicht auf die mittlere Auslastung bezogen. Da die Ausbaugröße die mittlere Auslastung i.d.R. überschreitet, entsteht hierdurch eine Überschätzung der Betriebskosten.

Ausbaugröße von 5.000 EW und auf 36,5 €/EW/a bei Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 10.000 EW.

Zur **Plausibilisierung** der ermittelten Kostenfunktionen wurden diese mit einer Erhebung von Rapp-Fiegler et al. (2014) verglichen, die flächendeckend für Bayern Projektkosten der öffentlichen Abwasserbeseitigung für den Zeitraum 2001-2011 zusammen stellten (s. Abbildung 53). Diese Erhebung stellt „eine gute Orientierung für die Kosten der Abwasserbeseitigung in anderen Bundesländern dar“ (Rapp-Fiegler et al. 2014).

Die Gesamtkosten verschiedener Kläranlagentypen/-ausbaugrößen wurden von Rapp-Fiegler et al. (2014) mit vergangenen Studien verglichen. Hierbei zeigte sich, dass die Daten von Rapp-Fiegler et al. (2014), basierend auf Daten zu Anlagen mit einer Ausbaugröße von 1.000-70.000 EW, für Anlagen bis 500 EW über den anderen Erhebungen liegen. Bei Ausbaugrößen über 5.000 EW liegen die ermittelten Daten unterhalb von Studien, die vor 1995 durchgeführt wurden, allerdings mit einem vergleichbaren Verlauf zu Günther und Reicherter (2001), die einen kleineren Bereich der Ausbaugröße betrachteten.

Grossmann et al. (2011) verwendeten für die Investitionskosten von Kläranlagen pauschal einen Wert von 480 €/EW und für die Betriebskosten einheitlich 49,5 €/EW/a.

Die ermittelten Kostenfunktionen liegen somit in den Größenordnungen der aufgeführten Vergleichswerte.

Abbildung 52: Einwohnerwertbezogene Energiekosten in Abhängigkeit von der Ausbaugröße entsprechend des spezifischen Stromverbrauchs von kommunalen Kläranlagen nach (DWA 2012) und geschätzte einwohnerwertbezogene Gesamtbetriebskosten

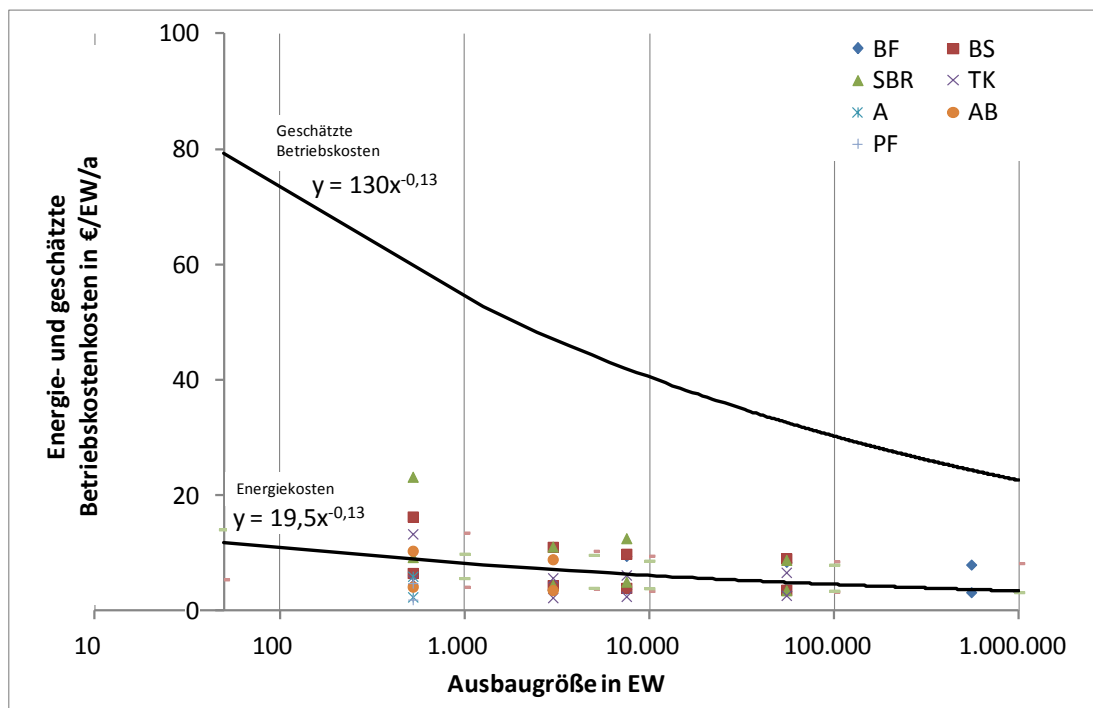
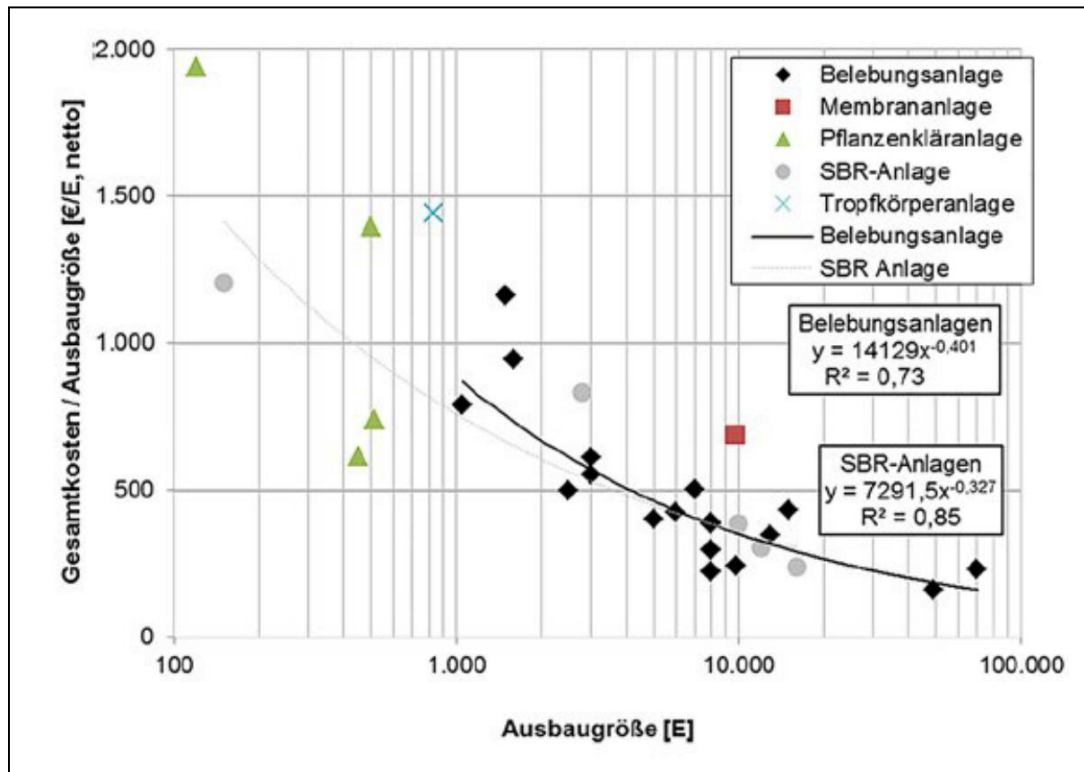


Abbildung 53: Gesamtkosten pro Ausbaugröße in €/Einwohnerwert (hier E) für verschiedene Kläranlagentypen, Stand 2013. Quelle: Rapp-Fiegle et al. (2014)



Kostendaten Kanal

Die Kosten für den Ausbau der Kanalisation variieren zum einen entsprechend der verbauten Durchmesser und der verbauten Strecke, angegeben in laufenden Metern (lfm), zum anderen entsprechend des baulichen Aufwands, der wiederum u.a. vom Untergrund abhängig ist und vom verwendeten Material. Somit lassen sich nur sehr stark verallgemeinert generelle einwohnerbezogene Werte ermitteln.

Der Aufwand für den Gesamtneubau eines Entwässerungsnetzes in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl kann näherungsweise für kompakte Siedlungsstrukturen Halbach (2003b/2010) mit 2.320 €/ Einwohner entnommen werden.

Bei dem Vergleich der Werte des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit (2013) mit Daten nach Günthert und Reicherter (2001) ergaben sich für Durchmesser bis 1.000 mm nahezu identische Werte. Die Kosten laut Bayerischem Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) variieren entsprechend der verbauten Durchmesser zwischen 180 €/lfm für Durchmesser kleiner 200 mm bis 685 €/lfm für Durchmesser größer 1.200 mm. Für die Erstellung einer Ortsentwässerung, die das Abwasser von den Grundstücksentwässerungsanlagen aufnehmen und einer Entsorgung nach dem Stand der Technik zuführen, werden von dem Bayerischen Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013) in Abhängigkeit von der spezifischen Kanallänge l (in m je entsorgtem Einwohner) unabhängig von Entwässerungsverfahren folgender Kostenrichtwert (Gleichung 7) in €/Einwohner, bei maximal 3.070 €/Einwohner, angesetzt.

Gleichung 7
$$CM\_WWTP\_C\_inv\_50yr\_SEW\_CONRATE = CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_inh\_SEW\_CONRATE \cdot (US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large + US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small)^{(CM\_WWTP\_EXP\_C\_inv\_inh\_SEW\_CONRATE)}$$

mit

- $CM\_WWTP\_C\_inv\_50yr\_SEW\_CONRATE$ = Investitionskosten pro zusätzlich angeschlossenen Einwohner für zusätzlichen Kanalausbau im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“, Nutzungsdauer 50 Jahre.
- $US\_nss\_INH\_toconwwtp$ = Einwohner, die bislang an die Kanalisation angeschlossen waren, nicht aber an eine Kläranlage, und die über die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“ an die kommunale Kläranlage angeschlossen werden sollen (Summe von $US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large$ und $US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small$)
- $CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_inh\_SEW\_CONRATE$ = Skalierungsfaktor für Einwohnerbezogene Investitionskosten Neubau Kanalisation
- $CM\_WWTP\_EXP\_C\_inv\_inh\_SEW\_CONRATE$ = Skalierungsfaktor (Exponent) für Einwohnerbezogene Investitionskosten Neubau Kanalisation

Beim Anschluss von 8 bis 11 Einwohnern liegen die spezifischen Kosten somit bei 2.422 bis 3.047 €/Einwohner und entsprechen somit in etwa der Größenordnung des Näherungswertes von Halbach (2003b/2010). Ein Anschluss von weniger als 8 Einwohnern wird aus wirtschaftlichen Gründen im Allgemeinen vermutlich nicht zum Tragen kommen.

Die Betriebskosten sinken von 45 €/Einwohner/a bei 100 Einwohnern über 39 €/Einwohner/a bei 1.000 Einwohnern auf 33 €/Einwohner/a bei 10.000 Einwohnern und 27 €/Einwohner/a bei 100.000 Einwohnern.

Als Näherung für die Betriebskosten für den Kanal wird die entsprechende in Gleichung 8 dargestellte Kostenfunktion verwendet.

Gleichung 8
$$CM\_WWTP\_C\_op\_SEW\_CONRATE = (US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large + US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small) \cdot CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_inh\_SEW\_CONRATE \cdot (US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large + US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small)^{(CM\_WWTP\_EXP\_C\_op\_inh\_SEW\_CONRATE)}$$

mit

- $CM\_WWTP\_C\_op\_SEW\_CONRATE$ = Betriebskosten pro zusätzlich angeschlossenem Einwohner für zusätzlichen Kanalausbau im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“
- $CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_inh\_SEW\_CONRATE$ = Faktor zur Berechnung der Betriebskosten für zusätzlichen Kanalausbau im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“
- $CM\_WWTP\_EXP\_C\_op\_inh\_SEW\_CONRATE$ = Exponent zur Berechnung der Betriebskosten für zusätzlichen Kanalausbau im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“

Ein Kostenvergleich aktueller Daten von Rapp-Fiegle et al. (2014) mit Günthert und Reicherter (2001) und Halbach (2003b/2010) ergab vergleichbare Kostenkurven (durchgeführt von Rapp-Fiegle et al. (2014)).

Vereinfachte Umsetzung

Auch wenn die Kosten in Abhängigkeit zur Ausbaugröße berechnet werden können (mit Bezug auf BI_INH_conWWTP), erfolgt die Berechnung der Kosten zunächst - entsprechend der Berechnung der Maßnahmenwirkung (s.o.) - über mittlere Kostenwerte, die sich zum einen auf Kläranlagen kleiner 2.000 EW beziehen, zum anderen auf Kläranlagen größer 2.000 EW.

Unter der Annahme, dass für die anzuschließenden Einwohner neue Kapazitäten auf der Kläranlage geschaffen werden müssen, ergeben sich in Abhängigkeit von der mittleren Ausbaugröße der Kläranlagen eines AU bei Kläranlagen < 2000 EW Investitionskosten zwischen 610-1.320 € pro neu angeschlossenem Einwohner. Bei Anlagen ≥ 2000 EW ergeben sich Investitionskosten von 265-610 € pro neu angeschlossenem Einwohner.

Die zusätzlichen jährlichen Betriebskosten liegen bei Anlagen < 2000 EW zwischen 50 und 78 € pro neu angeschlossenem Einwohner, bei Anlagen ≥ 2000 EW zwischen 20 und 50 € pro neu angeschlossenem Einwohner.

Somit ergeben sich für die Investitionskosten zur Erweiterung der Kläranlagenkapazitäten die vereinfachte Gleichung 9.

$$\text{Gleichung 9} \quad \text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_CONRATE} = \text{US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_inh\_CONRATE\_large} + \text{US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_inh\_CONRATE\_small}$$

mit

- CM_WWTP_C_inv_20yr_CONRATE = Investitionskosten pro zusätzlich angeschlossenem Einwohner für zusätzliche Kläranlagenkapazitäten im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“ bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahre
- CM_WWTP_FCT_C_inv_inh_CONRATE_large = Einwohnerbezogene Investitionskosten für die Kapazitätserweiterung für Kläranlagen ≥ 2.000 EW: 438 €/Einwohner
- CM_WWTP_FCT_C_inv_inh_CONRATE_small = Einwohnerbezogene Investitionskosten für die Kapazitätserweiterung für Kläranlagen < 2.000 EW: 965 €/Einwohner

Für die Betriebskosten ergibt sich die vereinfachte Gleichung 10.

$$\text{Gleichung 10} \quad \text{CM\_WWTP\_C\_op\_CONRATE} = \text{US\_nss\_INH\_toconwwtp\_large} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_inh\_CONRATE\_large} + \text{US\_nss\_INH\_toconwwtp\_small} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_inh\_CONRATE\_small}$$

mit

- CM_WWTP_C_op_CONRATE = Betriebskosten pro zusätzlich angeschlossenem Einwohner für zusätzliche Kläranlagenkapazitäten im Rahmen des MoRE-Kostenmoduls für die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“
- CM_WWTP_FCT_C_op_inh_CONRATE_large = Einwohnerbezogene Betriebskosten für die Kapazitätserweiterung für Kläranlagen ≥ 2.000 EW: 35 €/Einwohner/a

- CM_WWTP_FCT_C_op_inh_CONRATE_small = Einwohnerbezogene Betriebskosten für die Kapazitätserweiterung für Kläranlagen < 2.000 EW: 64 €/Einwohner

Zusammenfassung der Kostenparameter und Kostenfunktionen für die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades“

Zur Ermittlung der Jahreskosten der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“ ergeben sich für die Kostenbetrachtung die nachfolgenden Parameter:

- Jahreskosten der Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ...“ [CM_WWTP_C_CONRATE],
- Maßnahmenumfang: Einwohner, die bislang an die Kanalisation angeschlossen waren, nicht aber an eine Kläranlage, und die über die Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“ an die kommunale Kläranlage angeschlossen werden sollen [US_nss_INH_toconwwtp],
- Zubau kommunale Kläranlage; Investitionskosten in €/Einwohner [CM_WWTP_C_inv_20yr_CONRATE],
- Zubau kommunale Kläranlage; laufende Kosten in €/Einwohner [CM_WWTP_C_op_CONRATE],
- Zubau Kanalisation; Investitionskosten in €/Einwohner [CM_WWTP_C_inv_50yr_SEW_CONRATE],
- Zubau Kanalisation; laufende Kosten in €/Einwohner [CM_WWTP_C_op_SEW_CONRATE] und
- Annuitätsfaktor [CM_WWTP_FCT_an_C_inv bzw. CM_WWTP_FCT_an_C_inv_SEW].

In Tabelle 38 sind die Kostenparameter inklusive der dazugehörigen Werte bzw. Gleichungen sowie die Beschreibungen der Kostenparameter zusammengetragen. Die Kostenparameter werden als Modellkonstanten, Zwischenergebnisse bzw. Endergebnis in MoRE angelegt.

Tabelle 38: Kostenparameter und -daten für die Maßnahme Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen

MoRE-Variable	Wert / Gleichung	Einheit	Herkunft	Beschreibung
US_nss_INH_toconwwtp_large + US_nss_INH_toconwwtp_small		Einwohner	s. MoRE-Rechenstapel WWTP	Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage angeschlossen werden können
CM_WWTP_FCT_C_i nv_inh_CONRATE_la rge	438	€/Einwohner	Abgeleitet von Halbach (2010) und BSUG (2013)	Einwohnerbezogene Investitionskosten für die Kapazitätserweiterung der Kläranlagen (≥ 2.000 EW)
CM_WWTP_FCT_C_i nv_inh_CONRATE_s mall	965	€/Einwohner	Abgeleitet von Halbach (2010) und BSUG (2013)	Einwohnerbezogene Investitionskosten für die Kapazitätserweiterung der Kläranlagen (< 2.000 EW)
CM_WWTP_FCT_C_o p_inh_CONRATE_la rge	35	€/Einwohner/ a	Abgeleitet von Halbach (2010)	Einwohnerbezogene Betriebskosten für Kapazitätserweiterung der Kläranlagen (≥ 2.000 EW)
CM_WWTP_FCT_C_o p_inh_CONRATE_s mall	64	€/Einwohner/ a	Abgeleitet von Halbach (2010)	Einwohnerbezogene Betriebskosten für Kapazitätserweiterung der Kläranlagen (< 2.000 EW)
CM_WWTP_FCT_C_i nv_inh_SEW_CONRA TE	542	€/Einwohner	BSUG 2013	Skalierungsfaktor für einwohnerbezogene Investitionskosten Neubau Kanalisation
CM_WWTP_EXP_C_i nv_inh_SEW_CONRA TE	0,72	-	BSUG 2013	Skalierungsfaktor (Exponent) für einwohnerbezogene Investitionskosten Neubau Kanalisation
CM_WWTP_FCT_C_o p_inh_SEW_CONR ATE	64	€/Einwohner/ a	Abgeleitet von Halbach (2010)	Skalierungsfaktor für Betriebskosten Kanalisationssystem
CM_WWTP_EXP_C_o p_inh_SEW_CONR ATE	-0,074	-	Abgeleitet von Halbach (2010)	Skalierungsfaktor (Exponent) für Betriebskosten Kanalisationssystem
CM_WWTP_FCT_an _C_inv	0,067	-	errechnet bei einer Laufzeit von 20 Jahren nach KVR 2012	Annuitätsfaktor Kläranlage bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren

MoRE-Variable	Wert / Gleichung	Einheit	Herkunft	Beschreibung
CM_WWTP_FCT_an_C_inv_SEW	0,039	-	errechnet bei einer Laufzeit von 50 Jahren nach KVR 2012	Annuitätsfaktor Kanal bei einer Nutzungsdauer von 50 Jahren
CM_WWTP_C_inv_20yr_CONRATE	Gleichung 9	€	Halbach (2010) und BSUG (2013)	Investitionskosten für Kapazitätserweiterung kommunale Kläranlage
CM_WWTP_C_op_CONRATE	Gleichung 10	€/a	Abgeleitet von nach Halbach (2010)	Laufende Kosten für Kapazitätserweiterung kommunale Kläranlage
CM_WWTP_C_inv_50yr_SEW_CONRATE	Gleichung 7	€	Abgeleitet von Halbach (2010)	Investitionskosten für Neubau Kanalisation;
CM_WWTP_C_op_SEW_CONRATE	Gleichung 8	€/a	Abgeleitet von Halbach (2010)	Laufende Kosten für Kanalisation
CM_WWTP_C_CONRATE	Gleichung 11	€/a	Angelehnt an KVR 2012	Jahreskosten der Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ..“

Angelehnt an Flick et al. (2012) ergibt sich die folgende Jahreskostenfunktion durch die Summe der Einzelpositionen, Investitionskosten für Kapazitätserweiterung der Kläranlagen und Kanalisationsneubau, multipliziert mit einem Annuitätsfaktor, und den laufenden Kosten für den Betrieb von Kläranlagen und Kanal, ggf. abzüglich der eingesparten Kosten durch nicht mehr erforderlichen Betrieb von Kleinkläranlagen und Sammelgruben, multipliziert mit dem Maßnahmenumfang:

Gleichung 11

$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_CONRATE} = & \\ & [\text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_CONRATE} * \text{CM\_WWTP\_FCT\_an\_C\_inv} \\ & + \text{CM\_WWTP\_C\_inv\_50yr\_SEW\_CONRATE} \\ & * \text{CM\_WWTP\_FCT\_an\_C\_inv\_SEW} + \text{CM\_WWTP\_C\_op\_CONRATE} \\ & + \text{CM\_WWTP\_C\_op\_SEW\_CONRATE}] \end{aligned}$$

mit

- CM_WWTP_C_CONRATE = Jahreskosten der Maßnahme „Erhöhung Anschlussgrad ...“

Die Übertragung von Einzelinvestitionskosten auf eine gleichförmige Kostenreihen, wie bspw. den Jahreskosten, erfolgt anhand der Barwerte der Investitionskosten durch eine Multiplikation mit einem Annuitätsfaktor in Abhängigkeit von Laufzeit und Zinssatz entsprechend Flick et al. (2012) und der allgemeinüblichen Konvention (s. Gleichung 3).

5.6.1.2 Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahmen „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“

Die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“ erfolgt entsprechend Maßnahmensteckbrief mit dem Ziel, eine Mindestanforderung der Ablaufkonzentration zu erreichen, um Phosphor- und Stickstoffeinträge über kommunale Kläranlagen größer 50 EW zu reduzieren. Eine Umsetzung kann bspw. durch folgende Optimierungen erreicht werden:

- a) Verbesserungen in der Dosierung, der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Maschinentechnik, die keinen Umbau bzw. Neubau erfordern (Mutz et al. 2013)
- b) Maßnahmen zur weitergehenden Stickstoff-Elimination. Dabei können nach Siewert (2010) verschiedene Verfahren, die technisch weit entwickelt und effektiv sind, betrachtet werden. Eine ausführlichere Beschreibung der in Betracht kommenden Maßnahmen befindet sich im entsprechenden Maßnahmensteckbrief.
- c) Maßnahmen zur weitergehenden Phosphor-Elimination. Dabei können nach Siewert (2010) folgende Verfahren, die technisch weit entwickelt und effektiv sind, betrachtet werden: Simultanfällung, Flockungsfiltration, Membranfiltration (getauchte Ultrafiltrationsmembranen). Eine ausführlichere Beschreibung der in Betracht kommenden Maßnahmen befindet sich im entsprechenden Maßnahmensteckbrief.

Eine separate Betrachtung der einzelnen Optimierungsmaßnahmen kann aufgrund der Datenlage nicht erfolgen.

Die Kosten von Maßnahmen zur Nährstoffelimination sind, neben der jeweils eingesetzten Technologie und dem Ausbaugrad der betroffenen Kläranlagen, stark abhängig von den Reduktionszielen bzw. den erreichbaren Ablaufkonzentrationen. Vereinfachend kann laut Grossmann et al. (2011) von „konstanten marginalen Kosten [Grenzkosten] pro vermiedener

Nährstofffracht ausgegangen“ werden. Die Gesamtkosten für die jeweilige Technologiestufe kann somit aus der zu reduzierenden Nährstoffmenge berechnet werden. Bei steigenden Reduktionsanforderungen steigen die Kosten pro vermiedene Einheit Nährstoffeintrag. Gleichzeitig müssen Skaleneffekte berücksichtigt werden (Kostendegression bei steigender Zahl angeschlossener Einwohnerwerte).

Da der konkrete Einsatz der Technologien im Einzelfall am jeweiligen Kläranlagenstandort geprüft werden muss, wird im Folgenden mit geringen bzw. hohen Kosten gerechnet.

Die Bezugsvariable für die Berechnung der Kosten ist der zu eliminierende Nährstoffeintrag $WWTP\_diff\_E\_P$, der sich - bei Überschreitung einer Zielwertkonzentration - aus der Differenz der vorhandenen Ablaufkonzentrationen ($WWTP\_ps\_CONC\_P$ bzw. $WWTP\_small\_CONC\_P$) zur Zielwertkonzentration ($WWTP\_large\_CONC\_tgt\_cls\_X\_P$ bzw. $WWTP\_small\_CONC\_tgt\_cls\_1\_P$), multipliziert mit dem jeweiligen Ablauf ($WWTP\_ps\_Q$ bzw. $WWTP\_small\_Q$) ergibt (Gleichung 12 bzw. Gleichung 13).

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 12} \quad WWTP\_ps\_diff\_E\_P &= WWTP\_ps\_CONC\_P - WWTP\_large\_CONC\_tgt\_cls\_X\_P \\ &\quad * WWTP\_ps\_Q \end{aligned}$$

bzw.

$$\begin{aligned} \text{Gleichung 13} \quad WWTP\_small\_diff\_E\_P &= WWTP\_small\_CONC\_P - WWTP\_small\_CONC\_tgt\_cls\_1\_P \\ &\quad * WWTP\_small\_Q \end{aligned}$$

Die punktbezogene Differenz der Frachteinträge bei Kläranlagen größer 2.000 EW ($WWTP\_ps\_diff\_E\_P$) werden über einen Zwischenschritt auf die jeweiligen AU aggregiert.

Gleiches gilt für die Berechnung der Differenzen der Frachteinträge durch die weitergehende Stickstoffentfernung.

Kostendaten „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“

Mutz et al. (2013) geben als Kosten für Optimierungsmaßnahmen für Kläranlagen der GK1-GK4 u.a. für Verbesserungen in der Dosierung, der Mess-, Steuer- und Regelungstechnik sowie Maschinentechnik, basierend auf LUGV (2011) zur Erreichung von Zielkonzentrationen folgende Jahreskosten pro reduzierter Fracht an:

Tabelle 39: Jahreskosten zur weitergehenden Nährstoffreduktion durch Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen auf Basis von LUGV (2011) (zitiert in Mutz et al. (2013))

Größenklasse (GK)	Jahreskosten weitergehende N-Elimination [€/kg N_{eli}]	Jahreskosten weitergehende P-Elimination [€/kg P_{eli}]
GK1	keine Angaben (kA)	5-200
GK2	4	5-70
GK3	kA	5-35

Die Investitionskosten für Anlagen kleiner 100.000 EW bewegen sich - basierend auf verschiedenen Quellen - für die verschiedenen Technologien zwischen 50 und 90 €/ (kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages). Die Investitionskosten für Anlagen größer 100.000 EW bewegen

sich für die verschiedenen Technologien zwischen 60 und 200 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages). Die Investitionskosten zur weitergehenden Stickstoffeliminierung liegen zwischen 8 und 16 €/kg N_{eli} (Tabelle 40).

Die zusätzlichen jährlichen Betriebskosten für Anlagen kleiner 100.000 EW liegen zwischen 25 und 65 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages). Die zusätzlichen jährlichen Betriebskosten für Anlagen größer 100.000 EW liegen zwischen 65 und 200 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages). Die Betriebskosten für die weitergehende Stickstoffelimination liegen zwischen 0,5 und 3,5 €/kg N_{eli} (Tabelle 40).

Tabelle 40: Kostendaten (Investitionskosten, laufende Kosten, Jahreskosten) für zusätzliche technische Maßnahmen auf der kommunalen Kläranlage nach Größenklasse (GK)

Reinigung	GK*	Investitions-kosten	Laufende Kosten	Nutzungs-dauer [a]	Quelle
Biofilter		7,7-9,6 €/kg N	3,5 €/kg N		Mutz et al. (2013)
weitergehende Denitrifikation		15,7 €/kg N	0,5 €/kg N	20	Grossmann et al. (2011)
Flockungs-filtration	4	47-62 €/kg P	25-30 €/kg P	20	Mutz et al. (2013) Böhm et al. (April / 2002) Grossmann et al. (2011)
	5	59-119 €/kg P	70-107 €/kg P		Mutz et al. (2013)
Membran-filtration	4	63-87 €/kg P	47-57 €/kg P	15	Mutz et al. (2013) Böhm et al. (April / 2002) Grossmann et al. (2011)
	5	147-200 €/kg P	163-197 €/kg P		Mutz et al. (2013)
*: Größenklasse nach Ausbaugrad					

Zusammenfassung der Kostenparameter und Kostenfunktionen für die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“

Zur Ermittlung der Jahreskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“ ergeben sich bei Überschreitung der Zielwertkonzentrationen, basierend auf der zu eliminierenden Nährstofffracht [(Gegenwärtige Ablaufkonzentration - Zielwertkonzentration) * behandeltes Abwasservolumen] die nachfolgenden Parameter, die für die Kostenbetrachtung herangezogen werden:

- Jahreskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise auf der kommunalen Kläranlage...“ zur weitergehende P- bzw. N-Elimination [CM_WWTP_C_OPTIMIZE],
- Bezugsvariablen, um den zu eliminierenden Nährstoffeintrag WWTP_diff_E_P bzw. WWTP_diff_E_N bei Überschreitung einer Zielwertkonzentration zu berechnen: Differenz der vorhandenen Ablaufkonzentrationen (WWTP_ps_CONC_P bzw. WWTP_small_CONC_P) zur Zielwertkonzentration (WWTP_large_CONC_tgt_cls_X_P bzw. WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_P), multipliziert mit dem jeweiligen Ablauf (WWTP_ps_Q bzw. WWTP_small_Q),
- Investitionskosten der Maßnahme zur Optimierung der Betriebsweise zur weitergehenden P-Elimination in €/kg P [CM_WWTP_C_inv_20yr_OPTIMIZE_P],

- Investitionskosten der Maßnahme zur Optimierung der Betriebsweise zur weitergehenden N-Elimination in €/kg P [CM_WWTP_C_inv_20yr_OPTIMIZE_N],
- Laufende Kosten der Maßnahme zur Optimierung der Betriebsweise zur weitergehenden P-Elimination in €/kg P [CM_WWTP_C_op_OPTIMIZE_P],
- Laufende Kosten der Maßnahme zur Optimierung der Betriebsweise zur weitergehenden N-Elimination in €/kg P [CM_WWTP_C_op_OPTIMIZE_N] und
- Annuitätsfaktor bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren [CM_WWTP_FCT_an_C_inv].

Aus den dargestellten einzelnen Kostenparametern und -daten ergeben sich die in Tabelle 41 zusammengefassten Parameter und -daten für die Kostenbetrachtung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranalgen“. Die Kostenparameter werden als Modellkonstanten, Zwischenergebnisse bzw. Endergebnis in MoRE angelegt.

Angelehnt an Flick et al. (2012) ergeben sich die folgenden Funktionen für Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten:

Gleichung 14
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_OPTIMIZE\_P} \\ = (\text{WWTP\_small\_diff\_E\_P} + \text{WWTP\_large\_diff\_E\_P}) \\ \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_OPTIMIZE\_P} \end{aligned}$$

Gleichung 15
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_op\_OPTIMIZE\_P} \\ = (\text{WWTP\_small\_diff\_E\_P} + \text{WWTP\_large\_diff\_E\_P}) \\ \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_OPTIMIZE\_P} \end{aligned}$$

Gleichung 16
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_OPTIMIZE\_N} \\ = (\text{WWTP\_small\_diff\_E\_N} + \text{WWTP\_large\_diff\_E\_N}) \\ \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_inv\_OPTIMIZE\_N} \end{aligned}$$

Gleichung 17
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_op\_OPTIMIZE\_N} \\ = (\text{WWTP\_small\_diff\_E\_N} + \text{WWTP\_large\_diff\_E\_N}) \\ \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_C\_op\_OPTIMIZE\_N} \end{aligned}$$

Gleichung 18
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_OPTIMIZE\_P} \\ = [\text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_OPTIMIZE\_P} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_an\_C\_inv} \\ + \text{CM\_WWTP\_C\_op\_OPTIMIZE\_P}] \end{aligned}$$

Gleichung 19
$$\begin{aligned} \text{CM\_WWTP\_C\_OPTIMIZE\_N} \\ = [\text{CM\_WWTP\_C\_inv\_20yr\_OPTIMIZE\_N} \cdot \text{CM\_WWTP\_FCT\_an\_C\_inv} \\ + \text{CM\_WWTP\_C\_op\_OPTIMIZE\_N}] \end{aligned}$$

Tabelle 41: Kostenparameter und -daten für die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“

MoRE-Variable	Wert	Einheit	Herkunft	Beschreibung
CM_WWTP_FCT_ C_inv_OPTIMIZE_ P; Variante 1	50	€/ (kg el. P)	Mutz et al. (2013)	Nährstoffreduktionsspezifische Investitionskosten unter günstigen Randbedingungen zur weitergehenden P-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_inv_OPTIMIZE_ P; Variante 2	90	€/ (kg el. P)	Mutz et al. (2013)	Spez. Investitionskosten unter ungünstigen Randbedingungen zur weitergehenden P-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_op_OPTIMIZE_ P; Variante 1	25	€/ (kg el. P)/a	Mutz et al. (2013)	Spez. Betriebskosten unter günstigen Randbedingungen zur weitergehenden P-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_op_OPTIMIZE_ P; Variante 2	65	€/ (kg el. P)/a	Mutz et al. (2013)	Spez. Betriebskosten unter ungünstigen Randbedingungen zur weitergehenden P-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_inv_OPTIMIZE_ N; Variante 1	8	€/ (kg el. N)	Mutz et al. (2013)	Spez. Investitionskosten unter günstigen Randbedingungen zur weitergehenden N-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_inv_OPTIMIZE_ N; Variante 2	16	€/ (kg el. N)	Mutz et al. (2013)	Spez. Investitionskosten unter ungünstigen Randbedingungen zur weitergehenden N-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_op_OPTIMIZE_ N; Variante 1	0,5	€/ (kg el. N)/a	Mutz et al. (2013)	Spez. Betriebskosten unter günstigen Randbedingungen zur weitergehenden N-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ C_op_OPTIMIZE_ N; Variante 2	3,5	€/ (kg el. N)/a	Mutz et al. (2013)	Spez. Betriebskosten unter ungünstigen Randbedingungen zur weitergehenden N-Entfernung
CM_WWTP_FCT_ an_C_inv	0,067	-	errechnet bei einer Laufzeit von 20 Jahren nach KVR	Annuitätsfaktor Kläranlage bei einer Nutzungsdauer von 20 Jahren
WWTP_ps_diff_E_ N	Gleichung 12	kg/a	Berechnet	Differenzfracht für kleine Kläranlagen
WWTP_ps_diff_E_ P	Gleichung 12	kg/a	Berechnet	

MoRE-Variable	Wert	Einheit	Herkunft	Beschreibung
WWTP_large_diff_E_N	Aggregierter Wert	kg/a	Berechnet	Auf Analysegebiete aggregierte Differenzfracht für große, punktuellenbezogene Kläranlagen
WWTP_large_diff_E_P	Aggregierter Wert	kg/a	Berechnet	
WWTP_small_diff_E_N	entspr. Gleichung 13	kg/a	Berechnet	Differenzfracht für kleine Kläranlagen
WWTP_small_diff_E_P	Gleichung 13	kg/a	Berechnet	
CM_WWTP_C_inv_20yr_OPTIMIZE_P	Gleichung 14	€	Angelehnt an KVR 2012	Zusätzliche Investitionskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden P-Elimination
CM_WWTP_C_op_OPTIMIZE_P	Gleichung 15	€/a	Angelehnt an KVR 2012	Zusätzliche Betriebskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden P-Elimination
CM_WWTP_C_inv_20yr_OPTIMIZE_N	Gleichung 16	€	Angelehnt an KVR 2012	Zusätzliche Investitionskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden N-Elimination
CM_WWTP_C_op_OPTIMIZE_N	Gleichung 17	€/a	Angelehnt an KVR 2012	Zusätzliche Betriebskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden N-Elimination
CM_WWTP_C_OP_TIMIZE_P	Gleichung 18	€/a	Angelehnt an KVR 2012	Jahreskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden P-Elimination
CM_WWTP_C_OP_TIMIZE_N	Gleichung 19	€/a	Angelehnt an KVR 2012	Jahreskosten der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise..“ zur weitergehenden N-Elimination

el. - eliminiert

5.6.2 Berechnungsansätze des Kostenmoduls zur Bewertung der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem

Der Bereich Stoffeintragsreduktionsmaßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem betrifft vor allem Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung. Kostenkennwerte für die verschiedenen möglichen Technologien (im Folgenden zusammenfassend „Tech“) werden entweder pro zu behandelnder Volumeneinheit (hier RÜB und RBF) oder pro betroffene Flächeneinheit (hier Entsiegelung) berechnet. Die beiden Berechnungsansätze (volumenbezogen und flächenbezogen) sind für die verschiedenen Technologien jeweils identisch, so dass im Folgenden die Kostenfunktionen allgemein für die Technologien erstellt werden. Bei der Berechnung der jeweiligen Jahreskosten für eine Technologie werden dann die jeweiligen Kostendaten verwendet.

5.6.2.1 Berechnungsansätze des Kostenmoduls für volumenbezogene Maßnahmen

Folgende volumenbezogene Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung werden im Rahmen der Kostenbetrachtung berücksichtigt:

- Neubau von Speichervolumen (RÜB)
- Nachschaltung von RBF

Kostendaten volumenbezogener Maßnahmen, Regenüberlaufbecken

Die spezifischen Kosten eines RÜB sind im Wesentlichen vom Nutzvolumen, der Ausführung und von lokalen Randbedingungen abhängig.

Für RÜB in Stahlbetonbauweise mit einem Nutzvolumen $\leq 300 \text{ m}^3$ werden bei mittleren Bodenverhältnissen bei Halbach (2003b/2010) volumenbezogene Investitionskosten zwischen 1.740 und 4.800 €/m³ angegeben, die über die in Gleichung 20 dargestellte Kostenfunktion dargestellt werden.

Gleichung 20

$$IK_{Tech}(\leq 300 \text{ m}^3) = 30.780 \cdot Q^{-0,504}$$

Für geschlossene RÜB mit einem Nutzvolumen $> 300 \text{ m}^3$ werden Investitionskosten zwischen 750 und 1.750 €/m³ angegeben, die über die in Gleichung 21 dargestellte Kostenfunktion dargestellt werden.

Gleichung 21

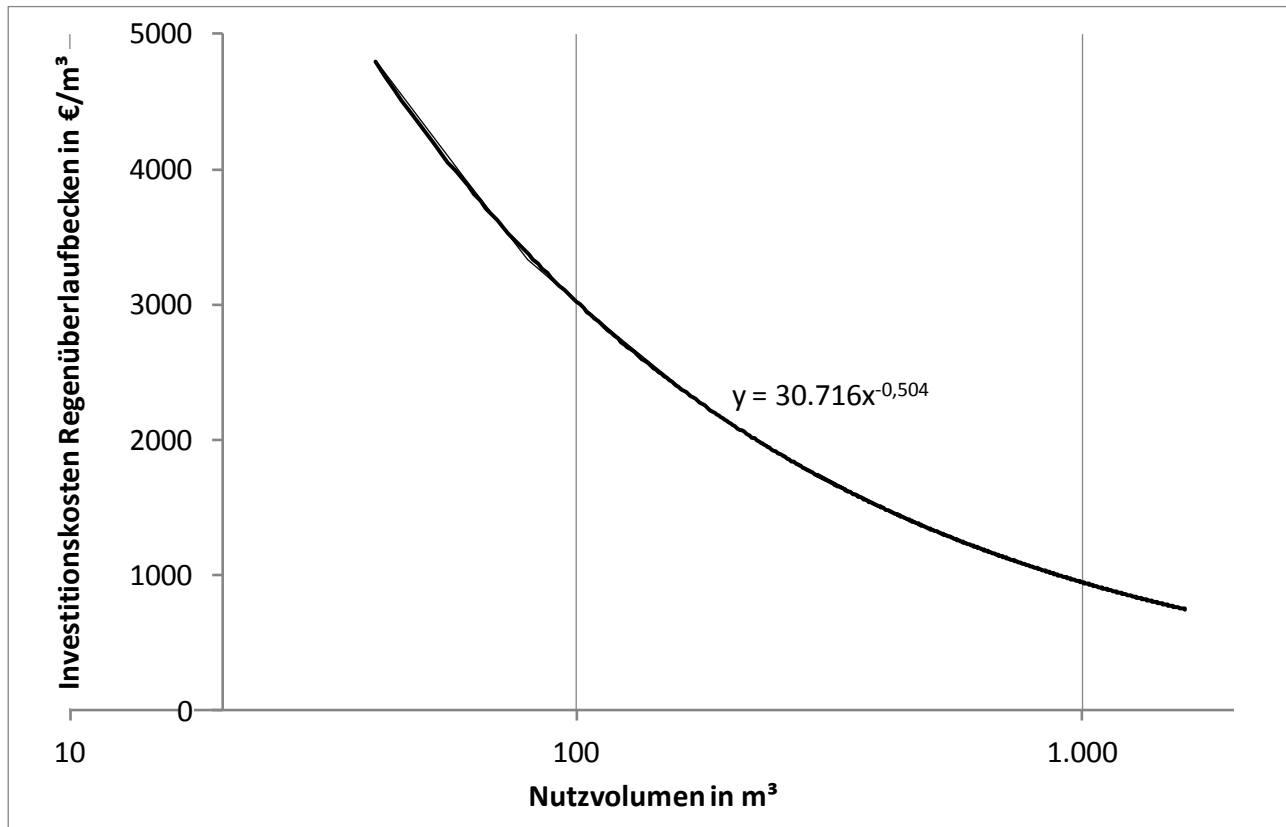
$$IK_{Tech}(> 300 \text{ m}^3) = 30.580 \cdot Q^{-0,503}$$

Kombiniert man die beiden Kostenfunktionen (Gleichung 20 und Gleichung 21), erhält man die in Abbildung 54 und Gleichung 22 dargestellte Kostenfunktion für die volumenbezogenen Investitionskosten von RÜB. Der von Grossmann et al. (2011) verwendete Wert von 1.000 €/m³ entspricht nach Halbach (2003b/2010) einer Ausbaugröße von rund 900 m³.

Gleichung 22

$$IK_{Tech} = 30.716 * Q^{-0,504}$$

Abbildung 54: Investitionskosten für Regenüberlaufbecken, abgeleitet von Halbach (2003/2010)



Die Betriebskosten für RÜB werden von Grossmann et al. (2011) mit 8 €/m³ angegeben. Nach Sieker (2002) liegen die Betriebskosten für RÜB in einem vergleichbaren Rahmen wie die Betriebskosten von RKB. Bei Giese (2013) nach Grüning et al. (2010b) werden für die jährlichen Betriebskosten für geschlossene RKB mit einem Nutzvolumen < 100 m³ mit 3.400 €/a zitiert. Hiervon lässt sich die in Gleichung 23 dargestellte Kostenfunktion ableiten.

Gleichung 23

$$BK = 3.900 + 1,43 \cdot Q$$

Da in MoRE die Größe des behandelten Volumens AU-bezogen hinterlegt ist und keine anlagenbezogenen Daten verwendet werden können, wird von einem mittleren Beckenvolumen von 300 m³ ausgegangen. Entsprechend werden für die Kostenbetrachtung in Anlehnung an Halbach (2010) Investitionskosten von 525.000 € pro Speichervolumen von 300 m³ (bzw. 1.750 €/m³) verwendet. Für die Betriebskosten werden in Anlehnung an Grüning et al. (2010) 4.330 €/a pro Speichervolumen von 300 m³ (bzw. 14,4 €/m³) verwendet.

Als Bezugsvariable dient die Differenz des Speichervolumens pro versiegelte Fläche zu dem Zielwert 23,3 m³/ha im urbanen Raum, sofern der Zielwert unterschritten wird.

Kostendaten volumenbezogener Maßnahmen, Retentionsbodenfilter

Die spezifischen Kosten eines RBF sind laut Assmann et al. (2013) vom Nutzvolumen abhängig und bewegen sich in der Regel zwischen rund 200 €/m³ bei großen Nutzvolumina und 700 €/m³ bei kleinen Nutzvolumina. Bei Sieker (2000) werden spezifische Kosten von 300 €/m³ angegeben. Aufgrund von erhöhtem baulichem Aufwand (Notwendigkeit von Auftriebssicherungen oder zusätzlichen Adsorptionsmaterialien) können die Kosten auf 1.000-5.000 €/m³ steigen.

Betriebskosten werden bei Giese (2013) mit 3-8 €/m³ angegeben. Für die Kostenbetrachtung wird mit einem Mittelwert von 5,5 €/m³ gerechnet.

Laut Horstmeyer et al. (2014) liegen die Gesamtkosten (Investitions- und Betriebskosten) allerdings deutlich unter den Werten von Assmann et al. (2013) in einem Bereich zwischen rund 100-400 €/m³.

Entsprechend werden für die Betrachtung der Investitionskosten von RBF Kosten für günstige (100 €/m³), und ungünstige (400 €/m³) Bedingungen angenommen. Um sehr ungünstigen Randbedingungen, wie sie bei Sieker (2000) benannt werden, Rechnung zu tragen, werden zusätzlich die Betriebskosten von Giese (2013) mit berücksichtigt.

Als Bezugsvariable dient der Anteil an Mischwasser im urbanen Raum, der entsprechend Maßnahmensteckbrief über den RBF geleitet wird: $US\_cso\_Q * US\_cso\_SHR\_vol\_rsf\_cso$.

Zusammenfassung der Kostenparameter und Kostenfunktionen für volumenbezogene Maßnahmen am Beispiel Retentionsbodenfilter

Aus den oben dargestellten einzelnen Kostenparametern und -daten ergeben sich zur Berechnung der Jahreskosten der volumenbezogenen „Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem“ zur Kostenbetrachtung die nachfolgenden Parameter:

- Bezugsvariable: Zubau von Maßnahme „Tech“ in m³ [$US\_cso\_Q * US\_cso\_SHR\_vol\_rsf\_cso$],
- Investitionskosten für Maßnahme „Tech“ in €/m³ [$CM\_US\_C\_inv\_Tech$],
- Laufende Kosten für Maßnahme „Tech“ in €/m³ [$CM\_US\_C\_op\_Tech$],
- Annuitätsfaktor [$CM\_US\_FCT\_an\_C\_inv$] und
- Jahreskosten der Maßnahme „Tech“ in € [$CM\_US\_C\_Tech$]

In Tabelle 42 sind die Kostenparameter inklusive der dazugehörigen Werte bzw. Gleichungen sowie die Beschreibungen der Kostenparameter zusammengetragen. Die Kostenparameter werden als Modellkonstante, Zwischenergebnisse bzw. Endergebnis in MoRE angelegt.

Angelehnt an Flick et al. (2012) ergeben sich für die verschiedenen möglichen Technologien die folgende Kostenfunktion für Investitions-, Betriebs und Jahreskosten:

Gleichung 24
$$CM\_US\_C\_inv\_25yr\_SRTEFF$$
$$= US\_cso\_Q * US\_cso\_SHR\_vol\_rsf\_cso / 100$$
$$* CM\_US\_FCT\_C\_inv\_SRTEFF$$

Gleichung 25
$$CM\_US\_C\_op\_SRTEFF$$
$$= US\_cso\_Q * US\_cso\_SHR\_vol\_rsf\_cso / 100$$
$$* CM\_US\_FCT\_C\_op\_SRTEFF$$

Gleichung 26
$$CM\_US\_C\_inv\_40yr\_SOTEFF$$
$$= (US\_cso\_VOL\_spec\_SOT\_100p - US\_cso\_VOL\_spec\_SOT) * 100$$
$$* US\_cso\_A\_IMP * CM\_US\_FCT\_C\_inv\_SOTEFF)$$

Gleichung 27
$$CM\_US\_C\_op\_SOTEFF$$
$$= (US\_cso\_VOL\_spec\_SOT\_100p - US\_cso\_VOL\_spec\_SOT) * 100$$
$$* US\_cso\_A\_IMP * CM\_US\_FCT\_C\_op\_SOTEFF$$

Gleichung 28
$$CM\_US\_C\_SRTEFF$$
$$= CM\_US\_C\_inv\_25yr\_SRTEFF * CM\_US\_FCT\_an\_C\_inv\_SRTEFF$$
$$+ CM\_US\_C\_op\_SRTEFF$$

Gleichung 29
$$CM\_US\_C\_SOTEFF = CM\_US\_C\_inv\_40yr\_SOTEFF * CM\_US\_FCT\_an\_C\_inv\_SOTEFF$$
$$+ CM\_US\_C\_op\_SOTEFF$$

Tabelle 42: Kostenparameter und -daten für die Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem

MoRE-Variable	Wert	Einheit	Herkunft	Beschreibung
US_cso_Q	Zwischen- ergebnis	m³/a	Aus MoRE Rechenstapel Wasserbilanz	Abfluss über Mischwasserüberläufe (Kanalisationssysteme)
US_cso_SHR_vol_rsf_cso	50	%	MoRE-Modellkonstante	Maßnahmenumfang: Anteil an Mischwasser, der über zus. RBF geleitet wird.
US_cso_VOL_spec_SOT	Zwischen- ergebnis	m³/ha	Aus MoRE Rechenstapel Wasserbilanz	Speichervolumen der Regenüberlaufbecken im Mischsystem, spezifisch
US_cso_A_IMP	Zwischen- ergebnis	km²	Aus MoRE Rechenstapel Flächen	Fläche innerörtlicher versiegelter Flächen, die an das Mischsystem angeschlossen sind
CM_US_FCT_C_inv_SOTE FF	1.750	€/m³	Abgeleitet von Halbach (2010)	Mittlere volumenbezogene Investitionskosten RÜB (300 m³)
CM_US_FCT_C_op_SOTE FF	14,4	€/m³/a	Abgeleitet von Grüning et al. (2010)	Mittlere volumenbezogene Betriebskosten RÜB (300 m³)
CM_US_FCT_C_inv_SRTE FF Variante 1	100	€/m³	Horstmeyer et al. (2014)	Investitionskosten RBF, günstige Bedingungen
CM_US_FCT_C_inv_SRTE FF Variante 2	400	€/m³	Horstmeyer et al. (2014)	Mittlere volumenbezogene Investitionskosten RBF, mittlere Bedingungen
CM_US_FCT_C_op_SRTE FF	5,5	€/m³/a	Giese (2013)	Mittlere volumenbezogene Betriebskosten RBF
CM_US_FCT_an_C_inv_S OTEFF	0,043	-	errechnet bei einer Laufzeit von 40 Jahren nach KVR 2012	Annuitätsfaktor RÜB bei Nutzungsdauer von 40 Jahren
CM_US_FCT_an_C_inv_S RTEFF	0,057	-	errechnet bei einer Laufzeit von 25 Jahren nach KVR 2012	Annuitätsfaktor RBF bei Nutzungsdauer von 25 Jahren
CM_US_C_inv_40yr_SOTE FF	Gleichung 26	€	Abgeleitet von Halbach (2010)	Investitionskosten RÜB
CM_US_C_op_SOTEFF	Gleichung 27	€/a	Abgeleitet von Halbach (2010)	Betriebskosten RÜB

MoRE-Variable	Wert	Einheit	Herkunft	Beschreibung
CM_US_C_inv_25yr_SRTEFF	Gleichung 24	€	Abgeleitet von Horstmeyer et al. (2014)	Investitionskosten RBF
CM_US_C_op_SRTEFF	Gleichung 25	€/a	Abgeleitet von Horstmeyer et al. (2014)	Betriebskosten RBF
CM_US_C_SOTEFF bzw. CM_US_C_SRTEFF	Gleichung 29 bzw. Gleichung 28	€/a	KVR 2012	Jahreskosten der volumenbezogenen Maßnahmen mit Bezug zum Kanalisationssystem (RÜB bzw. RBF)

5.6.2.2 Berechnungsansätze des Kostenmoduls für flächenbezogene Maßnahmen am Beispiel „Reduktion der versiegelten Fläche“

Zu den flächenbezogenen Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung gehören bspw.:

- Reduktion der versiegelten Fläche,
- Flächen- und Muldenversickerung und
- Mulden-Rigolen-Systeme.

Im Folgenden wird beispielhaft die Maßnahme Reduktion der versiegelten Fläche mit Kostendaten hinterlegt.

Kostendaten flächenbezogener Maßnahmen, Entsiegelung

Kosten von Entsiegelungsmaßnahmen können erheblich schwanken. Assmann et al. (2013) benennen als beeinflussende Randbedingungen:

- unterschiedliche Böden,
- Anforderungen an die Nutzung der Fläche und
- Kosten für die Beseitigung des entnommenen Materials (insb. bei Schadstoffbelastungen).

Entsprechend wird bei Assmann et al. (2013) eine Kostenspanne von 10-100 €/m² angegeben.

Unter der Annahme, dass eine Umsetzung und die Anforderungen an die Nachnutzung im ländlichen Bereich kostengünstiger zu realisieren sind, werden für die Kostenbetrachtung der Maßnahme in dem Modellsystem MoRE für zu entsiegelnde Flächen im ländlichen Bereich 25 €/m² für günstige Randbedingungen und 40 €/m² für ungünstige Randbedingungen veranschlagt. Für den urbanen Bereich ist davon auszugehen, dass eine Umsetzung und die Anforderungen an die Nachnutzung kostenintensiver zu realisieren sind. Entsprechend werden für den urbanen Bereich 65 €/m² für günstige Randbedingungen und 80 €/m² für ungünstige Randbedingungen veranschlagt.

Als Betriebskosten werden bei Böhm et al. (2002) 0-0,2 €/m² angegeben. Für die Kostenbetrachtung der Maßnahme wird der Mittelwert von 0,1 €/m² für den urbanen Bereich veranschlagt.

Als Bezugsvariable für die Kostenbetrachtung werden für den ländlichen Raum US_ss_A_IMP_noaggl, US_oss_A_IMP_noaggl, US_nss_A_IMP_noaggl und US_cso_A_IMP_noaggl verwendet, für den städtischen Raum sind die Bezugsvariablen die zu entsiegelnden Flächen US_ss_A_IMP_aggl und US_cso_A_IMP_aggl und die dazugehörigen prozentualen Anteile der versiegelten Fläche, die in den verschiedenen Systemen und Räumen abgekoppelt werden können.

Zusammenfassung der Kostenparameter und Kostenfunktionen für flächenbezogene Maßnahmen am Beispiel Entsiegelung

Die Jahreskosten der flächenbezogenen „Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem“ errechnen sich anhand der nachfolgenden Kostenparameter:

- Maßnahmenumfang: Implementierung der Maßnahme „Entsiegelung“ in km² entsprechend Maßnahmensteckbrief:
$$(US\_cso\_A\_IMP\_noaggl * US\_cso\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL + US\_nss\_A\_IMP\_noaggl * US\_nss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL + US\_oss\_A\_IMP\_noaggl * US\_oss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL)$$

$$\frac{US_{oss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL} + US_{ss\_A\_IMP\_noaggl} * US_{ss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL}}{100}$$

bzw.

$$\frac{(US_{ss\_A\_IMP\_aggl} * US_{ss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL} + US_{cso\_A\_IMP\_aggl} * US_{cso\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL})}{100},$$

- Investitionskosten für Maßnahme „Entsiegelung“ in €/m² [CM_US_C_inv_IMP] jeweils für den urbanen (aggl) und den ländlichen (noaggl) Bereich Variante 1 für günstige Randbedingungen und Variante 2 für ungünstige Randbedingungen,
- Laufende Kosten für Maßnahme „Entsiegelung“ im urbanen Bereich in €/m²/a [CM_US_C_op_IMP_aggl],
- Annuitätsfaktor [CM_US_FCT_an_C_inv_IMP] und
- Jahreskosten der Maßnahme „Entsiegelung“ in € [CM_US_C_IMP].

Aus den oben dargestellten einzelnen Kostenparametern und -daten ergeben sich die in Tabelle 43 zusammengefassten Parameter und -daten für die Kostenbetrachtung von flächenbezogenen Maßnahmen mit Bezug zum Kanalisationssystem.

Die Kostenparameter werden als Modellkonstante bzw. Endergebnis in MoRE angelegt.

Angelehnt an Flick et al. (2012) ergeben sich für die Maßnahme Entsiegelung die folgenden Funktionen für die Investitions-, Betriebs- und Jahreskosten:

Gleichung 30 $CM\_US\_C\_inv\_25yr\_IMP\_noaggl$

$$= (US_{cso\_A\_IMP\_noaggl} * US_{cso\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL} + US_{nss\_A\_IMP\_noaggl} * US_{nss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL} + US_{oss\_A\_IMP\_noaggl} * US_{oss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL} + US_{ss\_A\_IMP\_noaggl} * US_{ss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_NOAGGL}) / 100 * CM\_US\_FCT\_C\_inv\_IMP\_noaggl * 10^6$$

Gleichung 31 $CM\_US\_C\_inv\_25yr\_IMP\_aggl$

$$= (US_{ss\_A\_IMP\_aggl} * US_{ss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL} + US_{cso\_A\_IMP\_aggl} * US_{cso\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL}) / 100 * CM\_US\_FCT\_C\_inv\_IMP\_aggl * 10^6$$

Gleichung 32 $CM\_US\_C\_op\_IMP\_aggl$

$$= (US_{ss\_A\_IMP\_aggl} * US_{ss\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL} + US_{cso\_A\_IMP\_aggl} * US_{cso\_SHR\_a\_uncpl\_imp\_AGGL}) / 100 * CM\_US\_FCT\_C\_op\_IMP\_aggl * 10^6$$

Gleichung 33 $CM\_US\_C\_IMP$

$$= (CM\_US\_C\_inv\_25yr\_IMP\_noaggl + CM\_US\_C\_inv\_25yr\_IMP\_aggl) * CM\_US\_FCT\_an\_C\_inv\_IMP + CM\_US\_C\_op\_IMP\_aggl$$

Tabelle 43: Kostendaten für die flächenbezogenen Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem am Beispiel Entsiegelung

MoRE-Variable	Wert	Einheit	Herkunft	Beschreibung
CM_US_FCT_C_inv _IMP_noaggl Variante 1	25	€/m ²	basierend auf Assmann et al. (2013)	Mittlere flächenspezifische Investitionskosten für Entsiegelung im ländlichen Bereich bei günstigen Bedingungen
CM_US_FCT_C_inv _IMP_noaggl Variante 2	40	€/m ²	basierend auf Assmann et al. (2013)	Mittlere flächenspezifische Investitionskosten Entsiegelung im ländlichen Bereich bei ungünstigen Bedingungen
CM_US_FCT_C_inv _IMP_aggl Variante 1	65	€/m ²	basierend auf Assmann et al. (2013)	Mittlere flächenspezifische Investitionskosten Entsiegelung im städtischen Bereich bei günstigen Bedingungen
CM_US_FCT_C_inv _IMP_aggl Variante 2	80	€/m ²	basierend auf Assmann et al. (2013)	Mittlere flächenspezifische Investitionskosten Entsiegelung im städtischen Bereich bei ungünstigen Bedingungen
CM_US_FCT_C_op _IMP_aggl	0,1	€/a/m ²	basierend auf Böhm et al. (2002)	Mittlere flächenspezifische Betriebskosten bei Entsiegelung im urbanen Bereich
CM_US_FCT_an_C _inv_IMP	0,057	-	KVR 2012	Annuitätsfaktor bei einer Nutzungsdauer von 25 Jahren
CM_US_C_inv_25yr _IMP_noaggl	Gleichung 30	€	Berechnet	Investitionskosten Entsiegelung im ländlichen Bereich
CM_US_C_inv_25yr _IMP_aggl	Gleichung 31	€	Berechnet	Investitionskosten Entsiegelung im städtischen Bereich
CM_US_C_op_IMP _aggl	Gleichung 32	€/a	Berechnet	Betriebskosten bei Entsiegelung im urbanen Bereich
CM_US_C_IMP	Gleichung 33	€/a	KVR 2012	Jahreskosten der flächenbezogenen Maßnahmen mit Bezug zum Kanalisationssystem

5.7 Zusammenfassung und Ausblick

Für ausgewählte Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion für die Eintragsbereiche kommunale Kläranlage und Kanalisationssystem konnte basierend auf Kostendaten aus der Literatur eine Kostenbetrachtung in MoRE umgesetzt werden. Zum Teil mussten die hierfür notwendigen Bezugsgrößen über Zwischenschritte erstellt werden.

Für die großräumige Betrachtung wurden i.d.R. mittlere Kostendaten angesetzt. Zum Teil wurden geringere Kosten für günstige Rahmenbedingungen und höhere Kosten für ungünstige Rahmenbedingungen angenommen, um mögliche Kostenspannen aufzuzeigen. Die Kostendaten für die verschiedenen Varianten wurden in MoRE hinterlegt. Aufgrund einer einheitlichen Darstellung der Kostenberechnung in MoRE erfolgt aktuell die Berechnung der Maßnahmenkosten über eine Basisvariante. Liegen Kostendaten für günstige und ungünstige Randbedingungen vor, werden die Kostendaten für günstige Randbedingungen als Basisvariante verwendet.

Der zugrunde gelegte Maßnahmenumfang orientiert sich an den für die Maßnahmenwirkung angesetzten Maßnahmenumfängen (s. Maßnahmensteckbriefe). Die ermittelten Kosten (Investitionskosten, Betriebskosten und zusammenfassende Jahreskosten) sind in der Regel direkt abhängig von dem Umfang der Maßnahmenumsetzung, so dass eine vergleichende Betrachtung über eine spezifische Kostenwirksamkeit (bspw. Kosten pro eliminierte Fracht) erfolgen muss. Hierbei zeigte sich beispielsweise, dass der Maßnahmenbereich „Optimierung der Betriebsweise der Kläranlage“ deutlich kosteneffektiver ist als der Maßnahmenbereich „Erhöhung des Anschlussgrades“, für den es vor allem in den Bundesländern Thüringen, Sachsen und dem Saarland ein höheres Umsetzungspotenzial gibt. Für die mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem beispielhaft betrachteten Maßnahmen zeigt sich unter den angenommenen Randbedingungen, dass in Relation zu den mittleren über das Modell ermittelten Rückhalteraten der Maßnahmen die Maßnahme „Neubau von Speichervolumen (RÜB)“ kosteneffektiver ist als die Maßnahmen „Reduktion der versiegelten Fläche“ und „Nachschaltung eines Retentionsbodenfilters“. Bei einer konkreteren Maßnahmenplanung sind jedoch weitere und differenziertere Zielsetzungen und lokale Faktoren (bspw. Regenabflussspende und Fremdwasseranteil, städtebauliche Aspekte) zu berücksichtigen.

Grundsätzlich müssen für eine Maßnahmenpriorisierung die lokalen Randbedingungen (u.a. hydraulische Randbedingungen, Auslastungswerte der Kläranlagen) berücksichtigt werden, die in der Regel eine Umsetzung stark beeinflussen und somit zu deutlich abweichenden Kosten führen können.

Die weitere Entwicklung des MoRE-Kostenmoduls sollte, neben einer Erweiterung und Aktualisierung der Eingangsdaten für die bereits implementierten Maßnahmen, eine stärkere räumliche und zeitliche Differenzierung von Kostendaten berücksichtigen. Zusätzlich sollten weitere Maßnahmen mit einem hohen Umsetzungspotenzial und hohen zu erwartenden Wirkungsgraden mitsamt ihrer Kostenkomponente in MoRE implementiert werden. So stehen beispielsweise für die Umsetzung einer vierten Reinigungsstufe oder für den Bereich Sanierung von Kleinkläranlagen gute und umfangreiche Kostendaten zur Verfügung. Die Kostendaten für die verschiedenen Maßnahmen sollten hierbei einheitlich die Ermittlung von Kostenspannen unter günstigen und ungünstigen Randbedingungen berücksichtigen. Als Folge würde das für den MoRE-Anwender aktuelle einheitliche Vorgehen zur Berechnung einer Basisvariante durch eine grundsätzliche Berechnung über den MoRE-Variantenmanager ersetzt werden.

6 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der Eintragsmodellierung, die auf Basis der in Abschnitt 3 erläuterten Anpassungen ermittelt wurden, dargestellt (Abschnitt 6.1). Alle Ergebnisse sind auf drei signifikante Stellen gerundet. In Abschnitt 6.2 werden die Ergebnisse der Validierung der Ergebnisse anhand von Gewässerfrachten dargestellt. Die in Abschnitt 4 beschriebenen Maßnahmen wurden bei der Eintragsmodellierung berücksichtigt. Die daraus resultierenden möglichen Reduktionen sind in Abschnitt 6.3 aufgeführt.

6.1 Ergebnisse der Eintragsmodellierung

Die Stoffeinträge werden für die Einzeljahre 2006-2011 berechnet und als absolute Einträge sowie als Relevanz der einzelnen Eintragspfade dargestellt. Die Ergebnisse der Einzeljahre sind Abbildung 55 bis Abbildung 64 zu entnehmen. In den Abbildungen ist die Beschriftung der Eintragspfade, die weniger als 3 % der Gesamteinträge ausmachen, ausgeblendet. Die Erläuterungen im Text beschreiben die mittlere Situation für den Zeitraum 2006-2011.

6.1.1 Nährstoffe

Die mittleren Stickstoff-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen für den Zeitraum 2006-2011 ca. 520.000 t/a, für Phosphor sind es 25.300 t/a (Tabelle 44). Die Herkunft der Stoffeinträge aus einzelnen Eintragspfaden ist bei Stickstoff und Phosphor unterschiedlich. Bei Stickstoff macht der Grundwasserpfad mit 54 % den Haupteintragspfad aus, weitere relevante Eintragspfade sind kommunale Kläranlagen und Dränagen mit 16 % bzw. 14 %. Die restlichen Pfade machen insgesamt 16 % am Gesamteintrag aus. Bei Phosphor ist die Herkunft nach Eintragspfaden ausgeglichener: 28 % stammen aus kommunalen Kläranlagen; Grundwasser (22 %), Erosion (19 %) und Kanalisationssysteme (16 %) sind weitere wichtige Eintragspfade. Die restlichen Phosphor-Eintragspfade haben eine eher untergeordnete Bedeutung mit insgesamt 15 % (Tabelle 44).

Abbildung 55 und Abbildung 56 zeigen die mittlere Eintragssituation in Deutschland anhand der Nährstoff-Gesamteinträge und der Relevanz der einzelnen Eintragspfade für die Einzeljahre 2006-2011 dar. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert zwischen minus 7 % und plus 10 % für Stickstoff und zwischen minus 8 % und plus 11 % für Phosphor.

Tabelle 44: Mittlere Nährstoff-Einträge der Jahre 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag

Eintragspfad	Stickstoff		Phosphor	
	Mittelwert Eintrag 2006- 2011 [t/a]	Anteil am Gesamteintrag [%]	Mittelwert Eintrag 2006- 2011 [t/a]	Anteil am Gesamteintrag [%]
kommunale Kläranlagen	82.400	16	7.180	28
industrielle Direkteinleiter	9.730	2	406	2
Kanalisationssysteme	23.500	5	4.020	16
atmosphärische Deposition	9.750	2	242	1
Oberflächenabfluss	30.200	6	2.050	8
Erosion	9.880	2	4.830	19
Grundwasser	283.000	54	5.520	22
Dränagen	71.600	14	1.100	4
Gesamt	520.000	100	25.300	100

Abbildung 55: Stickstoff-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

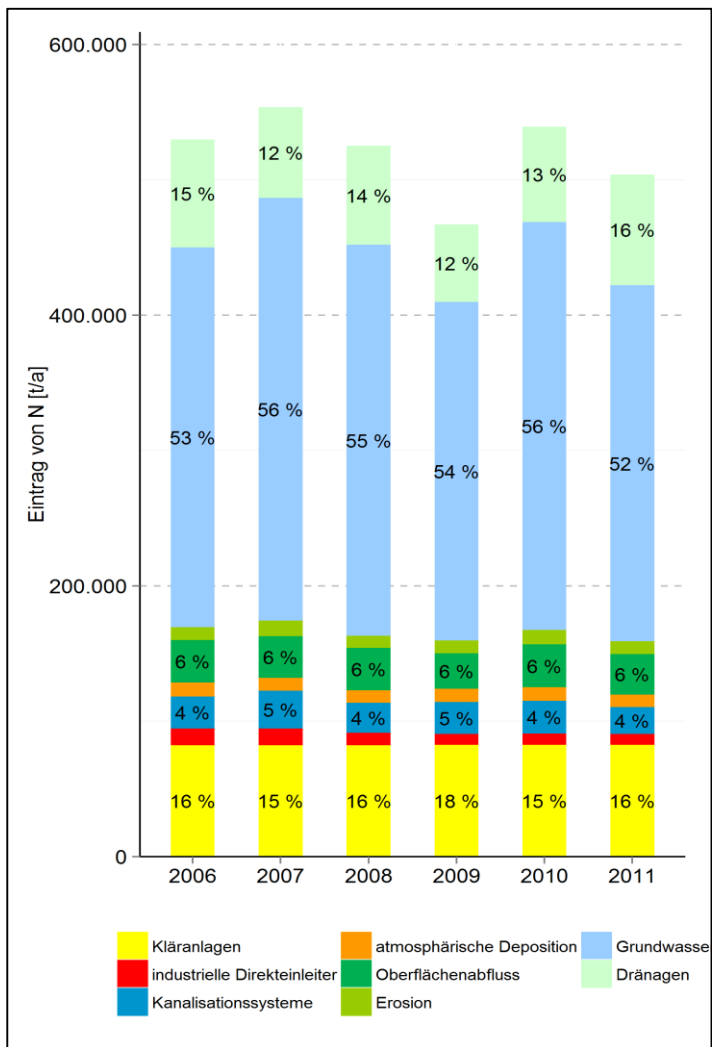
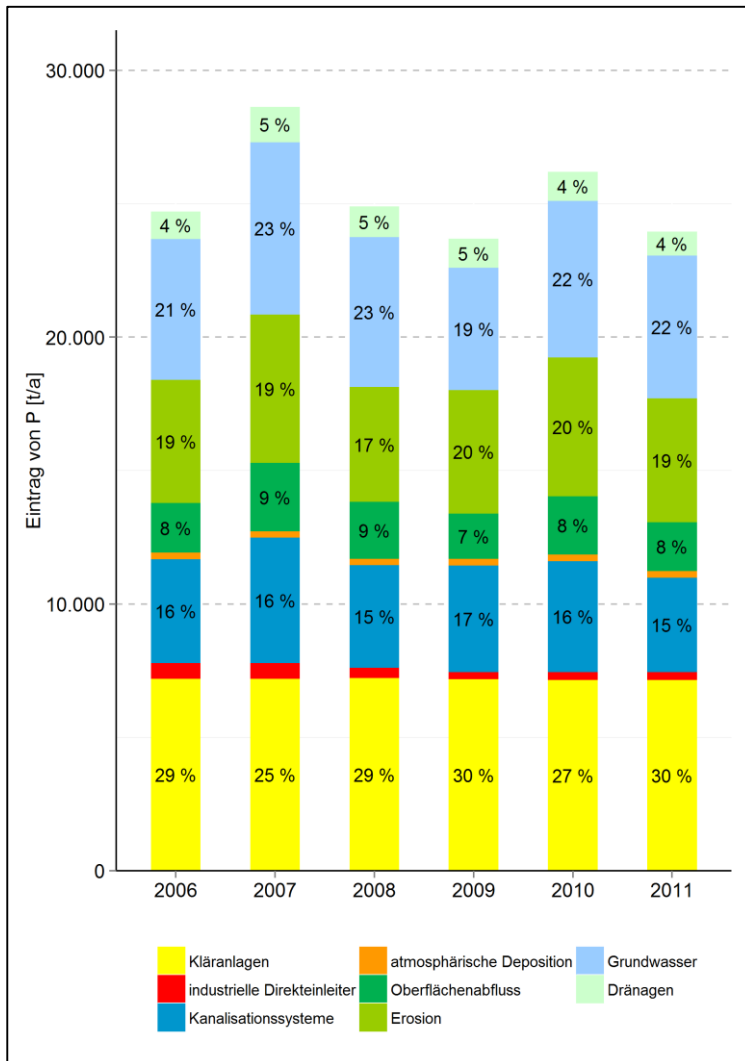


Abbildung 56: Phosphor-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011



6.1.2 Schwermetalle

Die Mittelwerte der Schwermetall-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer der Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011 sind Tabelle 45 zu entnehmen. Die Abbildung 57 bis Abbildung 63 geben einen detaillierten Überblick über die Gesamteinträge und die Relevanz der einzelnen Eintragspfade für die verschiedenen Schwermetalle für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011.

Die mittleren Cd-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen für den Zeitraum 2006-2011 ca. 7.820 kg/a (Abbildung 57). Cd zeichnet sich dadurch aus, dass die Einträge nicht dominant aus einem Pfad resultieren, sondern relativ gleichverteilt über mehrere Eintragspfade in die Oberflächengewässer eingetragen werden. Nichtsdestotrotz ist die Dominanz der Einträge über Altbergbau und Grundwasser bemerkbar mit insgesamt 2.980 kg/a und 38 % Anteil am Gesamteintrag. Ein weiterer wichtiger Eintragspfad ist die Erosion. Alle anderen Eintragspfade tragen mit 10 % oder weniger zum Gesamteintrag bei. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -10 % und +15 %. Die rechnerisch hohen Einträge durch Dränagen und Grundwasser sind durch Konzentrationsangaben bedingt, die teilweise sehr alt sind. Sie müssen dringend angepasst

werden. Dies geschieht derzeit im Rahmen des UBA-Vorhabens „Eintragsinventare prioritärer Schadstoffe - Berücksichtigung der Besonderheiten ubiquitärer Schadstoffe“ (FKZ: 371 421 2000).

Der mittlere Eintrag von Cr für den Zeitraum 2006-2011 in Deutschland beläuft sich auf 293.000 kg/a. Cr (Abbildung 58) ist im Gegensatz zu Cd ein Schwermetall, dessen Einträge deutlich durch einen einzigen Eintragspfad, die Erosion, mit 69 % der Gesamteinträge geprägt sind. Weitere relevante Pfade sind Grundwasser, Dränagen und industrielle Direkteinleiter mit insgesamt 21 % der Gesamteinträge. Die restlichen Eintragspfade liegen in der Summe bei 10 % der Gesamteinträge. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -10 % und +21 %.

Der mittlere Eintrag von Cu für den Zeitraum 2006-2011 in Deutschland liegt bei 432.000 kg/a. Bei Cu (Abbildung 59) stammt der größte Teil der Einträge aus Kanalisationssystemen mit 28 % der Gesamteinträge, aus Erosion (19 %) und dem Grundwasser (18 %). Ein weiterer wichtiger Eintragspfad sind die kommunalen Kläranlagen (11 %). Die restlichen Eintragspfade liegen jeweils unter 7 % und betragen zusammen 24 % des Gesamteintrags. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -5 % und +10 %.

Die Hg-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 1.660 kg/a. Für Hg (Abbildung 60) stellen die Einträge über das Grundwasser und Dränagen die wichtigsten Eintragspfade dar (23 % bzw. 25 % des Gesamteintrags). Weitere wichtige Eintragspfade sind die Kanalisationssysteme und Erosion mit jeweils 17 % der Gesamteinträge. Die restlichen Pfade liegen jeweils unter 9 % und betragen insgesamt 20 % der Gesamteinträge. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -10 % und +19 %. Die rechnerisch hohen Einträge durch Dränagen und Grundwasser sind durch Konzentrationsangaben bedingt, die lediglich als Angabe „unterhalb BG“ verfügbar waren. Nach Konvention wird mit dem halben Wert der BG gerechnet. Da diese Grundlagendaten jedoch teilweise schon sehr alt sind, müssen sie dringend angepasst werden. Dies geschieht derzeit im Rahmen des UBA-Vorhabens „Eintragsinventare prioritärer Schadstoffe - Berücksichtigung der Besonderheiten ubiquitärer Schadstoffe“ (FKZ: 371 421 2000).

Die Ni-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 542.000 kg/a (Abbildung 61). Ni ist ein Schwermetall, dessen Eintrag in die Oberflächengewässer eindeutig von zwei Eintragspfaden geprägt ist: Grundwasser mit 47 % des Gesamteintrags und Erosion mit 25 %. Über Dränagen werden im Mittel 10 % eingetragen. Die restlichen Pfade sind vernachlässigbar. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -8 % und +15 %.

Die mittleren Pb-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen für den Zeitraum 2006-2011 ca. 302.000 kg/a. Pb (Abbildung 62) wird mit 63 % der Gesamteinträge überwiegend über Erosion in die Gewässer eingetragen, gefolgt von den Einträgen über Kanalisationssysteme (20 %). Die restlichen Pfade betragen insgesamt 17 % der Gesamteinträge und spielen somit eine untergeordnete Rolle. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -10 % und +19 %.

Die mittleren Zn-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen für den Zeitraum 2006-2011 2.500.000 kg/a. Zn (Abbildung 63) ist ein Schwermetall, das hauptsächlich aus dem urbanen Bereich in die Gewässer eingetragen wird. Die Pfade Kanalisationssysteme (30 %), Erosion und Oberflächenabfluss (je 15 %) kommunale Kläranlagen (12 %) sind die wichtigsten. Aus dem landwirtschaftlichen Bereich haben die Pfade Erosion und Grundwasser eine größere

Bedeutung (jeweils 15 %). Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -4 % und +7 %.

Tabelle 45: Mittlere Schwermetall-Einträge im Zeitraum 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag

Eintragspfad	Cadmium		Chrom		Kupfer		Quecksilber		Nickel		Blei		Zink	
	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]
kommunale Kläranlagen	618	8	7.810	3	49.500	11	17	1	40.500	7	2.030	1	297.000	12
industrielle Direkteinleiter	400	5	14.800	5	22.200	5	48	3	13.200	2	4.220	1	133.000	5
Altbergbau	1.480	19	323	0	13.000	3	13	1	18.200	3	8.050	3	365.000	15
Kanalisationssysteme	763	10	12.000	4	119.000	28	276	17	18.200	3	59.000	20	750.000	30
atmosphärische Deposition	276	4	3.770	1	14.300	3	95	6	4.380	1	8.720	3	70.700	3
Oberflächenabfluss	784	10	4.960	2	30.900	7	153	9	8.340	2	19.300	6	170.000	7
Erosion	1.180	15	203.000	69	82.900	19	277	17	134.000	25	191.000	63	376.000	15
Grundwasser	1.500	19	19.500	7	77.200	18	375	23	254.000	47	8.240	3	225.000	9
Dränagen	817	10	26.900	9	23.400	5	409	25	52.000	10	1.630	1	111.000	4
Gesamt	7.820	100	293.000	100	432.000	100	1.660	100	542.000	100	302.000	100	2.500.000	100

Abbildung 57: Cadmium-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

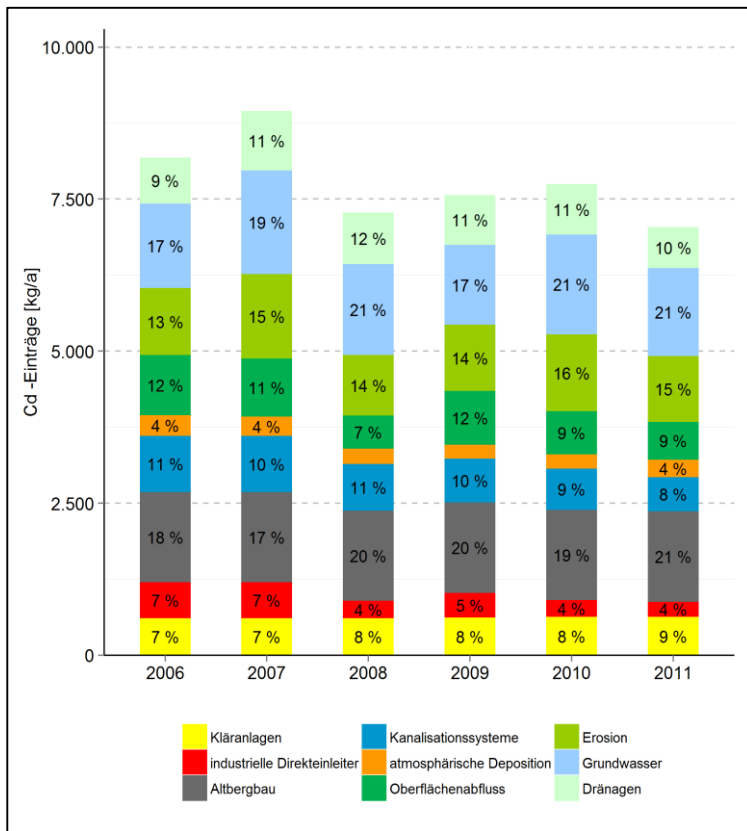


Abbildung 58: Chrom-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

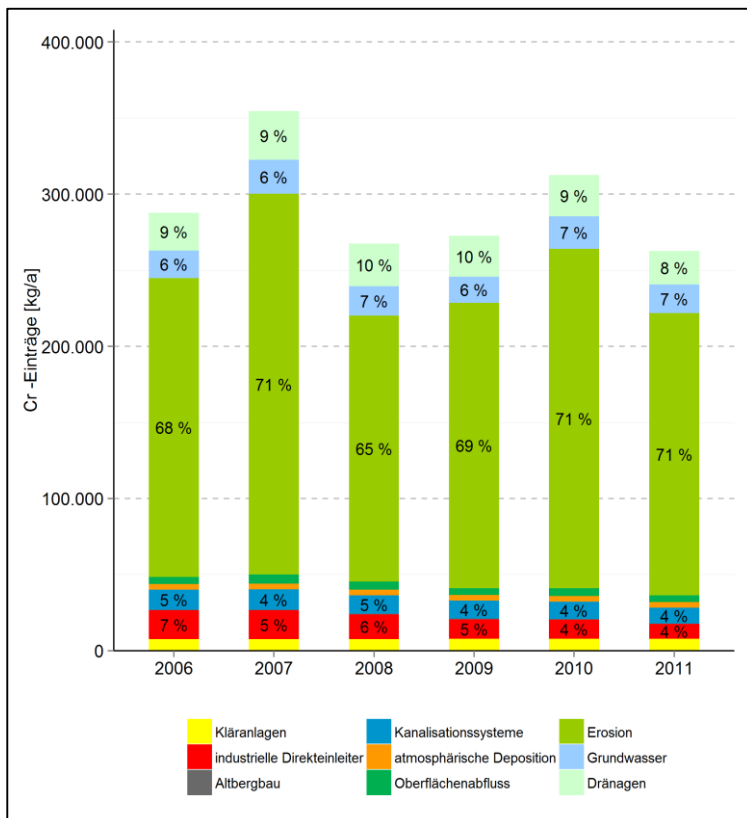


Abbildung 59: Kupfer-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

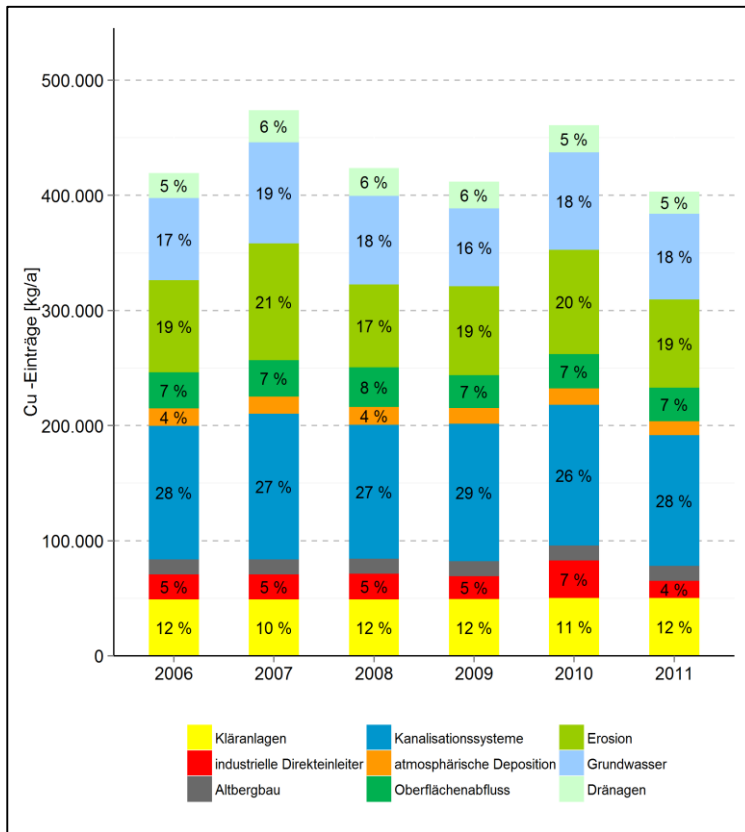


Abbildung 60: Quecksilber-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

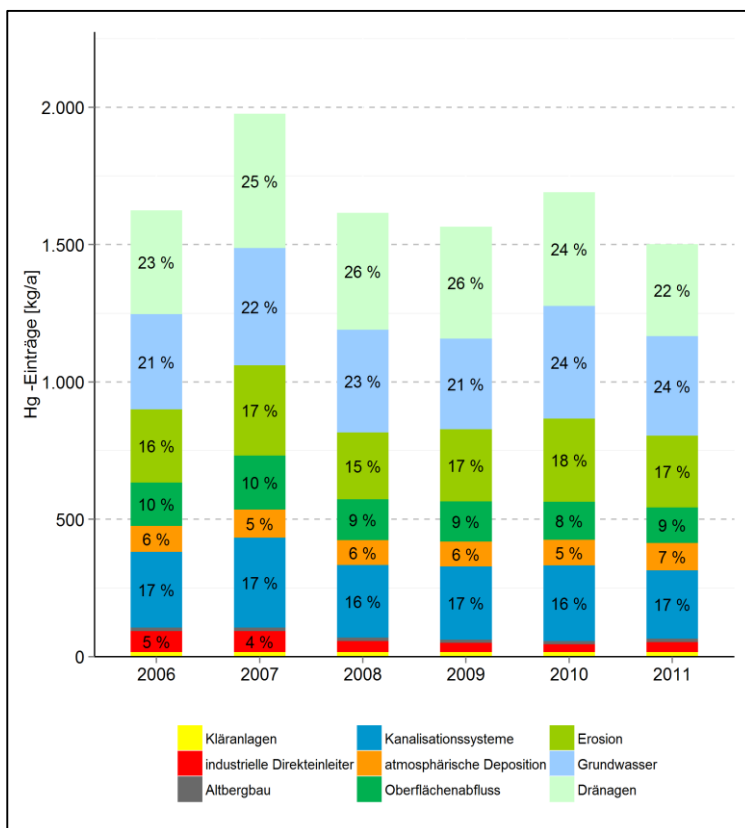


Abbildung 61: Nickel-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

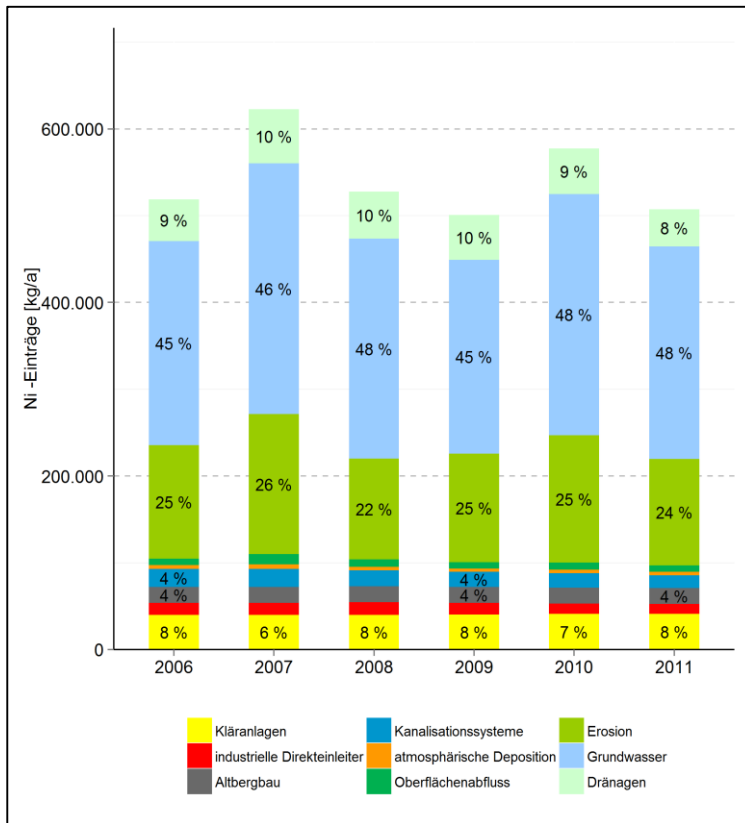


Abbildung 62: Blei-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

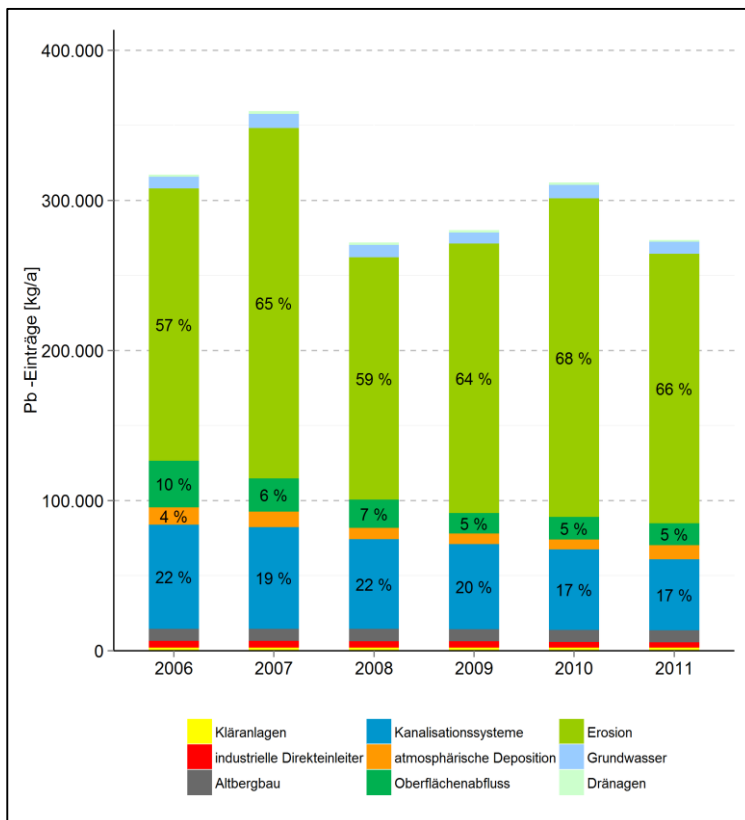
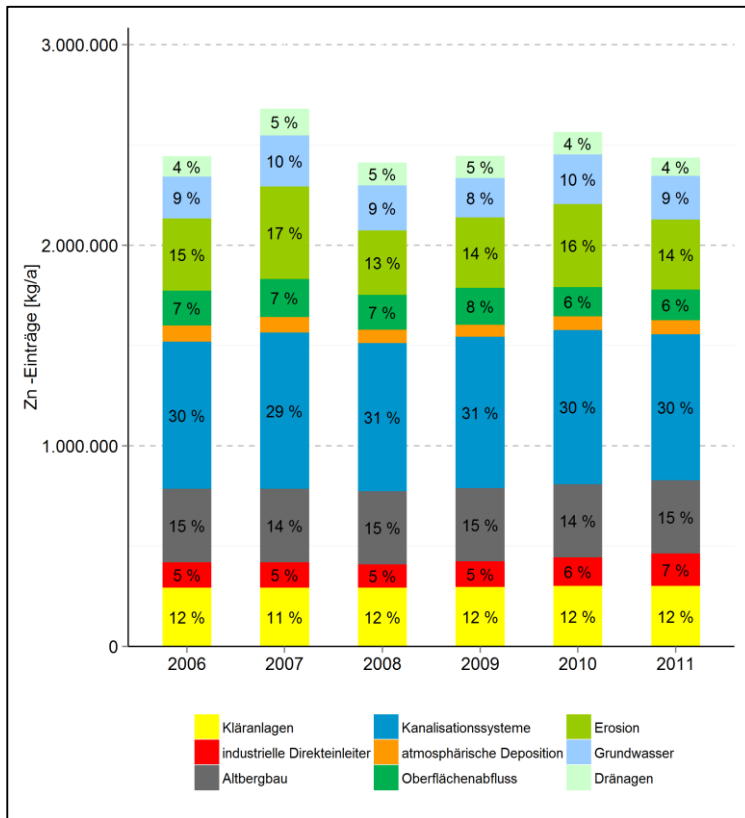


Abbildung 63: Zink-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011



6.1.3 PAK₁₆

Die mittleren PAK₁₆-Einträge in die deutschen Oberflächengewässer betragen für den Zeitraum 2006-2011 ca. 15.100 kg/a. Die Kanalisationssysteme sind mit 48 % des Gesamteintrags der Haupteintragspfad. Weiterer wichtiger Pfad ist die direkte atmosphärische Deposition auf die Gewässer Oberfläche (18 %). Ebenfalls relevante Pfade sind der Oberflächenabfluss, die Erosion und die Binnenschifffahrt mit insgesamt 27 %. Eine untergeordnete Rolle spielen die restlichen Eintragspfade. Abbildung 64 zeigt, dass deutlich höhere Einträge über atmosphärische Deposition um ca. 10 % ab dem Jahr 2010 zu verzeichnen sind. Dies ist durch einen Methodenwechsel bei der Datenerzeugung bedingt. Weitere Details dazu sind in Fuchs et al. (2014a) beschrieben.

Abbildung 64 veranschaulicht die Relevanz der Eintragspfade für Σ EPA-PAK₁₆ in den Einzeljahren im Zeitraum 2006-2011. Die Schwankungen der Gesamteinträge der Einzeljahre liegen bezogen auf den Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 zwischen -7 % und +11 %.

Abbildung 64: PAK₁₆-Einträge für Deutschland für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011

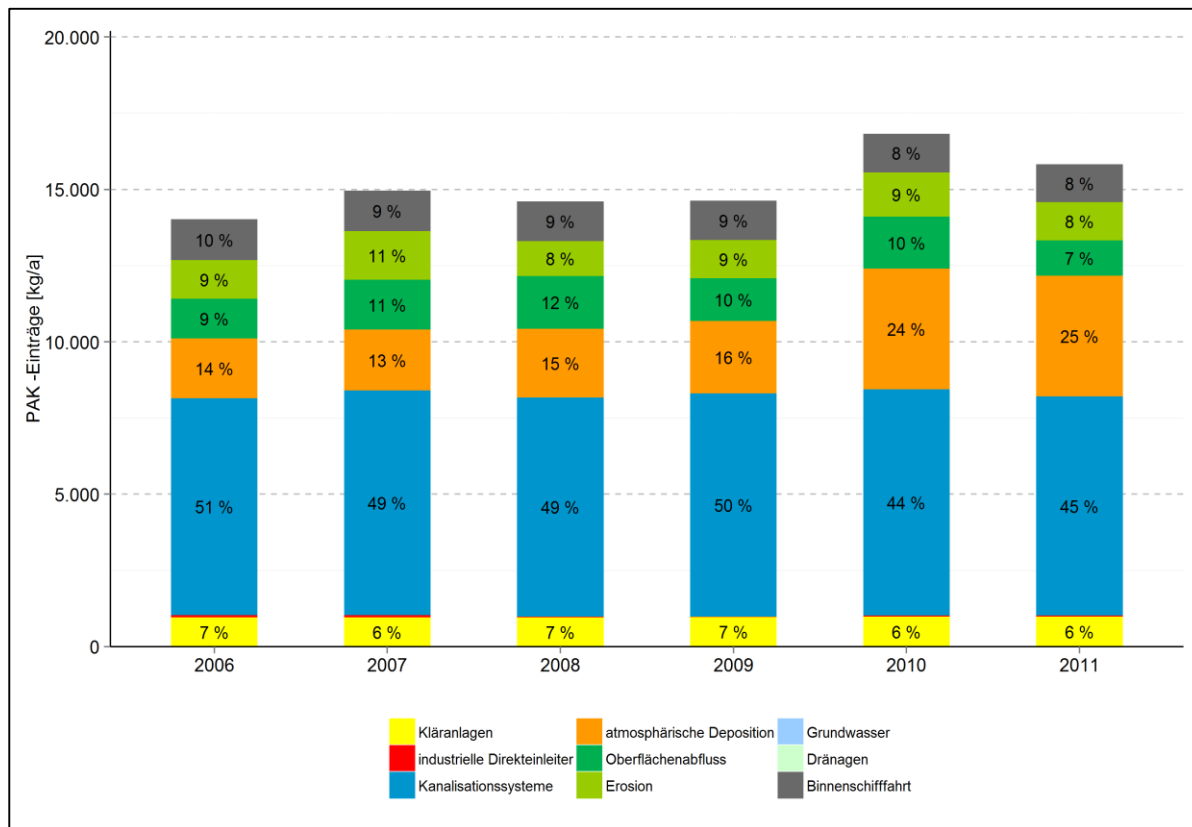


Tabelle 46: Mittlere PAK₁₆-Einträge für den Zeitraum 2006-2011 und prozentualer Anteil der jeweiligen Eintragspfade am Gesamteintrag

Eintragspfad	Eintrag [kg/a]	Anteil [%]
kommunale Kläranlagen	974	6
industrielle Direkteinleiter	43	0
Kanalisationssysteme	7.260	48
atmosphärische Deposition	2.750	18
Oberflächenabfluss	1.490	10
Erosion	1.330	9
Grundwasser	0	0
Dränagen	0	0
Binnenschifffahrt	1.300	9
Gesamt	15.100	100

6.1.4 Zusammenfassung

In Tabelle 47 sind die Ergebnisse nach Fuchs et al. (2014a) den Ergebnissen nach der angepassten Variante gegenübergestellt sowie die daraus resultierenden Änderungen aufgeführt. Die Daten beziehen sich auf den Mittelwert des Zeitraums 2006-2011.

Dabei ist bei Stickstoff eine 10 %ige Reduktion der Gesamteinträge von 578.000 auf 520.000 t/a zu verzeichnen. Das resultiert einerseits aus der beschriebenen Anpassungen der Modellansätze (Abschnitt 3.5 „Kanalisationssysteme“ bzw. 3.7 „Dränagen“). Andererseits wirken sich zwei Eingangsdatensätze entscheidend auf die Einträge aus: die im Mittel niedrigeren N-Überschüsse (Abschnitt 3.3) und die im Mittel gestiegenen versiegelten Flächen (Abschnitt 3.5). Durch die niedrigeren N-Überschüsse sinken die Einträge über Dränagen bzw. Grundwasser. Durch die im Mittel gestiegenen versiegelten Flächen ergibt sich rechnerisch eine Verminderung der natürlichen Flächen in den AU. Da die natürlichen Flächen, die zur Grundwasserneubildung beitragen dadurch verringert werden, äußert sich der Effekt in einer Verringerung des Grundwasserzuflusses und dementsprechend der Stoffeinträge über Grundwasser. Diese Zusammenhänge gelten grundsätzlich für alle modellierten Stoffe.

Bei Phosphor ist eine leichte Zunahme der Einträge um 1 % zu beobachten.

Bei den Schwermetallen zeigt sich für Kupfer und Zink eine Reduktion der Einträge durch die Anpassungen um -7 % bzw. -1 %. Bei den übrigen Schwermetallen ergibt sich eine Zunahme der Einträge, wobei für Blei der Anstieg bis zu 29 % reicht.

Bei den PAK₁₆ wird ebenfalls eine Zunahme der Gesamteinträge um 7 % im Vergleich zu den Ergebnissen der Basisvariante verzeichnet.

In Abbildung 65 bis Abbildung 67 ist die relative Bedeutung der Eintragspfade an dem Gesamteintrag für Deutschland gemittelt für den Zeitraum 2006-2011 dargestellt. Im Vergleich ergeben sich insgesamt keine großen Änderungen.

Beim Stickstoff ist der Anteil des Pfades Grundwasser am Gesamteintrag um 2 % niedriger, ebenso beim Eintragspfad Dränagen. Die Relevanz der kommunalen Kläranlagen ist dagegen um 2 % gestiegen. Aufgrund der vergleichsweise geringen Änderungen stellen die Pfade Grundwasser, Dränagen und kommunale Kläranlagen mit 54 %, 14 % und 16 % weiterhin die Haupteintragspfade dar. Bei Phosphor ist die Relevanz der Eintragspfade kommunale Kläranlagen, Grundwasser und Oberflächenabfluss um 1 % gesunken, bei den Kanalisationssystemen ist die Relevanz des Pfades um 2 % gestiegen. Nach wie vor haben die Pfade Kläranlagen, Grundwasser, Erosion und Kanalisationssysteme einen Anteil von ca. 80 % am Gesamteintrag.

Bei den Schwermetallen sinkt die Relevanz der Dränagen für die meisten Stoffe während bei dem Grundwasserpfad ein leichter Anstieg um ca. 1 % resultiert. Bei dem Pfad Erosion wird eine Zunahme der Relevanz für alle Schwermetalle beobachtet, die zwischen 3 und 5 % liegt. Eine Abnahme der Relevanz ergibt sich bei dem Pfad Kanalisationssysteme für Kupfer und Zink, ein Zunahme bei Cadmium und Quecksilber. Die Tendenzen der Relevanzverteilung bleiben insgesamt unverändert, es ist jedoch eine leichte Verschiebung in der Größenordnung bis zu 5 % zu beobachten.

Für Cadmium stammt in der Periode 2006-2011 der größte Teil der Einträge aus dem Altbergbau (19 %) und Grundwasser (19 %). Weitere wichtige Eintragspfade sind die Erosion (15 %), Kanalisationssysteme (10 %), Dränagen (10 %) und Oberflächenabfluss (10 %).

Für Chrom ist in der Periode 2006-2011 Erosion mit Abstand der wichtigste Eintragspfad (69 %). Danach folgen Dränagen (9 %), Grundwasser (7 %) und industrielle Direkteinleiter (5 %).

Bei Kupfer sind die Kanalisationssysteme der wichtigste Eintragspfad (28 %). Danach folgen Erosion (19 %), Grundwasser (18 %) und kommunale Kläranlagen (11 %).

Die Quecksilber-Einträge über das Grundwasser und Dränagen stellen die wichtigsten Eintragspfade dar (zusammen 48 %). Danach folgen Erosion (17 %), Kanalisationssysteme (17%)

und Oberflächenabfluss (9 %). Einträge über Kläranlagen hingegen sind vergleichsweise vernachlässigbar (< 1 %).

Wichtige Nickel-Eintragspfade sind nach wie vor Grundwasser (47 %) und Erosion (25 %), gefolgt von Dränagen (10 %) und Kläranlagen (7 %). Die Anteile der restlichen Eintragspfade am Gesamteintrag betragen jeweils < 5 %.

In der Periode 2006-2011 ist für Blei die Erosion der wichtigste Eintragspfad (63 %). Danach folgen Kanalisationssysteme (20 %) und Oberflächenabfluss (6 %). Der Anteil aller weiteren Eintragspfade liegt jeweils unter 5 %.

Für Zink sind die Kanalisationssysteme der wichtigste Eintragspfad (30 %), danach folgen Altbergbau (15 %), Erosion (15 %) und kommunale Kläranlagen (12 %).

Bei den PAK ist eine Zunahme der Relevanz des Pfads Kanalisationssysteme um 8 % zu verzeichnen. Weiterhin machen aber die Pfade Kanalisationssysteme und atmosphärische Deposition den über 50 % der Einträge aus.

Tabelle 47: Vergleich der stoffspezifischen Gesamteinträge im Zeitraum 2006-2011

Stoffe	Einheit	Eintrag Basisvariante	Eintrag angepasste Variante	prozentuale. Veränderung [%]
Stickstoff	t/a	578.000	520.000	-10
Phosphor	t/a	25.000	25.300	1
Cadmium	kg/a	7.580	7.820	3
Chrom	kg/a	253.000	293.000	16
Kupfer	kg/a	460.000	432.000	-6
Quecksilber	kg/a	1.600	1.660	4
Nickel	kg/a	524.000	542.000	3
Blei	kg/a	234.000	302.000	29
Zink	kg/a	2.520.000	2.500.000	-1
PAK ₁₆	kg/a	14.100	15.100	7

Abbildung 65: Relative Bedeutung der Eintragspfade an den Stickstoff (N)- und Phosphor (P)-Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante)

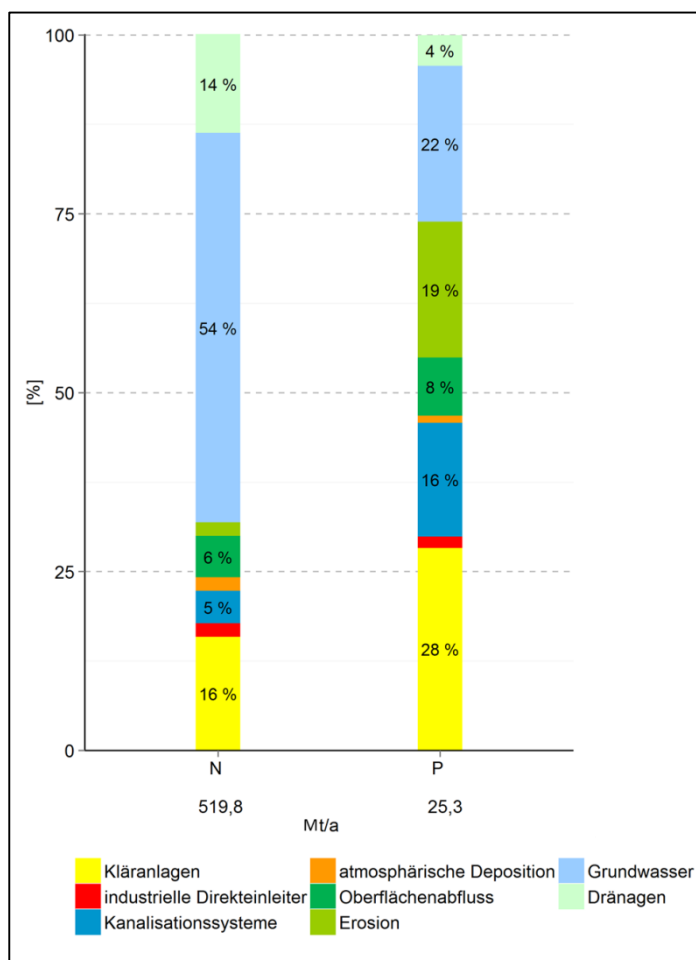


Abbildung 66: Relative Bedeutung der Eintragspfade an den Schwermetall-Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante)

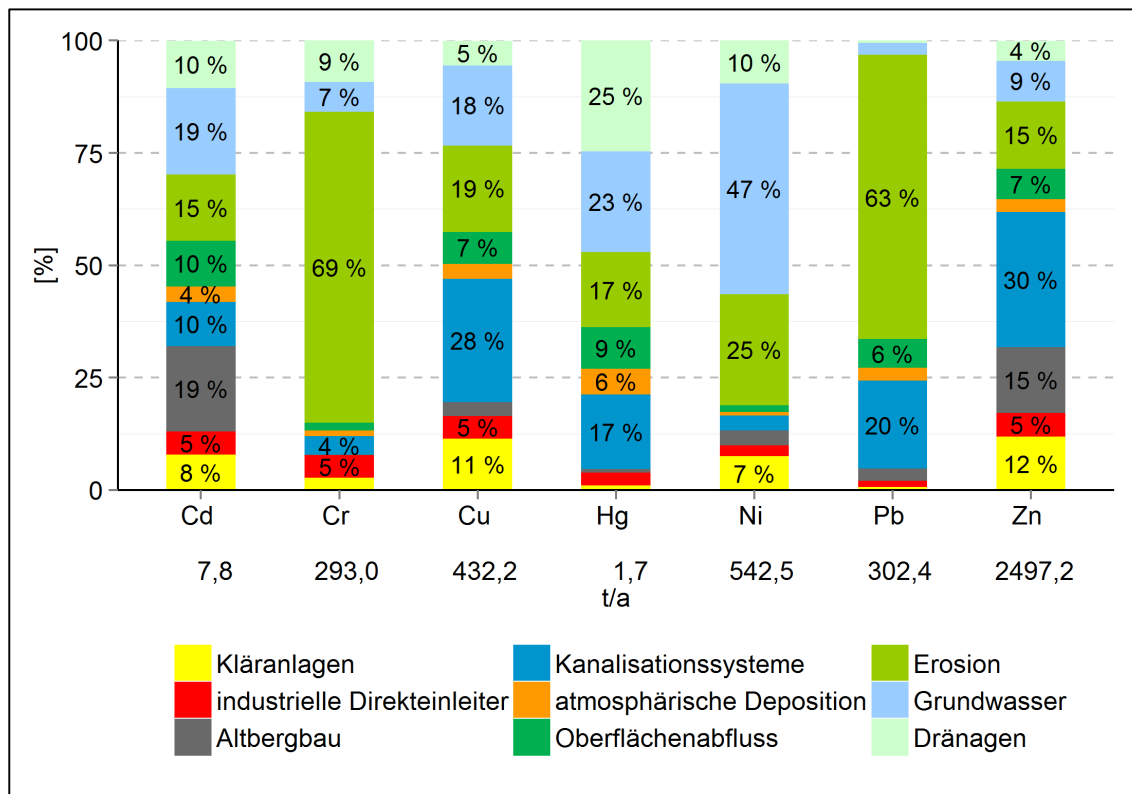
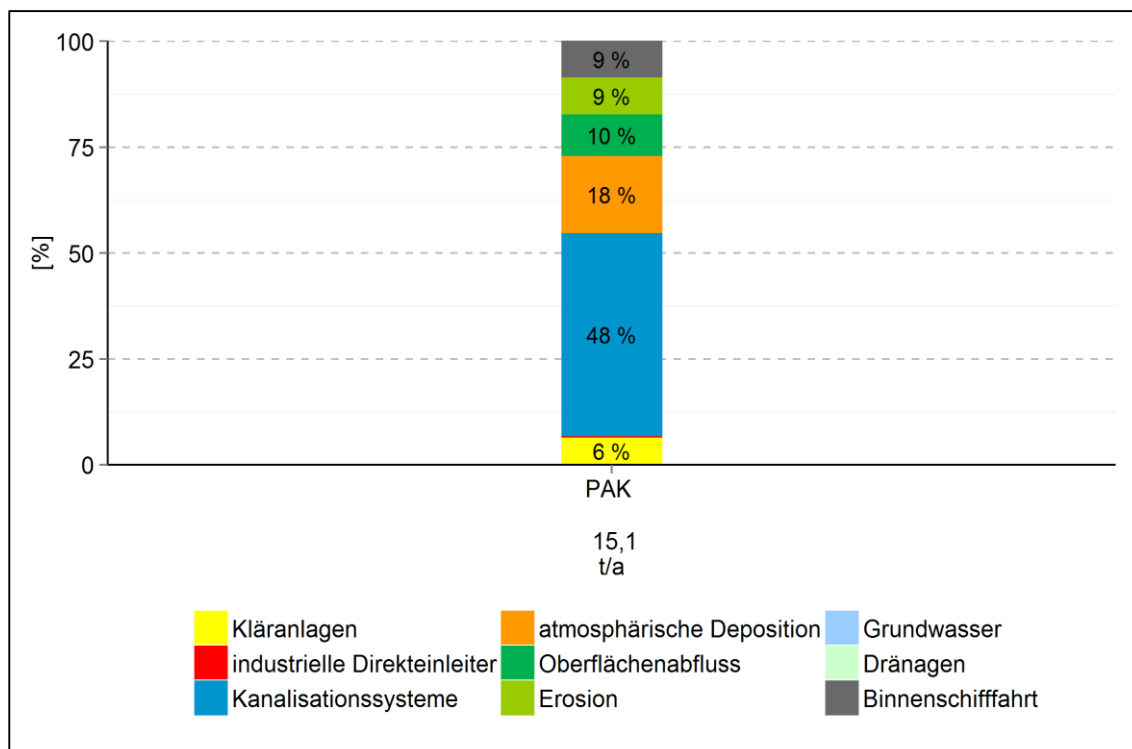


Abbildung 67: Relative Bedeutung der Eintragspfade an den PAK₁₆-Gesamteinträgen im Mittel für den Zeitraum 2006-2011 (angepasste Variante)



In den folgenden Abbildungen Abbildung 68 bis Abbildung 77 ist jeweils die regionale Verteilung der Gesamteinträge im Jahr 2010 für die modellierten Stoffe im Vergleich zu den Modellierungsergebnissen für die Basisvariante dargestellt.

Bei Stickstoff zeigen sich flächendeckend niedriger berechnete Einträge in der Größenordnung zwischen 5 und 25 %. Im Nordwesten sind die Einträge um mehr als 25 % niedriger. Im Durchschnitt für Deutschland ergeben sich 26 %-ig bzw. 13 %-ig niedrigere Einträge über Dränagen bzw. Grundwasser, die sich deutlich in den Gesamteinträgen widerspiegelt.

Bei Phosphor ergibt sich in den meisten AU kaum eine Änderung. Tendenziell werden jedoch leicht höhere Gesamteinträge bilanziert. Überwiegend im Nordosten Deutschlands kann diese Erhöhung in der Größenordnung zwischen 5 und 25 % für einige AU liegen.

Für Chrom sind sowohl die deutlich höheren Einträge im Einzugsgebiet des Rheins als auch die deutlich niedrigeren Einträge im Donau-Einzugsgebiet auffällig. Im Norden Deutschlands sind die Gebiete weniger von den Änderungen beeinflusst. Dies ist insbesondere auf die Änderung bei den Oberbodengehalten und die nun räumlich besser aufgelösten Eingangsdaten zurückzuführen (vgl. Abschnitt 3.7).

Bei Zink werden eher niedrigere Gesamteinträge in Süd- und Norddeutschland ermittelt. In der Mitte Deutschlands ist ein inhomogenes Muster mit Zunahmen, Abnahmen und keinen Änderungen zu sehen, aus dem keine eindeutige Tendenz abgeleitet werden kann.

Für die PAK₁₆ werden tendenziell höhere Gesamteinträge im Norden und der Mitte Deutschlands bilanziert. Im Süden ist jedoch keine eindeutige Tendenz erkennbar.

Abbildung 68: Spezifische Stickstoff-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland

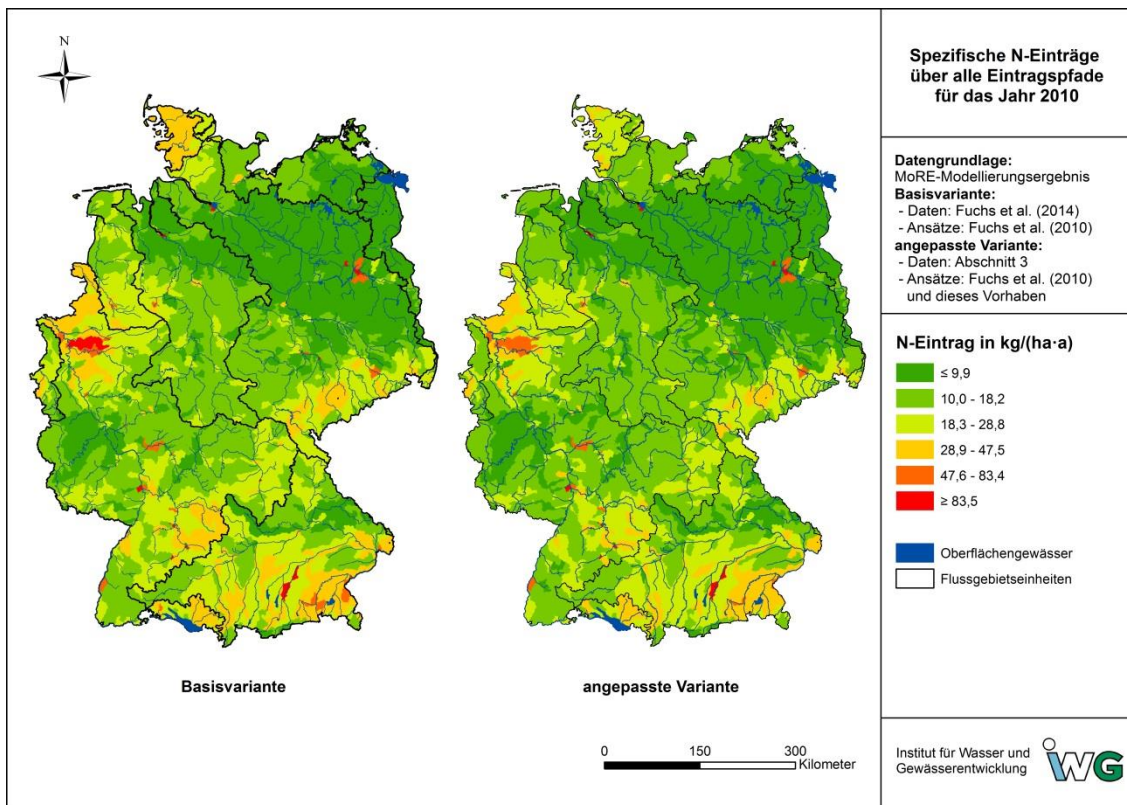


Abbildung 69: Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

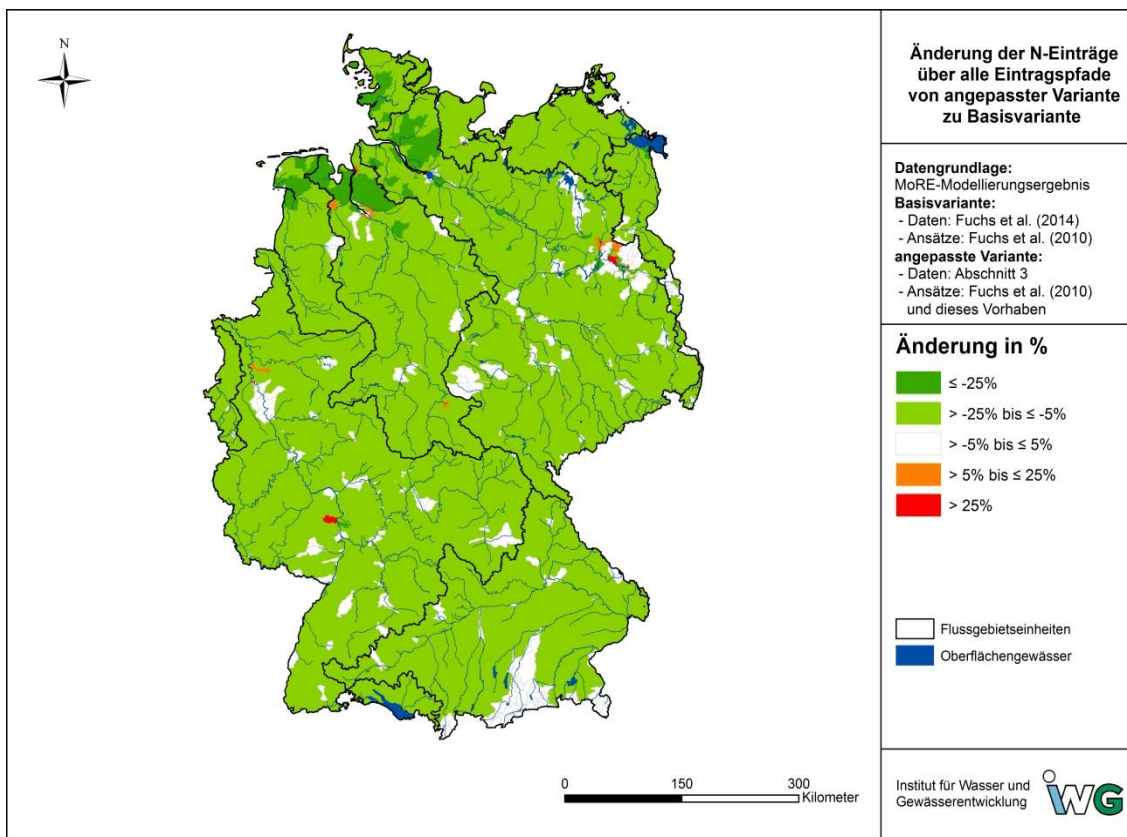


Abbildung 70: Spezifische Phosphor-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland

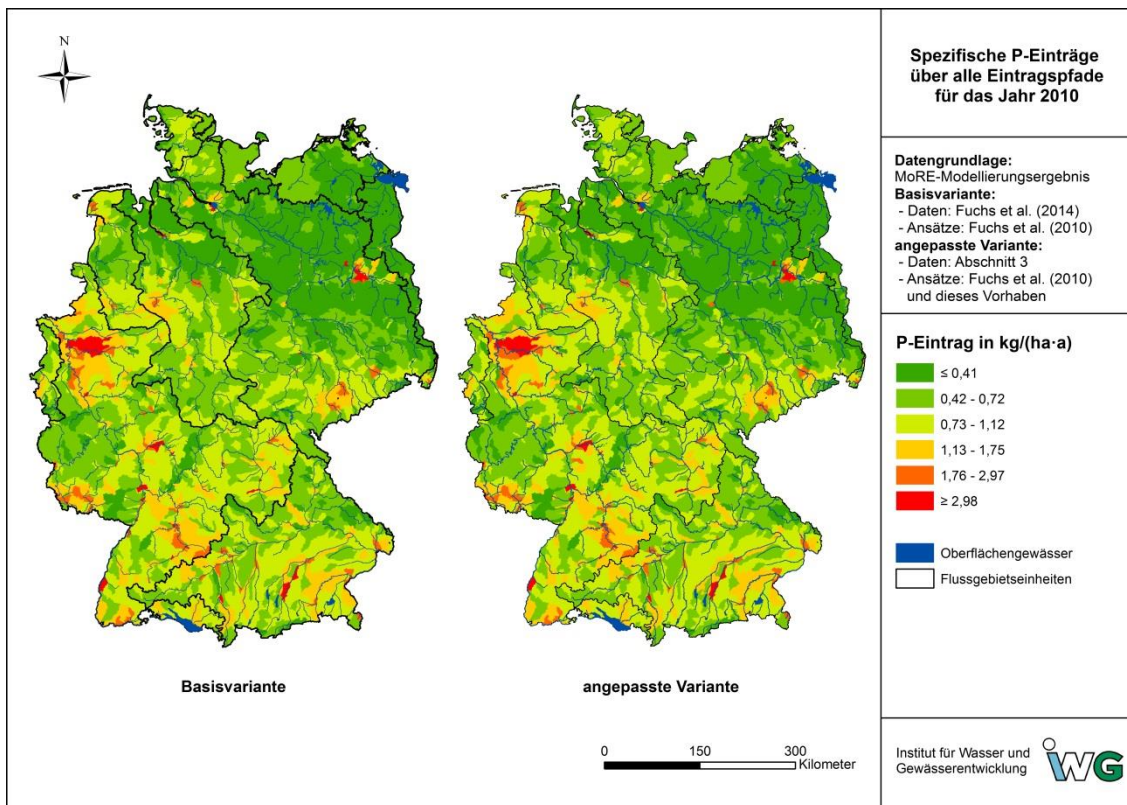


Abbildung 71: Änderung der Phosphor-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

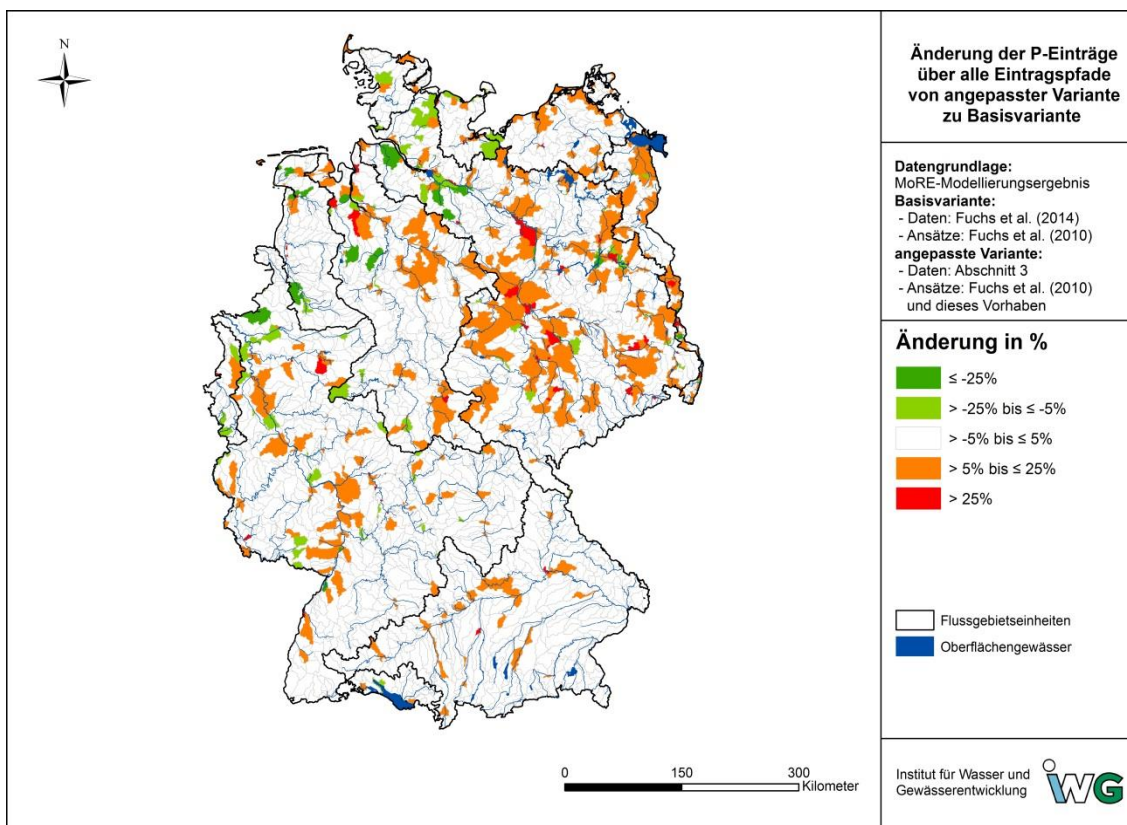


Abbildung 72: Spezifische Chrom-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland

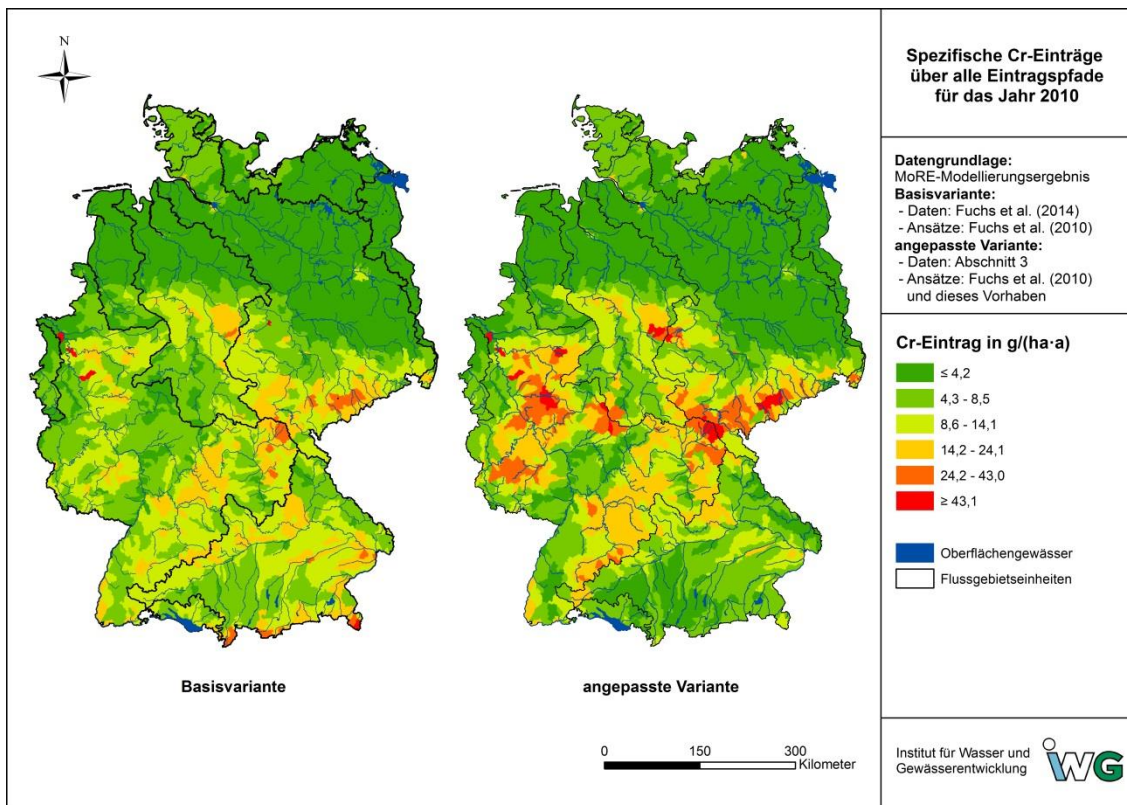


Abbildung 73: Änderung der Chrom-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

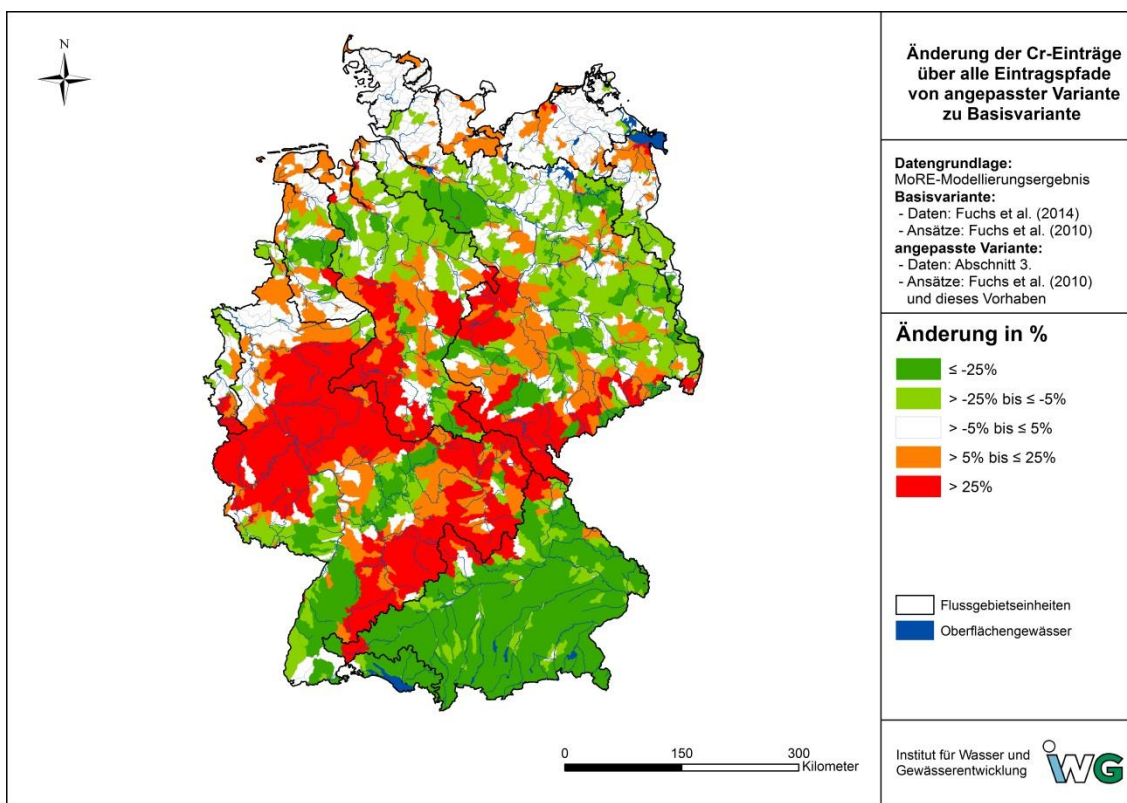


Abbildung 74: Spezifische Zink- Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland

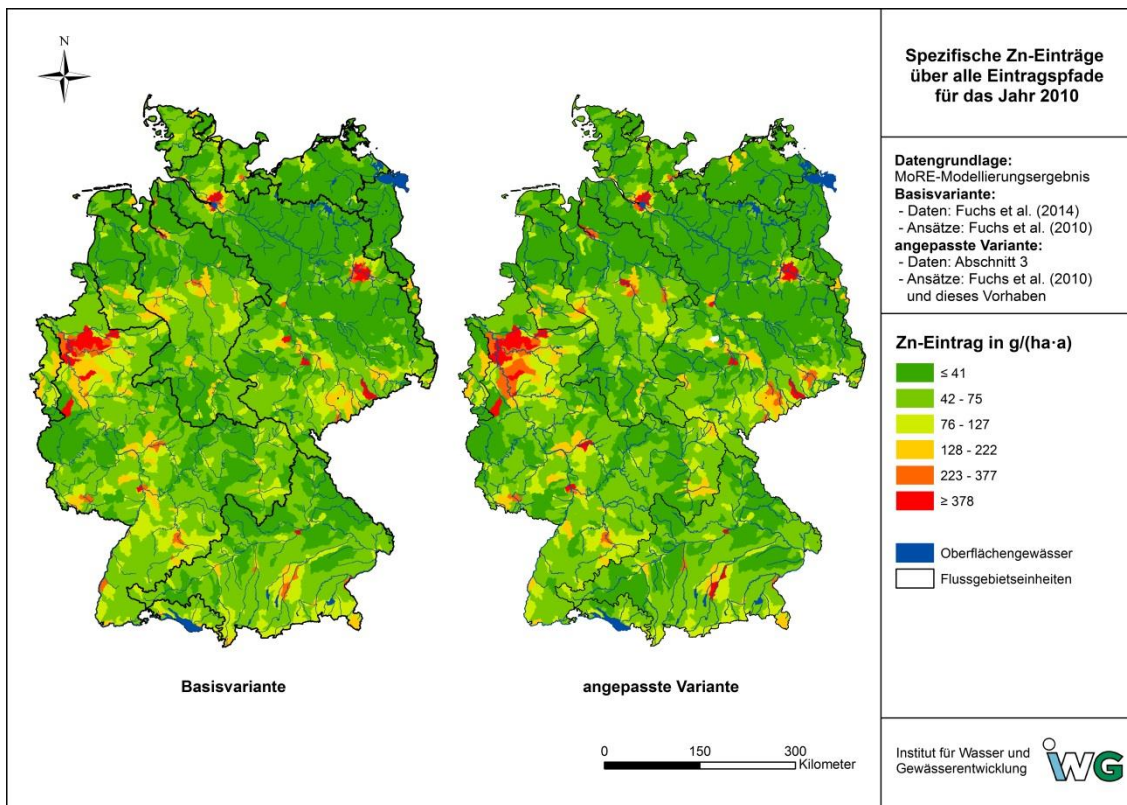


Abbildung 75: Änderung der Zink-Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland

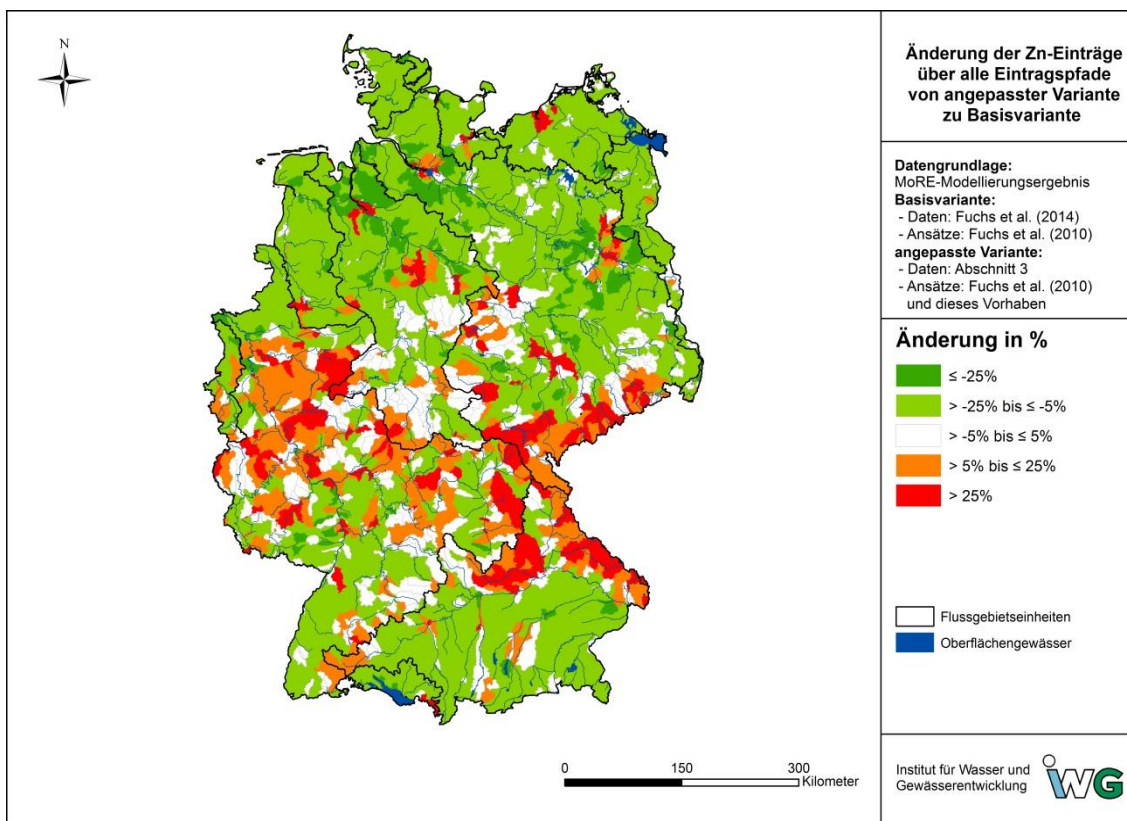


Abbildung 76: Spezifische PAK₁₆-Gesamteinträge im Jahr 2010 in Deutschland

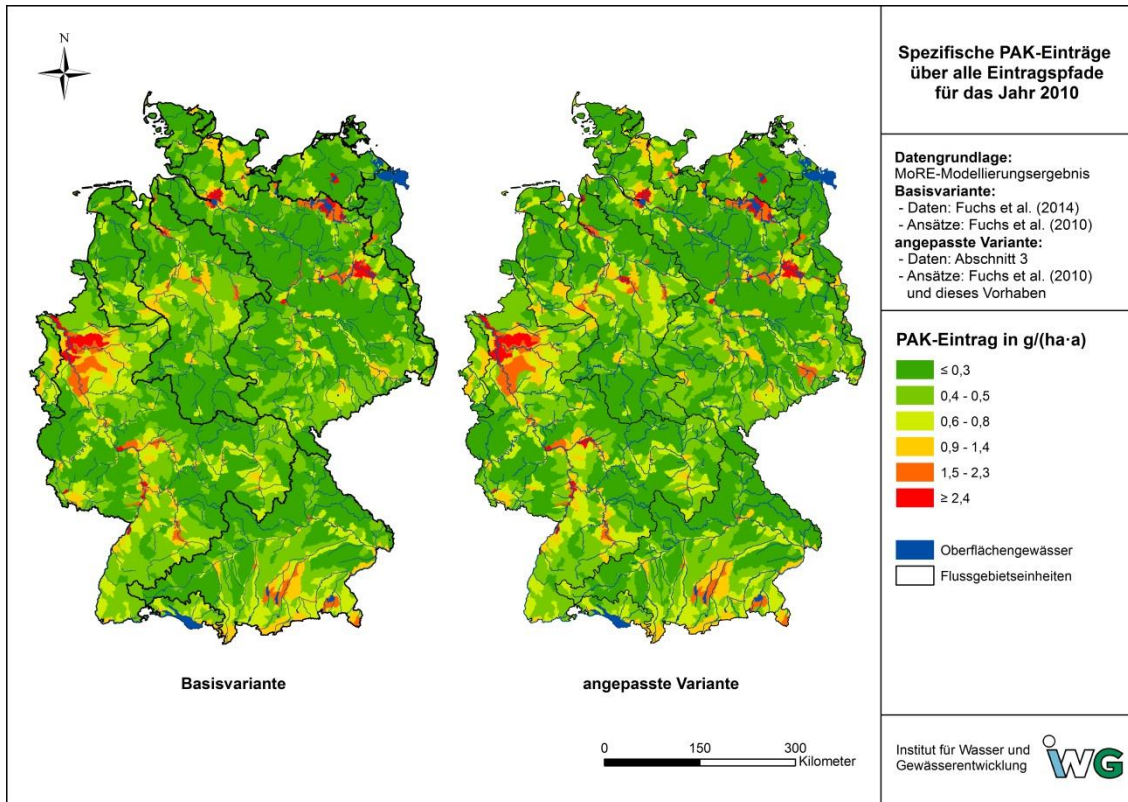
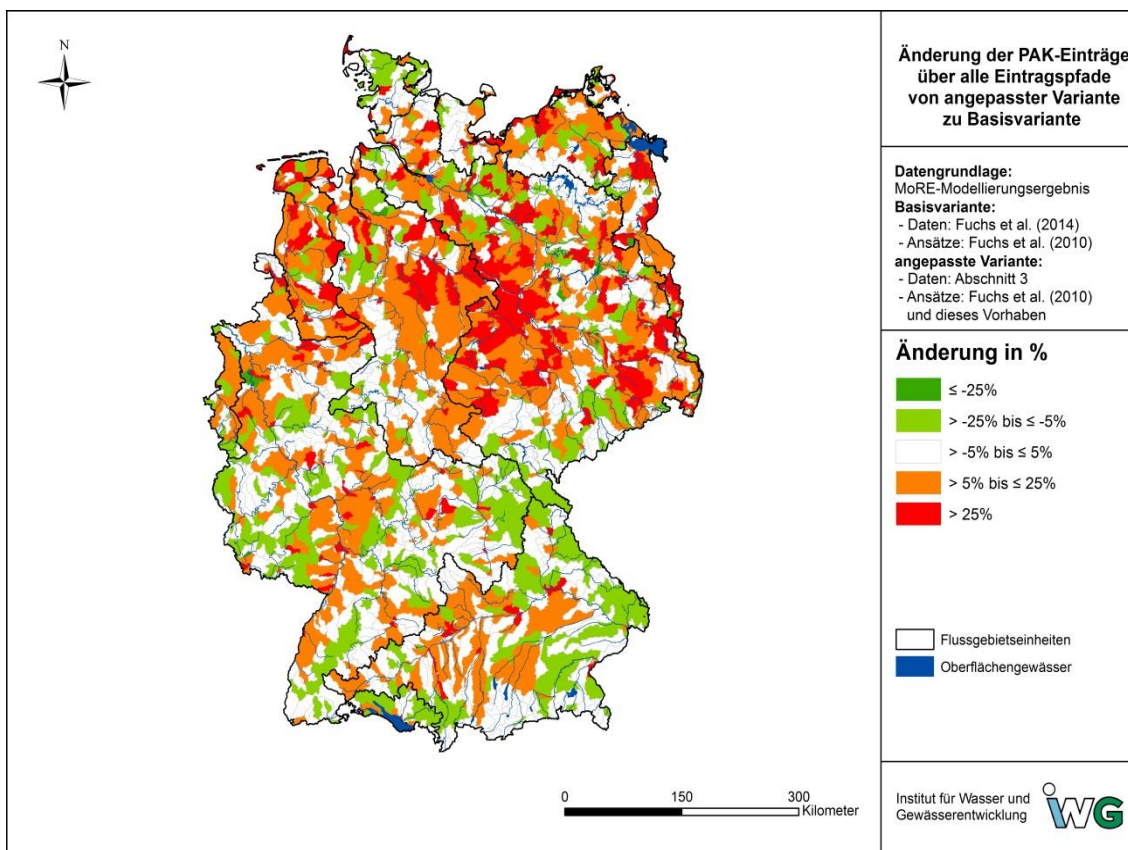


Abbildung 77: Änderung der PAK₁₆- Gesamteinträge von angepasster Variante zur Basisvariante im Jahr 2010 in Deutschland



6.2 Validierung der Ergebnisse

Zur Validierung der Modellergebnisse werden aus den bilanzierten Stoffeinträgen in die Gewässer Gewässerfrachten abgeleitet. Diese werden den beobachteten Gewässerfrachten gegenübergestellt. Die hierfür verwendeten Daten sowie die Herleitung der beobachteten Gewässerfrachten wird in Abschnitt 8 detailliert erläutert.

Als statistische Güteparameter wurden zur Beurteilung der Plausibilität der modellierten Einträge und Frachten

- die systematische Abweichung (BIAS),
- die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler (RMSE) sowie
- der Modelleffizienzkoeffizient nach Nash-Sutcliffe (Nash und Sutcliffe 1970)

herangezogen.

Eine umfassende Validierung der Modellergebnisse kann allerdings derzeit nur für die Nährstoffe durchgeführt werden, da für diese die gewässerinternen Retentionsprozesse nach (Venohr et al. 2008) berücksichtigt werden können.

Für die Schwermetalle war eine Anpassung der empirischen Retentionsfaktoren im Rahmen dieses Vorhabens nicht möglich. Daher werden bei diesen Stoffen die modellierten Stoffeinträge den beobachteten Gewässerfrachten ohne Berücksichtigung der Retentionsprozesse im Gewässer gegenübergestellt.

Für die PAK erfolgt kein Vergleich modellierter und beobachteter Gewässerfrachten, da sich die modellierten Einträge auf PAK₁₆ beziehen aber die Gütedaten nur für PAK₉ vorliegen. Zudem müssten ähnlich wie bei den Schwermetallen Retentionsfaktoren neu ermittelt werden.

In Abbildung 78 und Abbildung 79 ist der Vergleich zwischen beobachteten und modellierten Gewässerfrachten für Nährstoffe und Schwermetalle an den Auslässen der AU jeweils für die sechs Einzeljahre für den Zeitraum 2006-2011 dargestellt. Innerhalb der 1:1-Linie wird der Bereich der Abweichung $\pm 50\%$ dargestellt.

Die modellierten N-Gewässerfrachten streuen eher unterhalb der 1:1-Linie, was bedeutet, dass die modellierten Gewässerfrachten tendenziell niedriger sind als die beobachteten. Die modellierten P-Gewässerfrachten streuen gleichmäßig um die 1:1-Linie. Die Abweichungen zwischen beobachteter und modellierter Gewässerfracht sind dabei für Gütemessstellen mit einem kleineren Einzugsgebiet größer als für die größerer Einzugsgebiete. Die Modelleffizienz ausgedrückt im Nash Sutcliffe ist für beide Stoffe mit über 0,9 sehr hoch. Eine Zusammenstellung der statistischen Güteparameter ist in Tabelle 48 zu finden.

Insgesamt kann eine gute Übereinstimmung der beobachteten und modellierten Nährstoff-Gewässerfrachten festgestellt werden.

Abbildung 78: Vergleich modellierter und beobachteter Gewässerfrachten für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011 für Nährstoffe

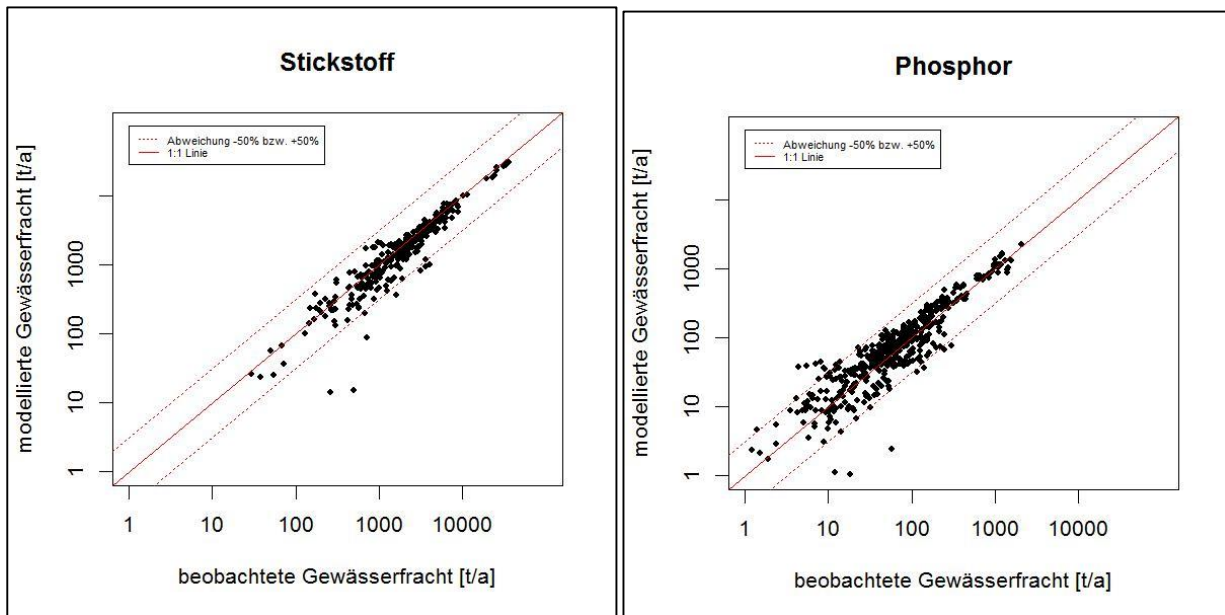


Tabelle 48: Statistische Güteparameter für Nährstoffe

Stoff	Einzeljahre von - bis	Anzahl Gütemessstellen	Mittel beobachtet [t/a]	Mittel modelliert [t/a]	BIAS [t/a]	RMSE, [t/a]	Nash Sutcliffe
Stickstoff	2006-2011	63	3209	2722	488	1138	0,95
Phosphor	2006-2011	96	156	168	-12	74	0,93

Da bei den Schwermetallen für den Vergleich von modellierten Einträgen mit den an Gütepegeln beobachteten Gewässerfrachten die gewässerinterne Retention nicht berücksichtigt werden konnte, sind die modellierten Einträge von Blei, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink tendenziell höher als die Gewässerfrachten (Abbildung 79). Für einige Metalle wie bei Blei, Chrom, Nickel und Zink zeigt sich eine Streuung deutlich über dem Abweichungsbereich von + 50 %. Bei Cadmium und Quecksilber wird diese Tendenz nicht beobachtet, dort streuen die Werte gleichmäßig um die 1:1-Linie.

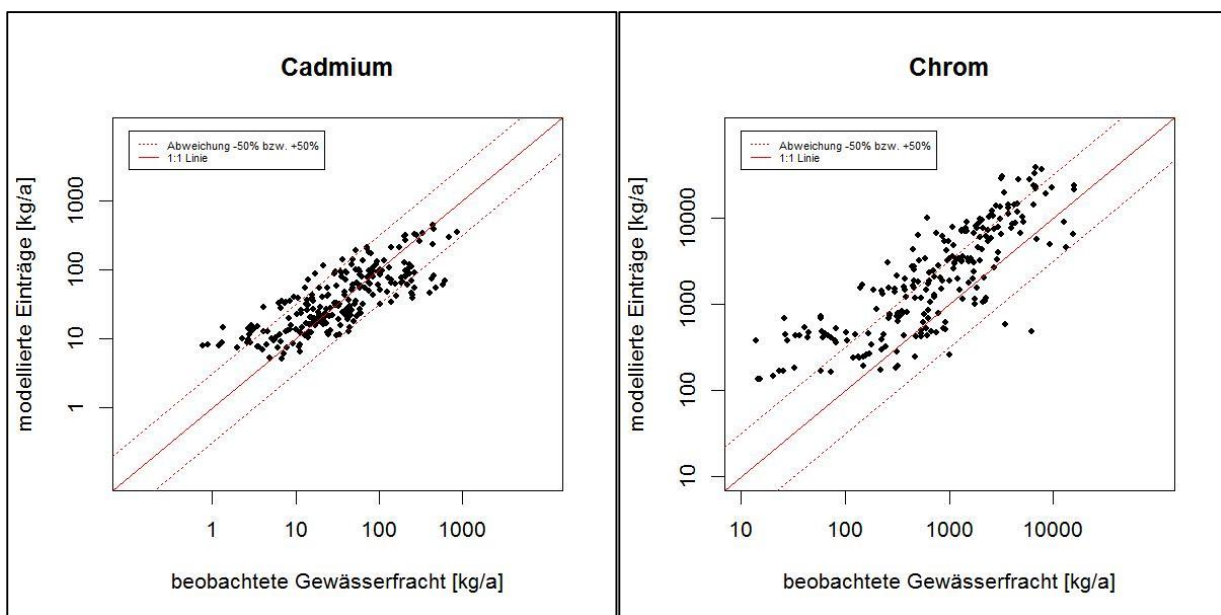
Die Gründe für die unregelmäßige Streuung liegen zum einen in der fehlenden Betrachtung der gewässerinternen Prozesse. Zum anderen sind sie auf die Unsicherheiten sowohl bei der Eintragsmodellierung als auch bei den Gütedaten, die für die Bilanzierung der Frachten herangezogen werden, zurück zu führen. Zum Teil liegen die gemessenen Konzentrationen unterhalb der BG. Hauptsächlich betroffen sind Cadmium und Quecksilber. In diesen Fällen wurde, analog zu den Eingangsdaten für die Eintragsberechnung, die halbe BG für die Frachtberechnung verwendet. Somit ist eine Überschätzung der beobachteten Gewässerfrachten aufgrund der BG-Problematik nicht auszuschließen. Bei den Schwermetallen Cadmium und Quecksilber sind teilweise große Unsicherheiten in den Eingangsdaten für die Berechnung der Stoffeinträge zu verzeichnen. Diese beruhen hauptsächlich auf der anspruchsvolleren Analytik für diese Stoffe, da diese in geringeren Konzentrationen als die anderen modellierten Schwermetalle in der Umwelt vorkommen. Die verbesserten BG bei der Analytik von Quecksilber

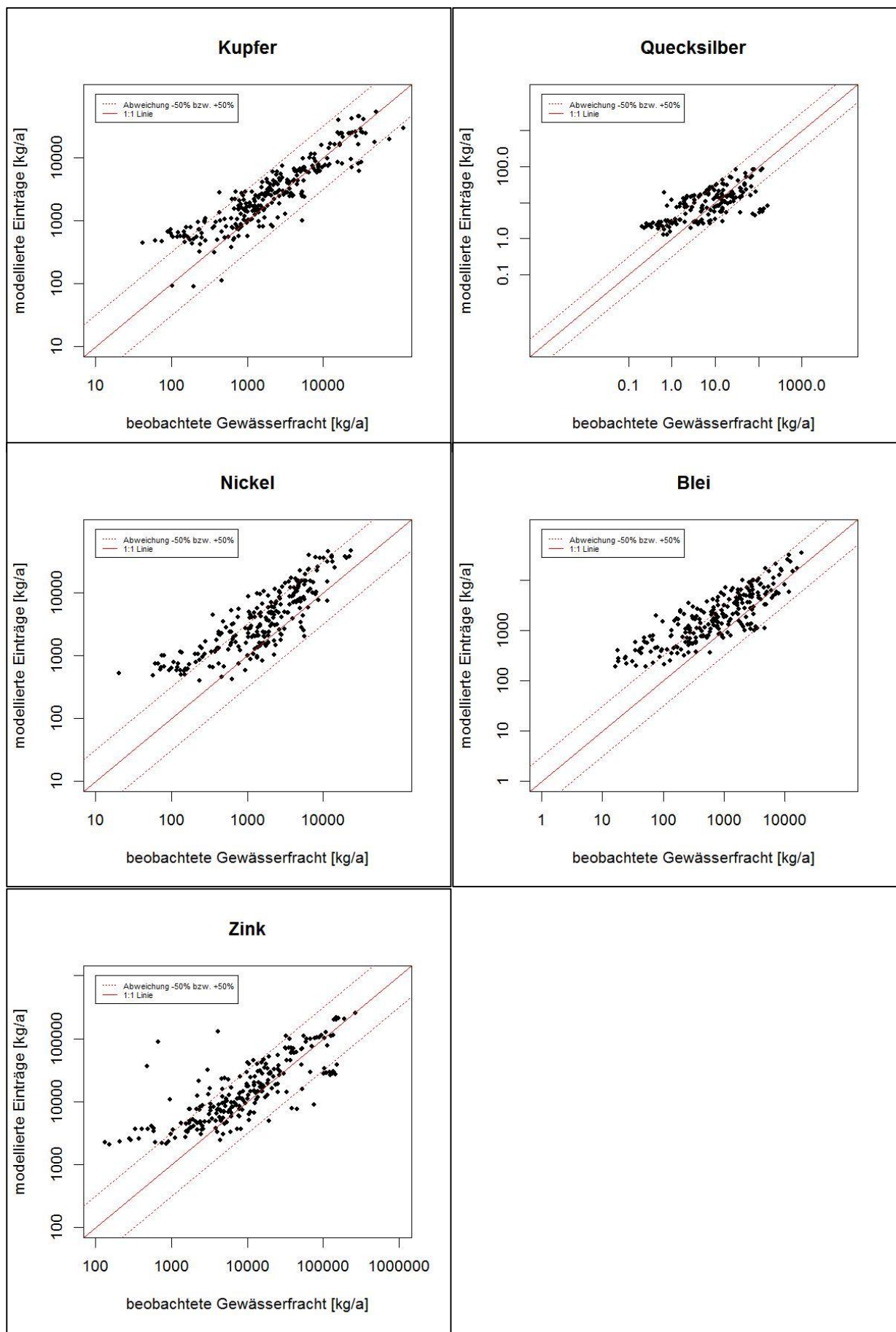
in den neueren Untersuchungsprogrammen zeigte, wie signifikant und maßgebend diese Größe für die daraus abgeleiteten Daten ist. Ein markantes Beispiel dafür sind die abgeleiteten Quecksilber-Kläranlagenablaufkonzentrationen, die um den Faktor 100 niedriger liegen, als jene in Fuchs et al. (2010a) verwendeten. Daraus resultiert eine völlig neue Gewichtung der Eintragspfade untereinander und gleichzeitig stellt sich die Frage, wie zuverlässig die verwendeten Eingangsdaten für anderen Eintragspfade sind. Es ist davon auszugehen, dass einzelne Eintragspfade in der Modellierung weiterhin überschätzt werden so wie es für die kommunalen Kläranlagen der Fall war.

Es sind insbesondere Defizite in den Eingangsdaten für alle Schwermetalle bei der fehlenden Regionalisierung der Eingangsdaten für die Pfade Grundwasser und Dränagen festzustellen (Fuchs et al. 2013d)

Je nach Gewichtung der einzelnen Eintragspfade für die Schwermetalle können Über- oder Unterschätzung in der Eintragsmodellierung und bei den gemessenen Gewässerfrachten unterschiedliche Auswirkungen zeigen.

Abbildung 79: Gegenüberstellung der modellierten Einträge und der beobachteten Gewässerfrachten für die Einzeljahre im Zeitraum 2006-2011 für Schwermetalle (Fortsetzung auf nächster Seite)





6.3 Ergebnisse der Maßnahmenberechnungen

Die Darstellung der Ergebnisse der Maßnahmenberechnungen erfolgt beispielhaft für das Jahr 2010. Dieses Jahr bildet mit einem durchschnittlichen Niederschlag von 106 % des 30ig jährigen Mittels (1981-2010) für Deutschland die mittleren hydrologischen Verhältnisse sehr gut ab (DWD 2013) und ist gleichzeitig ein vergleichsweise aktuelles Jahr.

Die Beschreibung der Maßnahmen sowie ihre Abbildung in MoRE ist den Maßnahmensteckbriefen (Abschnitt 10.2) zu entnehmen. Änderungen hinsichtlich der getroffenen Annahmen wie bspw. Wirksamkeiten können in MoRE mit wenig Aufwand integriert werden.

6.3.1 Ergebnisse der Maßnahmen aus dem urbanen Bereich

6.3.1.1 Maßnahmen in Bezug auf Nährstoffe

6.3.1.1.1 Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen

Eine ausführliche Beschreibung dieser Maßnahme befindet sich im Maßnahmensteckbrief (Abschnitt 10.2.1.1) sowie in Abschnitt 4.2.2.1.

Mit Umsetzung dieser Maßnahme kann deutschlandweit ca. die Hälfte des Abwassers der ca. 677.000 nur an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner zusätzlich in einer kommunalen Kläranlage behandelt werden. Davon können ca. 80 % (ca. 295.000 Einwohner) an Kläranlagen ≥ 2.000 EW angeschlossen werden. Aus der Umsetzung dieser Maßnahme resultiert eine Eintragsminderung für Kanalisationssysteme gekoppelt mit einer Erhöhung der Einträge über Kläranlagen. Die über Kanalisationssysteme emittierte Nährstofffracht vermindert sich für N um 11 % und für P um 9 %. Gleichzeitig steigt die über den Pfad Kläranlagen eingetragene Nährstofffracht um 0,4 % für N bzw. 0,7 % für P (Tabelle 49). Da die Kläranlagen hinsichtlich der Nährstoffeinträge jedoch relevanter als die Kanalisationssysteme sind, kommt es letztendlich trotz einer deutlichen Verringerung der Einträge über Kanalisationssysteme, zu einer eher bescheidenen Verringerung der Einträge insgesamt (ca. 2 %) (Abbildung 80). Nichtsdestotrotz kann die Maßnahme besonders in Thüringen und Sachsen von Relevanz sein (Abbildung 81).

Tabelle 49: Modellerte Phosphor- und Stickstoff-Einträge für die Eintragspfade Kläranlage und Kanalisationssysteme bei Umsetzung der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“

	Phosphor-Einträge [t/a]		Stickstoff-Einträge [t/a]	
	Kläranlagen	Kanalisationssysteme	Kläranlagen	Kanalisationssysteme
Ausgangssituation	7.140	3.770	82.500	24.100
Erhöhung des Anschlussgrades	7.190	3.470	82.800	21.800
Veränderung %	0,7	-9	0,4	-11

Abbildung 80: Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch die Maßnahmen „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ beim Eintragspfad Kanalisationssysteme und kommunale Kläranlagen für Phosphor und Stickstoff (Bilanzierungsjahr 2010)

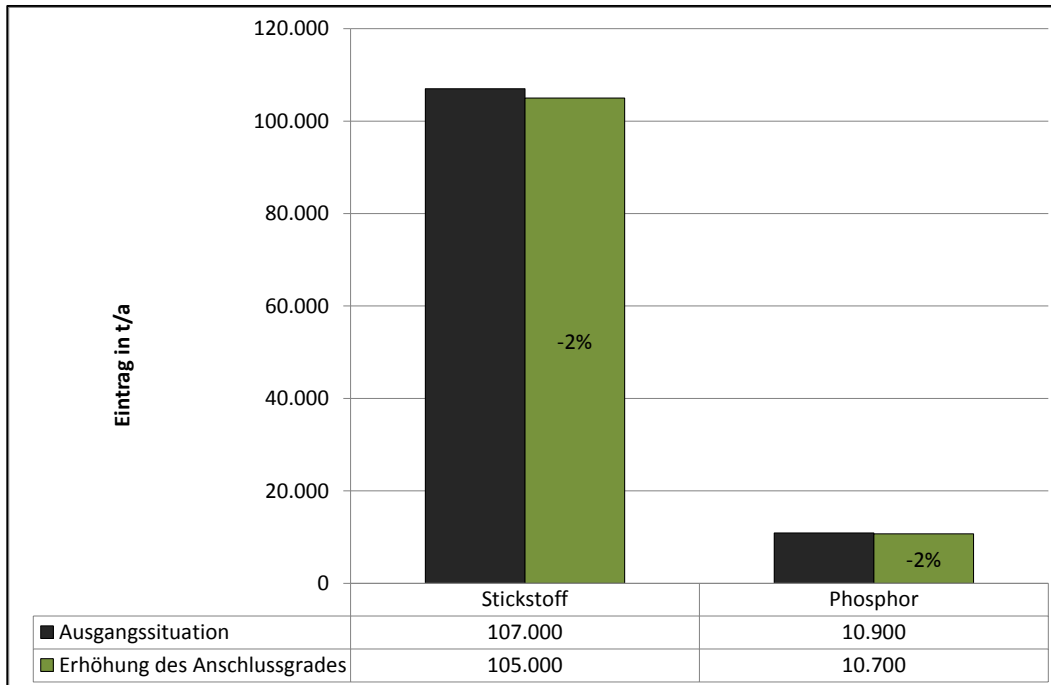
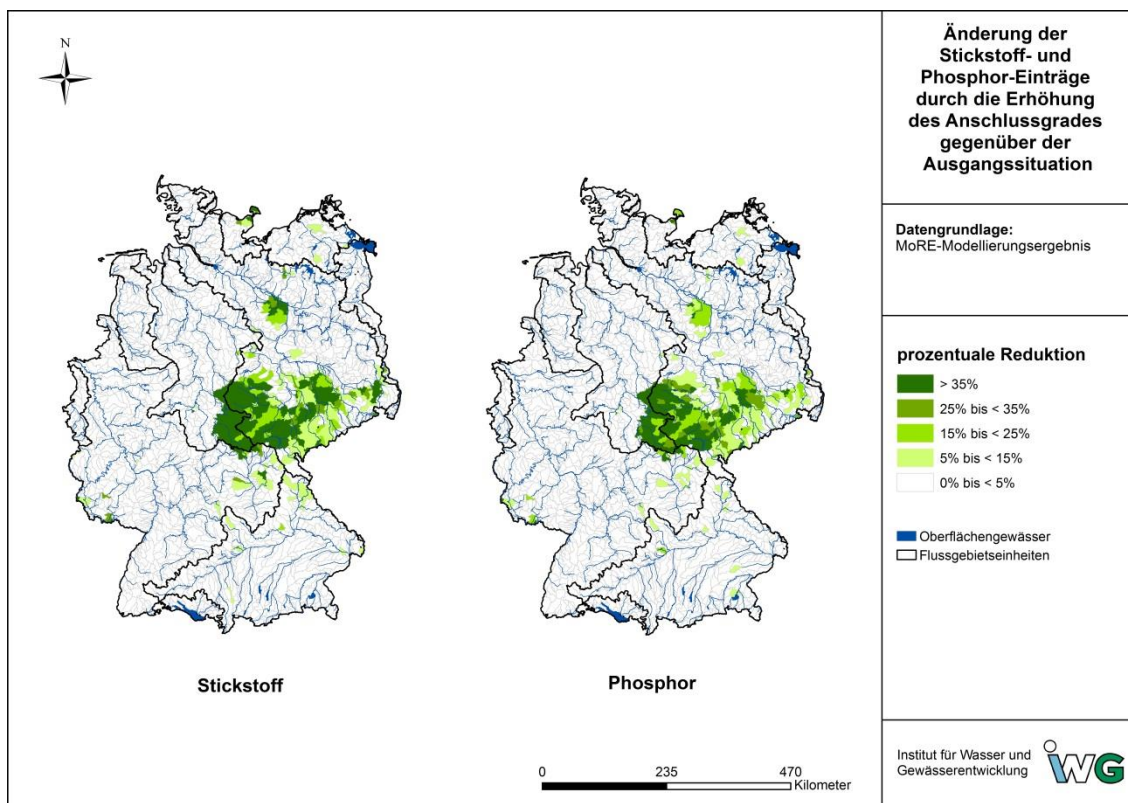


Abbildung 81: Regionale Bedeutung der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ hinsichtlich Nährstoffeinträge über kommunale Kläranlagen



6.3.1.1.2 Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen

Eine ausführliche Beschreibung dieser Maßnahme befindet sich im Maßnahmensteckbrief (Anhang 10.2.1.2) sowie Abschnitt 4.2.1.1.

Die für die größenklassenspezifische Berechnung der Eintragsreduktionspotenziale verwendeten Nährstoffzielkonzentrationen der Kläranlagen sind in Anhang 10.2.1.2 zu finden.

Abbildung 82 stellt für Gesamtdeutschland die Reduktionspotenziale dieser Maßnahme für N und P dar. Die Modellierung der Maßnahme führt zu sehr ähnlichen Reduktionspotenzialen für die beiden Stoffe. Mit dem ersten Quartil als Zielkonzentration kann für beide Nährstoffe deutschlandweit potentiell eine Eintragsreduktion von 44 % erreicht werden. Mit dem Median als Zielkonzentration, werden noch 24 % Reduktion des Nährstoffeintrags über kommunale Kläranlagen erreicht, bei dem dritten Quartil sind es ca. 10 %.

Abbildung 82: Reduktionspotenzial der modellierten Einträge mit der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ für Phosphor und Stickstoff, Bilanzierungsjahr 2010

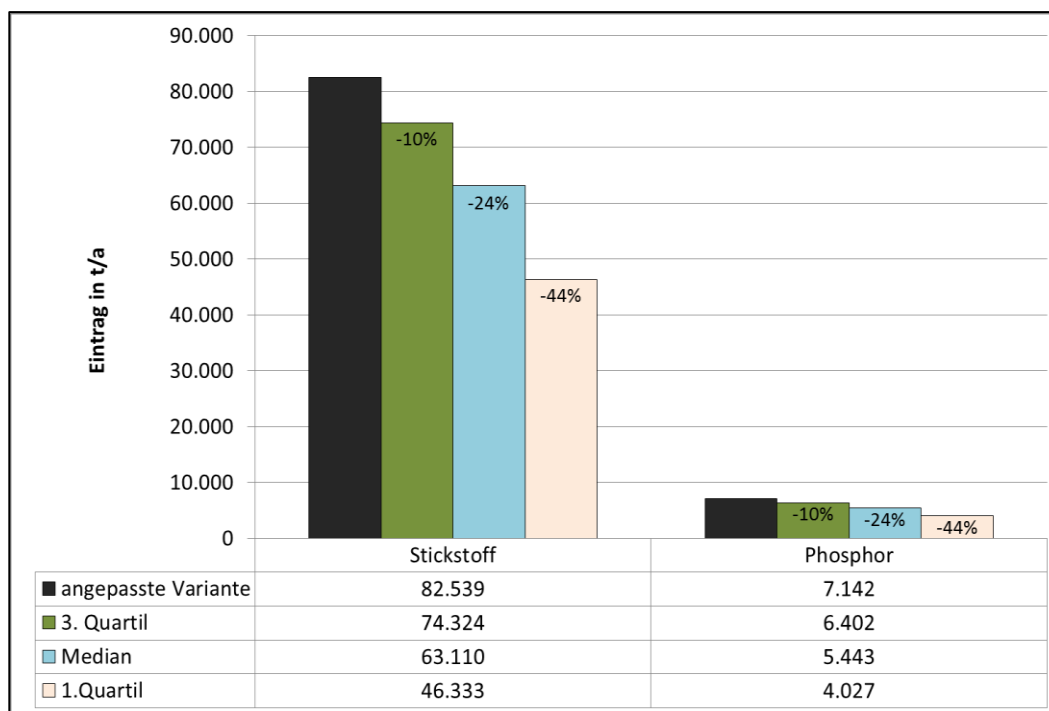


Abbildung 83 und Abbildung 84 stellen die räumliche Verteilung der Änderung der Nährstoff-Einträge nach Umsetzung der Maßnahme der Ausgangssituation gegenüber.

Abbildung 83: Änderung der Stickstoffeinträge über Kläranlagen durch die Maßnahmenvarianten zur „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ gegenüber der Ausgangssituation

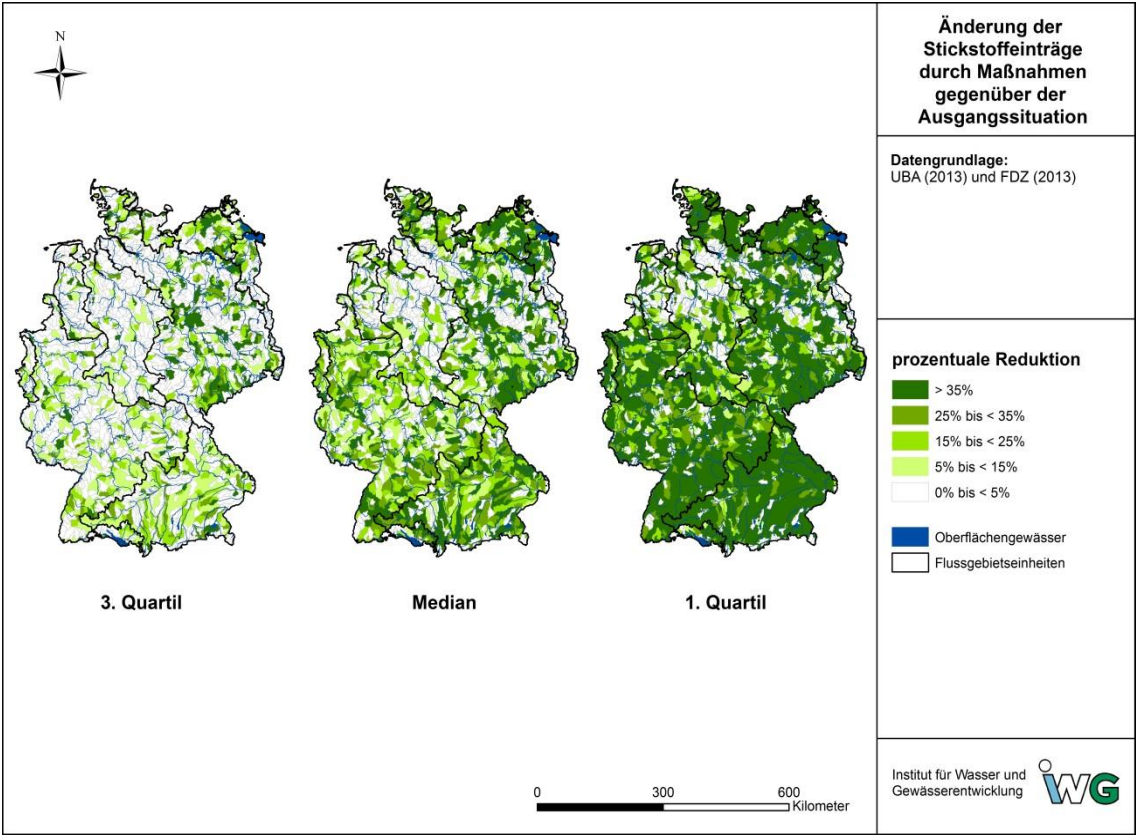
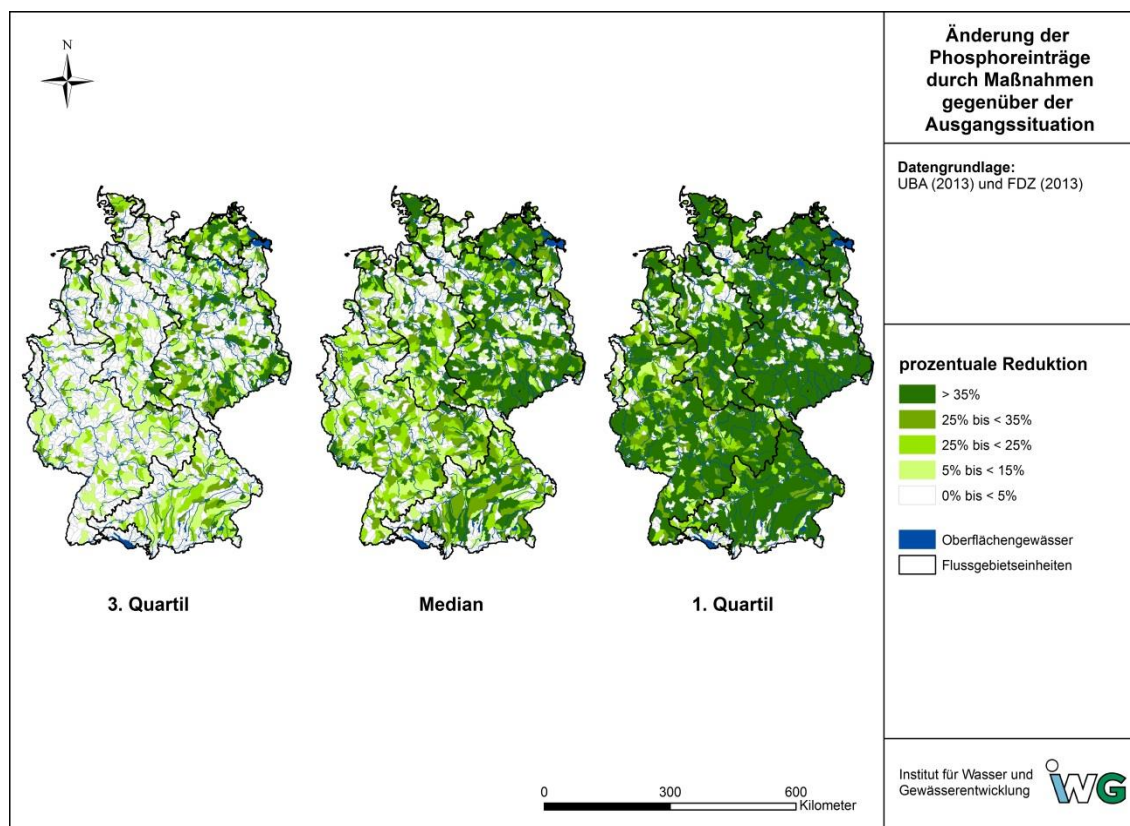


Abbildung 84: Änderung der Phosphoreinträge über Kläranlagen durch die Maßnahmenvarianten zur „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ gegenüber der Ausgangssituation



6.3.1.2 Maßnahmen in Bezug auf Schwermetalle

Eine ausführliche Beschreibung dieser Maßnahmen befindet sich im Maßnahmensteckbrief (Anhang 10.2.1.3 bis 10.2.1.5) sowie in den Abschnitten 4.2.1.1, 4.2.2.2 bis 4.2.2.4.

6.3.1.2.1 Die Maßnahmen mit Bezug zu Schwermetallen wurden für den Eintragspfad modelliert. Maßnahmen in diesem Eintragspfad haben prinzipiell aller Stoffe, sie wurden in dem vorliegenden Vorhaben beispielhaft für die umgesetzt. Die Ergebnisse der Maßnahmenmodellierung sowie deren Ausgangssituation sind Abbildung 85 bis Abbildung 87 zu entnehmen. Die Analyse der Ergebnisse folgt in den folgenden untergeordneten Abschnitten „Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Mischsystem

6.3.1.2.2 „, „Neubau von Speichervolumen im Mischsystem

6.3.1.2.3 „ sowie „Reduzierung der versiegelten Flächen

“.

Abbildung 88 und Abbildung 89 stellen anhand von Cr und Zn die räumliche Verteilung der Änderung der Schwermetall-Einträge nach Umsetzung der Maßnahmen gegenüber der Ausgangssituation dar.

6.3.1.2.4 Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Mischsystem

Die Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit beinhaltet zwei optionale Komponenten:

- Verringerung der Oberflächenbeschickung in Durchlaufbecken (RÜB) durch geeignete Einbauten (Maßnahme „Schräglärer RÜB (Mischsystem)“) und
- Behandlung eines Teils des Mischwasserüberlaufs durch Bau von RBF zwischen Entlastungsbauwerk und Vorfluter (Maßnahme „RBF Mischsystem“).

In Abbildung 85 bis Abbildung 87 ist das Reduktionspotenzial dieser Maßnahmen für die Schwermetalleinträge dargestellt. Die Modellierung der Maßnahmen „Schräglärer RÜB“ führt für alle Schwermetalle zu einer Reduktion der Einträge über diesen Eintragspfad von 7 % bis 8 %. Die Maßnahme „RBF (Mischsystem)“ hingegen führt zu einer Reduktion um 14 % bis 18 %. Trotz der hohen Wirksamkeit der Maßnahmen (60 % bzw. 95 %) fällt die Reduktion der Gesamteinträge über Kanalisationssysteme teilweise gering aus. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Maßnahmen nur im Mischsystem und dort nur bei Durchlaufbecken zur Anwendung kommen. Zudem wird bei der Maßnahme „RBF“ angenommen, dass nur die Hälfte des Mischwasserüberlaufs von Durchlaufbecken im RBF behandelt wird. Die Maßnahme „RBF“ ist die effektivste Maßnahme unter den gegebenen Modellannahmen.

Die größten Reduktionspotenziale für die beiden Maßnahmen sind in AU zu sehen, die einen hohen Anteil am Mischsystem als Entwässerungsart haben (Abbildung 88 und Abbildung 89).

6.3.1.2.5 Neubau von Speichervolumen im Mischsystem

In Abbildung 85 bis Abbildung 87 ist das Reduktionspotenzial der Maßnahme für die Schwermetalleinträge dargestellt. Hieraus ist ersichtlich, dass dieses je nach Schwermetall 7 % bis 8 % beträgt. Auch bei dieser Maßnahme ist die räumliche Verteilung durch den Modellansatz eng an AU gekoppelt, in denen das Mischsystem dominiert, der 100 %ige Ausbaugrad von 23,3 m³/ha jedoch noch nicht erreicht ist (Abbildung 88 und Abbildung 89).

6.3.1.2.6 Reduzierung der versiegelten Flächen

Das Reduktionspotenzial für die Maßnahme „Entsiegelung“ beträgt zwischen 6 % und 8 % (Abbildung 85 bis Abbildung 87). Dabei handelt es sich um eine gleichmäßig über Deutschland verteilte Reduktion (Abbildung 88 und Abbildung 89).

Abbildung 85: Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Chrom, Nickel und Blei (Bilanzierungsjahr 2010)

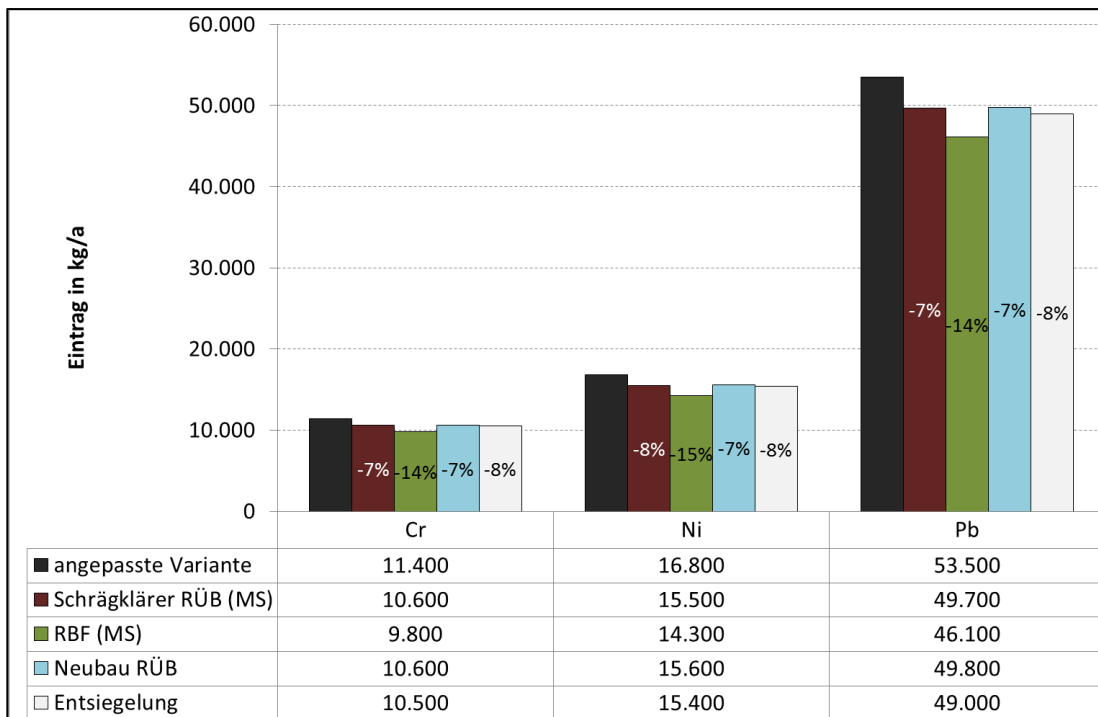


Abbildung 86: Reduktionspotenzial der modellierten Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Cadmium und Quecksilber (Bilanzierungsjahr 2010)

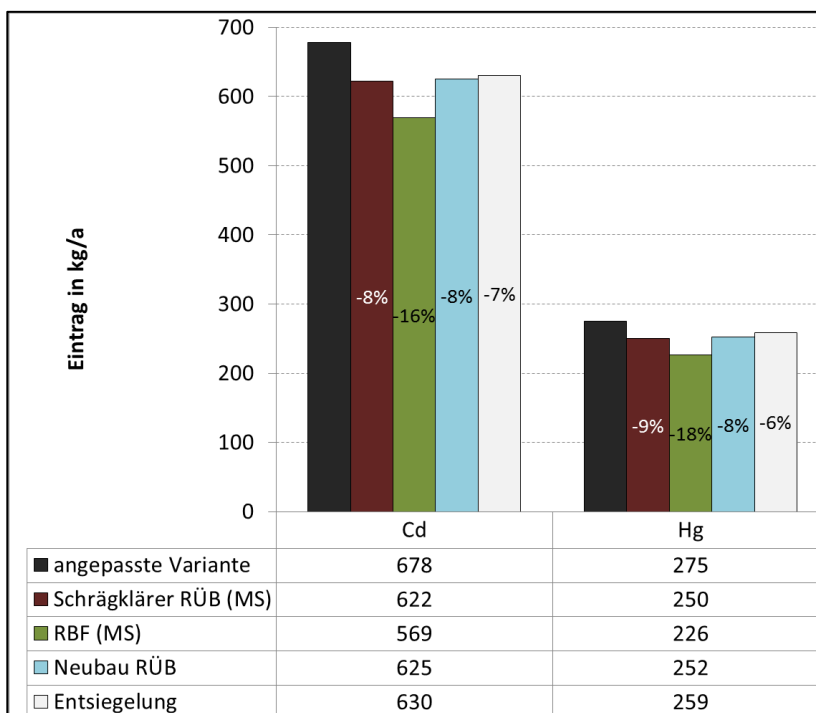


Abbildung 87: Reduktionspotenzial der modellierten durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme für Kupfer und Zink (Bilanzierungsjahr 2010)

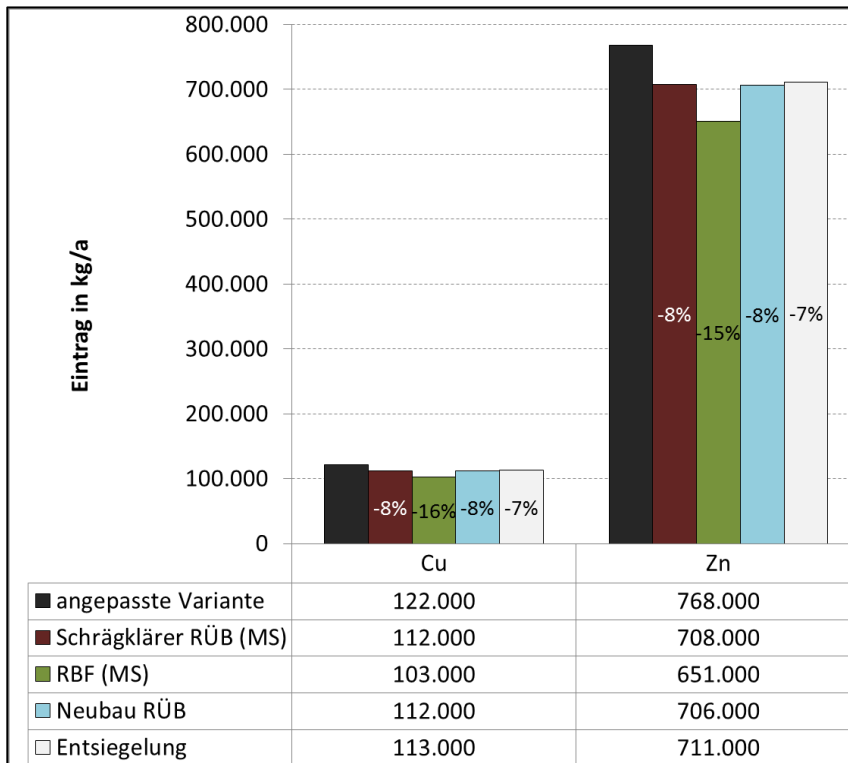


Abbildung 88: Änderung der Chrom-Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad Kanalisationssysteme gegenüber der Ausgangssituation

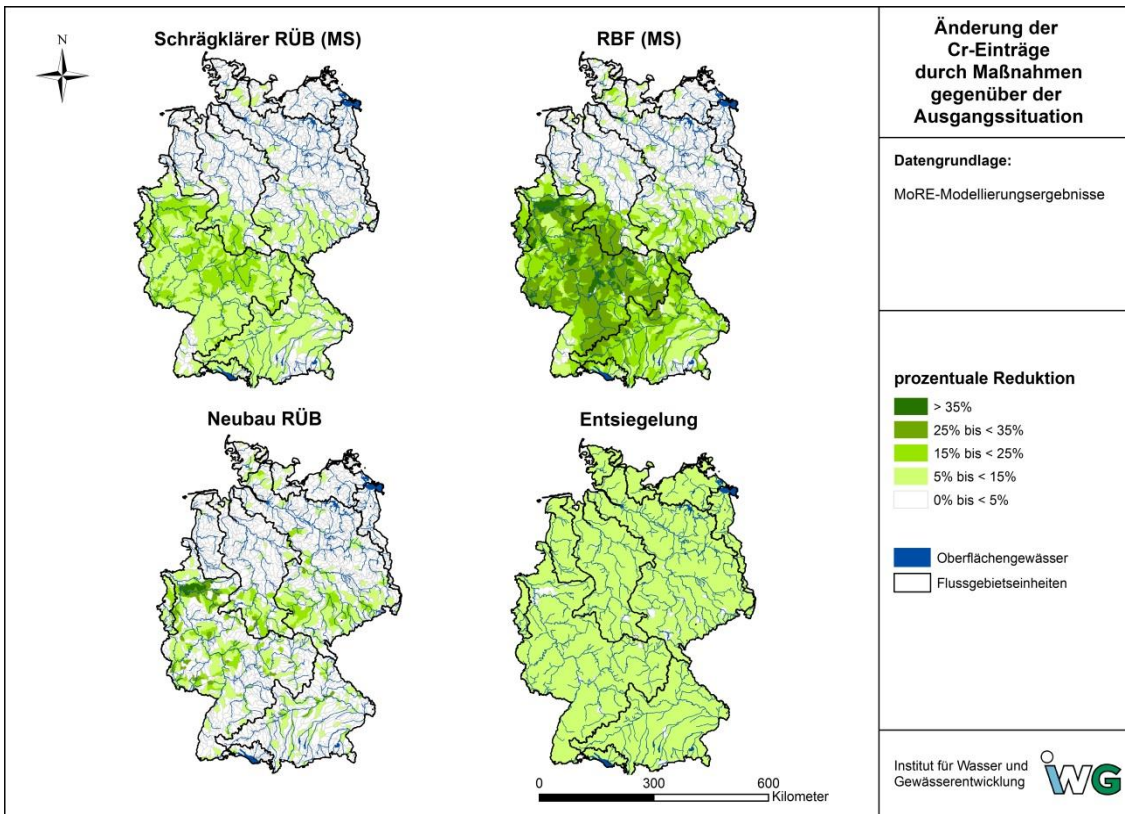
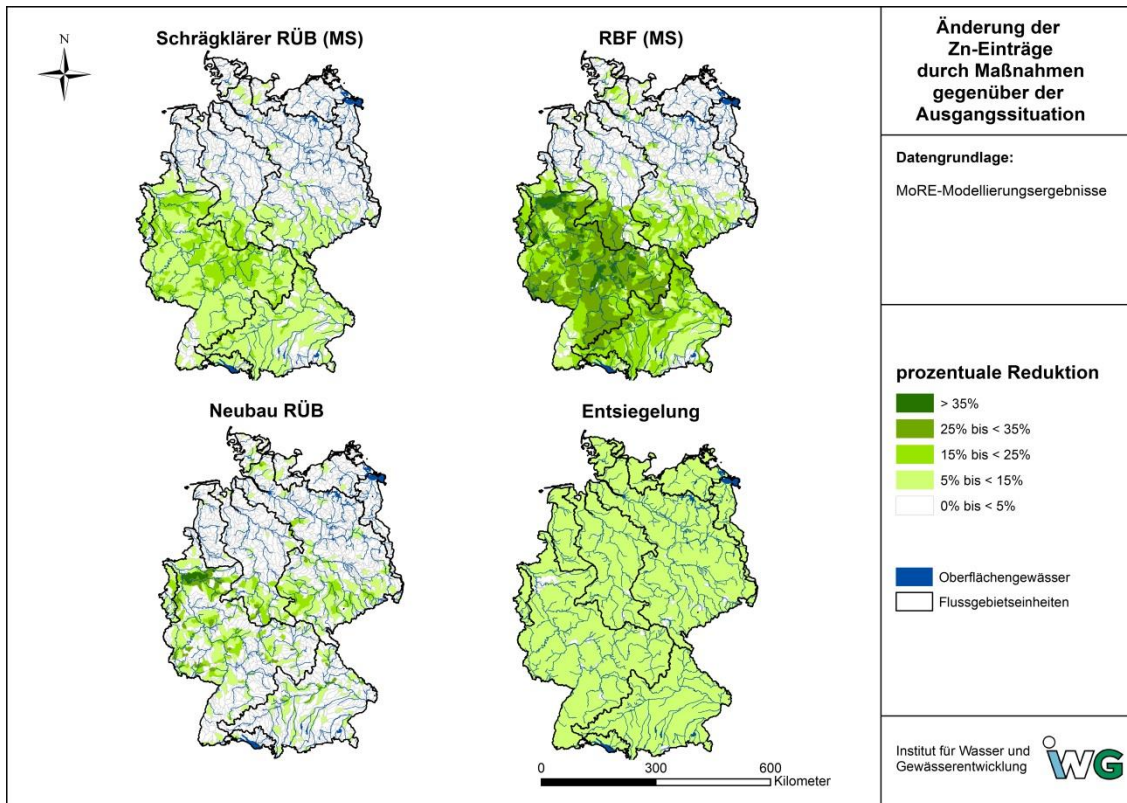


Abbildung 89: Änderung der Zink-Einträge durch Maßnahmen beim Eintragspfad
Kanalisationssysteme gegenüber der Ausgangssituation



6.3.1.3 Auswirkung auf Gesamteinträge und Zusammenfassung

6.3.1.3.1 Maßnahmen in Bezug auf Nährstoffe

Die Wirkung der Einzelmaßnahmen ist relevant im Hinblick auf die Gesamteinträge. Tabelle 50 fasst die prozentuale Reduktion der Gesamteinträge für die einzelnen Maßnahmen im Jahr 2010 zusammen, die sich auf die Reduktion der Schwermetalleinträge aus Kanalisationssystemen beziehen. Abbildung 90 und Abbildung 91 stellen die regionale Verteilung der Auswirkung der Maßnahmen für das Jahr 2010 dar.

Es ist ersichtlich, dass die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“ das niedrigste Potential hat. Für beide Nährstoffe liegt es unter 1 % in Bezug auf die Gesamteinträge für Deutschland. Regional betrachtet, sind die Regionen mit einem hohen Anteil an Einwohnern, die nur an die Kanalisation angeschlossen sind, deutlich ersichtlich (Abbildung 90 und Abbildung 91). In Thüringen wird in einigen Gebieten ein hohes Reduktionspotential > 10 % für die Nährstoffe erreicht, bei P resultieren lokal Reduktionspotentiale über 25 %. Die Wirkung dieser Maßnahme ist aber eindeutig lokal begrenzt und flächendeckend für Deutschland nicht zielführend. So konnte sie als überregional und strategisch wichtige Maßnahme zur Reduktion der Nährstoffeinträge in die Gewässer nicht identifiziert werden.

Bei der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“ wird mit dem 1.Quartil als Zielkonzentration das höchste Reduktionspotential erreicht, für N bis zu knapp 7 % Reduktion der Gesamteinträge und für P bis zu knapp 12 % (Tabelle 51). Bezogen auf die räumliche Verteilung der Einträge wird für N das größte Reduktionspotential im Rhein-Einzugsgebiet lokalisiert. Bei P handelt es sich neben dem Rhein auch um das Donau-Einzugsgebiet. In diesen Regionen liegt die prozentuale Reduktion der gesamten

Nährstoffeinträge oft über 15 %. Somit kann diese Maßnahme eindeutig als überregional wichtig angesehen werden.

Identische räumliche Verteilung ergibt sich mit dem Median als Zielkonzentration. Die Reduktionseffekte sind aber dementsprechend nicht so stark ausgeprägt und liegen in der Größenordnung unter 10 %, obwohl in einzelnen Gebieten auch höhere Potentiale erreicht werden können. Insgesamt ist festzustellen, dass die Maßnahme eine mäßige Wirkung zeigt, aber dafür überregional.

Bei dem 3. Quartil als Zielkonzentration wird nur in einzelnen Gebieten eine Reduktion der Nährstoff-Einträge über 5 % erreicht, so dass das Reduktionspotential dieser Maßnahme als nicht ausreichend für eine flächendeckende relevante Minderung der Nährstoff-Einträge zu bezeichnen ist.

Tendenziell lässt sich sagen, dass für P ein höheres Reduktionspotential als N für Maßnahmen im urbanen Bereich erreicht wird. Die Erklärung dafür besteht in der Relevanz der einzelnen Eintragspfade an dem gesamten Nährstoff-Eintrag. Bei N machen die kommunalen Kläranlagen und die Kanalisationssysteme etwa 21 % an dem Gesamteintrag aus, während ihr Anteil bei P mit 44 % mehr als doppelt so hoch ist (vgl. Abbildung 65). Dies spiegelt sich in den ausgewiesenen Reduktionspotentialen für die Maßnahmen für die beiden Stoffe wider (Tabelle 50). Für P liegen die Reduktionspotentialen für die betrachteten Maßnahmen um etwa den Faktor 2 höher.

Tabelle 50: Reduktionspotential der Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung für Stickstoff und Phosphor bezogen auf das Jahr 2010

Maßnahme	Stickstoff [t/a]	Phosphor [t/a]	Änderung Stickstoff [%]	Änderung Phosphor [%]
Basisvariante	539.000	26.200		
Erhöhung Anschlussgrad	537.000	26.000	-0,4	-0,8
Optimierung Betrieb Kläranlage 1. Quartil	503.000	23.100	-6,7	-11,8
Optimierung Betrieb Kläranlage Median	520.000	24.500	-3,5	-6,5
Optimierung Betrieb Kläranlage 3. Quartil	531.000	25.500	-1,5	-2,7

Abbildung 90: Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge durch Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung gegenüber der Ausgangssituation im 2010

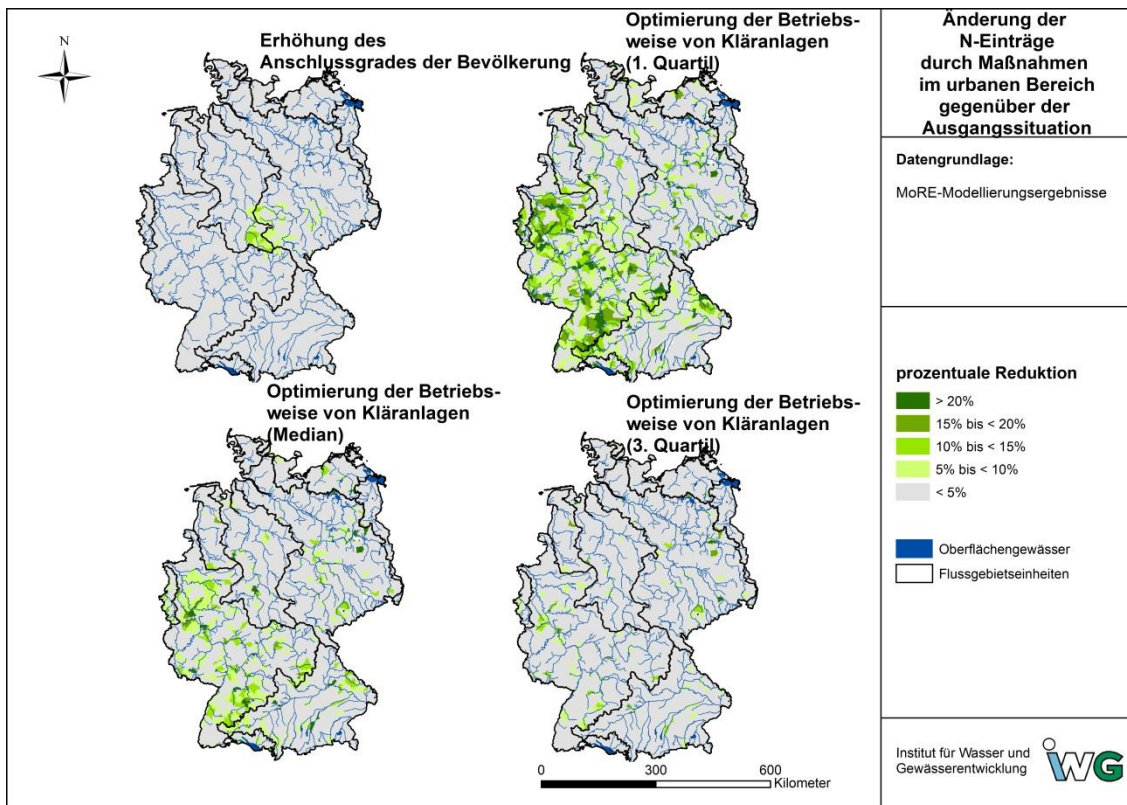
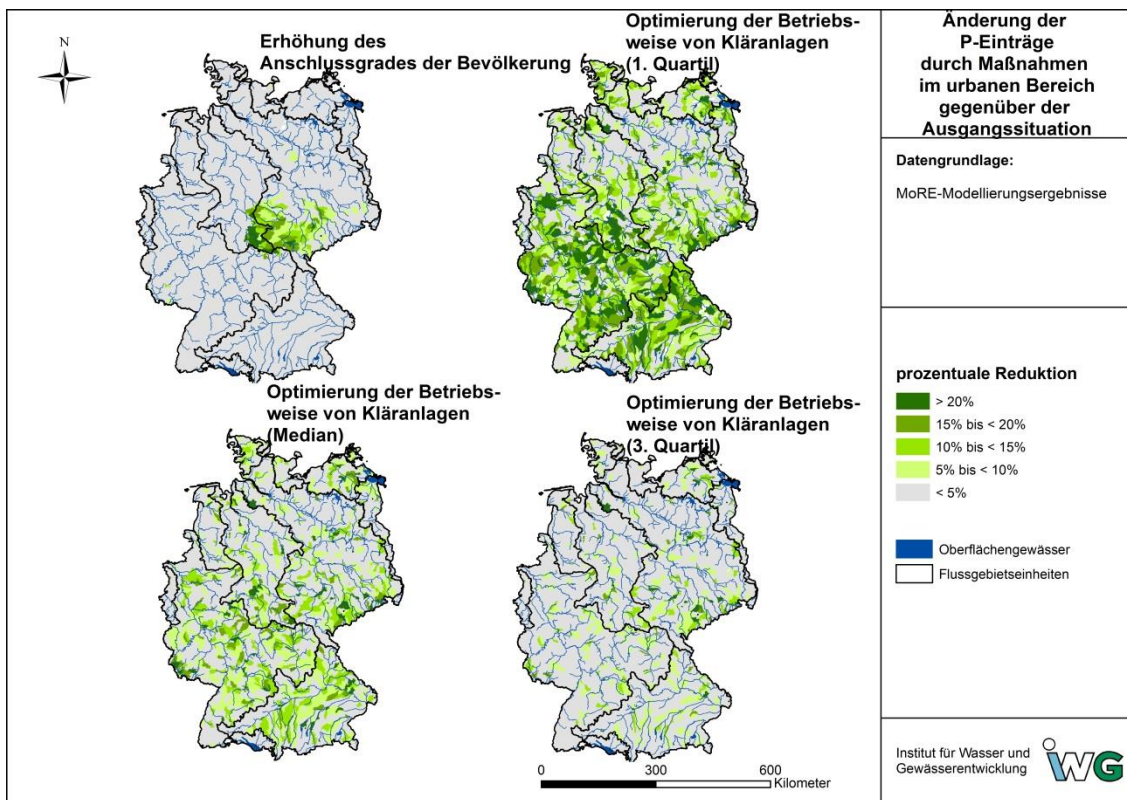


Abbildung 91: Änderung der Phosphor-Gesamteinträge durch Maßnahmen mit Bezug zur Abwasserreinigung gegenüber der Ausgangssituation im 2010



6.3.1.3.2 Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit

Im Hinblick auf die Gesamteinträge zeigen Tabelle 51 bis Tabelle 53 die mögliche prozentuale Reduktion für die einzelnen Maßnahmen im Jahr 2010 für Deutschland. Es ist ersichtlich, dass die Maßnahme „Retentionsbodenfilter (Mischsystem)“ das höchste Potential hat. Je nach Schwermetall liegt es bei ca. 1 % (Cd, Cr, Ni) bis max. 4 % (Cu, Zn) Reduktion in Bezug auf die Gesamteinträge (Tabelle 51 bis Tabelle 53). Die restlichen Maßnahmen wirken sich in einem geringeren Umfang auf die Gesamteinträge aus. Ihre räumliche Verteilung zeigt jedoch durchaus ein Potenzial bis zu 20 % in einzelnen AU.

Tendenziell lässt sich sagen, dass für Cu und Zn ein höheres Reduktionspotential als bei den restlichen Schwermetallen für Maßnahmen in Kanalisationssystemen erreicht wird. Die Erklärung dafür besteht in der höheren Relevanz dieses Eintragspfades an dem gesamten Schwermetall-Eintrag.

Abbildung 92 und Abbildung 93 stellen die regionale Verteilung der Auswirkung der Maßnahmen für das Jahr 2010 am Beispiel für Hg und Zn dar. Regional betrachtet, sind insbesondere die Agglomerationsräume von der Maßnahmenwirkung betroffen. Die Wirkung der Maßnahme „Retentionsbodenfilter“ kann als überregional eingestuft werden. Alle anderen Maßnahmen sind in ihrer Wirksamkeit lokal begrenzt und flächendeckend für Deutschland nicht zielführend.

Tabelle 51: Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Cadmium und Quecksilber im Jahr 2010

Szenario	Cadmium-Gesamteintrag [kg/a]	Quecksilber-Gesamteintrag [kg/a]	Reduktionspotential Cadmium [%]	Reduktionspotential Quecksilber [%]
Ausgangssituation	7.750	1.690	-	-
Schräglklärer RÜB (Mischsystem)	7.690	1.670	-1	-1
Retentionsbodenfilter (Mischsystem)	7.640	1.640	-1	-3
Neubau RÜB	7.700	1.670	-1	-1
Entsiegelung	7.710	1.680	-1	-1

Tabelle 52: Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Chrom, Nickel und Blei im Jahr 2010

Szenario	Chrom-Gesamteintrag [kg/a]	Nickel-Gesamteintrag [kg/a]	Blei-Gesamteintrag [kg/a]	Reduktionspotential Chrom [%]	Reduktionspotential Nickel [%]	Reduktionspotential Blei [%]
Ausgangssituation	313.000	578.000	312.000	-	-	-
Schräglklärer RÜB (Mischsystem)	312.000	576.000	308.000	0	0	-1
Retentionsbodenfilter (Mischsystem)	311.000	575.000	305.000	-1	-1	-2
Neubau RÜB	312.000	577.000	308.000	0	0	-1
Entsiegelung	312.000	577.000	308.000	0	0	-1

Tabelle 53: Reduktionspotential der Maßnahmen in Kanalisationssystemen für Kupfer und Zink im Jahr 2010

Szenario	Kupfer-Gesamteintrag [kg/a]	Zink-Gesamteintrag [kg/a]	Reduktionspotential Kupfer [%]	Reduktionspotential Quecksilber [%]
Ausgangssituation	461.000	2.560.000	-	-
Schräglklärer RÜB (Mischsystem)	451.000	2.500.000	-2	-2
Retentionsbodenfilter (Mischsystem)	442.000	2.450.000	-4	-4
Neubau RÜB	452.000	2.500.000	-2	-2
Entsiegelung	452.000	2.510.000	-2	-2

Abbildung 92: Änderung der Quecksilber-Gesamteinträge durch Maßnahmen in Kanalisationssystemen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010

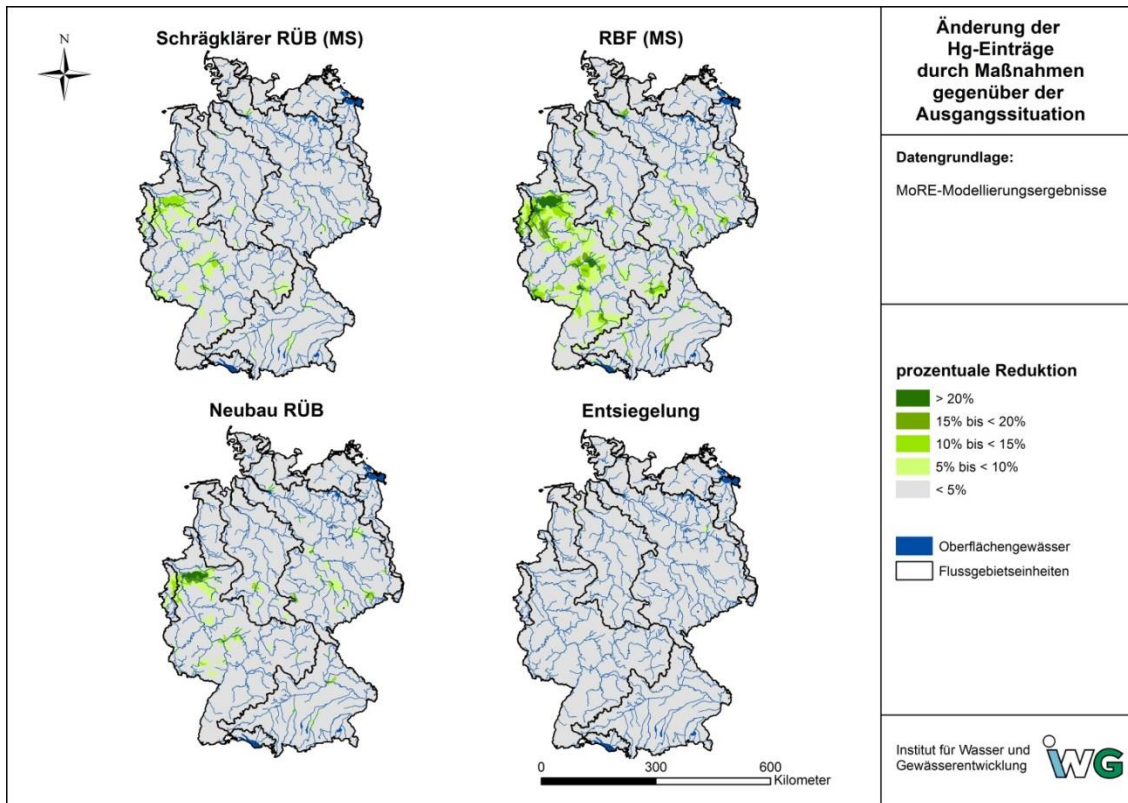
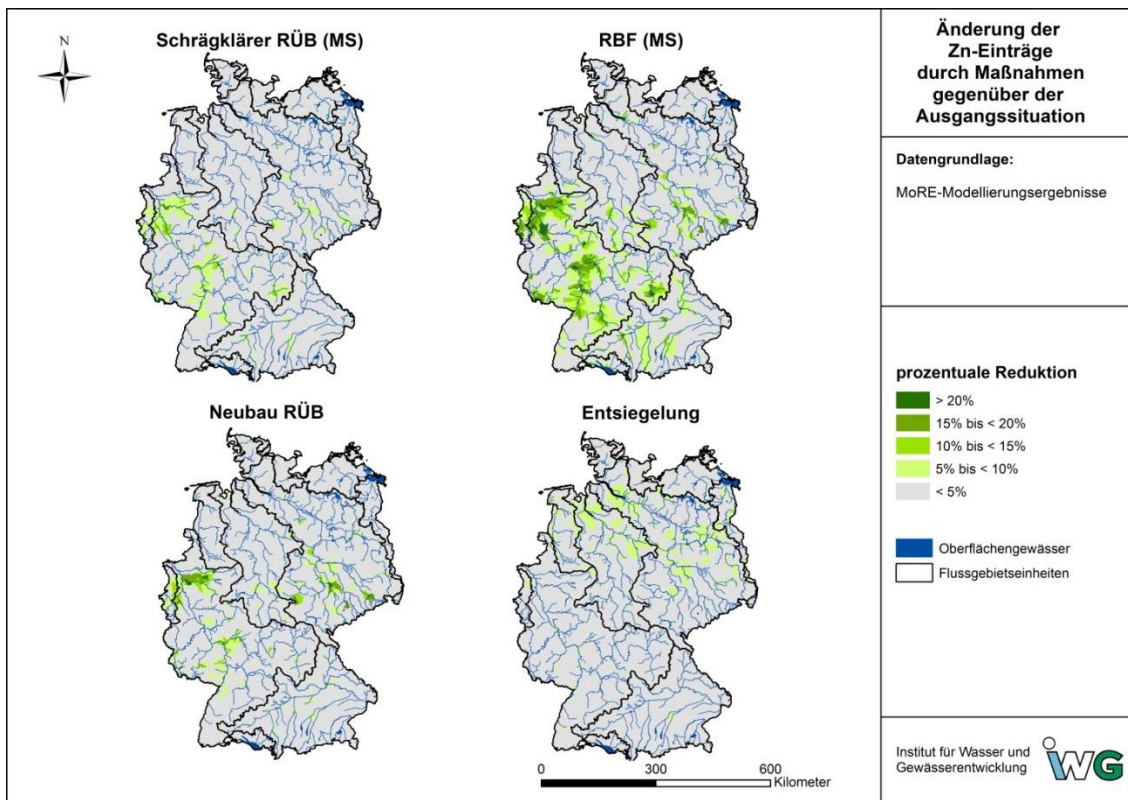


Abbildung 93: Änderung der Zink-Gesamteinträge durch Maßnahmen in Kanalisationssystemen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010



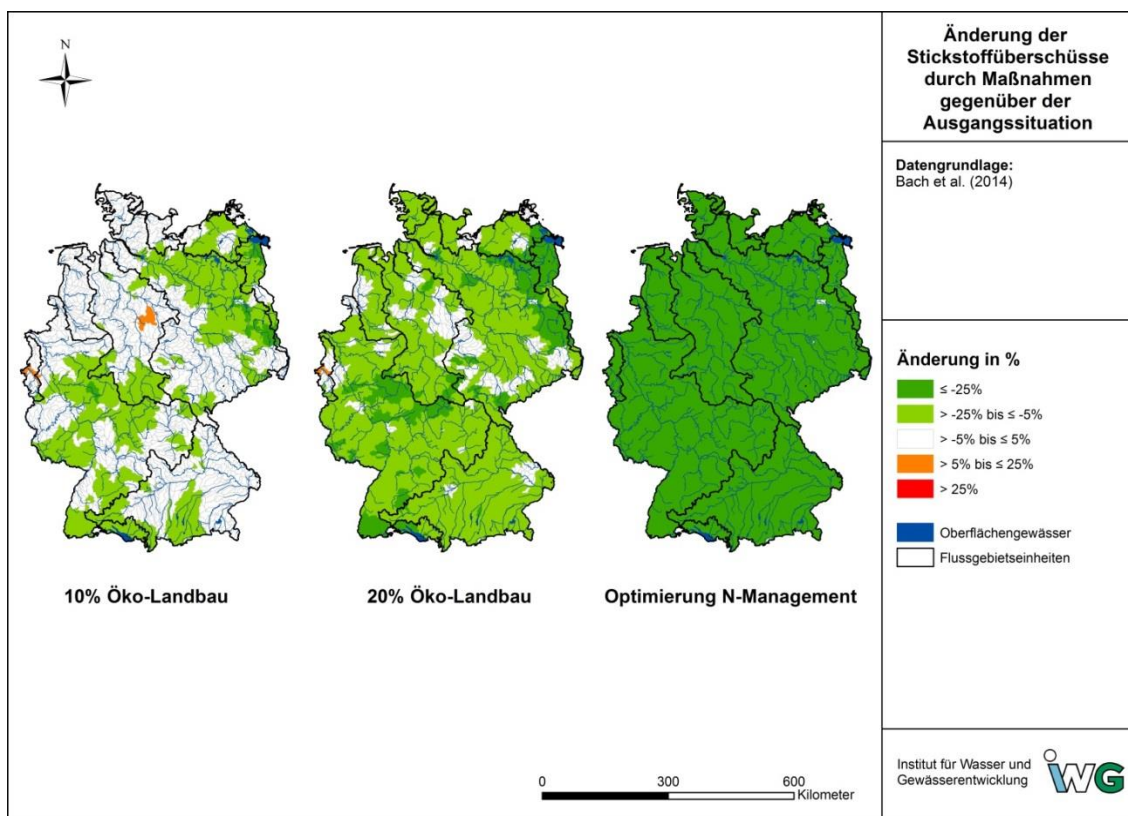
6.3.2 Ergebnisse der Maßnahmen aus dem landwirtschaftlichen Bereich

6.3.2.1 Stickstoffüberschuss

Für die Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich ist der N Überschuss die maßgebliche Größe. Die methodische Vorgehensweise zur Ermittlung der Wirkungen von ausgewählten Maßnahmen auf die Verminderung des Überschusses der N-Flächenbilanz 2009-2011 ist im Anhang 10.7 zusammengefasst.

Die aus den Maßnahmen „10 % bzw. 20 % Öko-Landbau“ und „Optimierung des Stickstoff-Managements“ resultierenden N-Überschüsse sind in Abbildung 94 der Ausgangssituation auf Kreisebene gegenübergestellt. Auffällig ist, dass in der räumlichen Verteilung die N-Überschüsse bei Umsetzung der Maßnahme teilweise zunehmen. Die Gründe dafür wurden im Abschnitt 3.3 näher erläutert.

Abbildung 94: Änderung der Stickstoff-Überschüsse durch Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich gegenüber der Ausgangssituation auf Ebene der Kreise



Die Ausgangssituation kann grundsätzlich nach zwei verschiedenen Ansätzen berechnet werden.

(1) Bei der ersten Methode werden als Mengengerüst zu Flächennutzung und Viehbestand die Ausgangsdaten der Agrarstatistik 2010 verwendet - ohne Aufteilung in konventionelle und ökologische Landwirtschaftsfläche. Für die Hektarerträge und die Mineraldüngermengen werden die Mittelwerte aus den Jahren 2009 bis 2011 verwendet, um die jährlichen Schwankungen in den Erträgen und der Mineraldüngermenge auszugleichen. Dieser Ansatz führt zu Ergebnissen, die praktisch identisch sind zum Eingangsdatum N-Überschuss im Mittel 2009-2011.

Der Vorteil liegt darin, dass der Unterschied zu den Ergebnissen des N-Überschuss im Mittel 2009-2011 sehr gering ist; im Mittel aller Kreise weniger als 0,1 % bzw. 0,05 kg N/ha LF. Die

verbleibenden geringfügigen Unterschiede sind darauf zurückzuführen, dass die Erträge und Mineraldüngung für drei Jahre gemittelt werden, während für Viehbestand und Flächennutzung nur die Zahlen des einen Jahres 2010 verwendet werden.

Der Nachteil ist, dass für die Maßnahmen 10 % / 20 % Öko-Landbau sich für einige Kreise stärkere positive Änderungen ergeben, d.h. Anstieg des N-Überschuss, was im Widerspruch zu den Erwartungen steht.

(2) Bei der zweiten Methode werden Mengengerüst zu Flächennutzung und Viehbestand sowie die Hektarerträge für jeden Kreis in konventionelle und ökologische Landwirtschaftsfläche „gesplittet“ (Erträge sind ebenfalls für drei Jahre gemittelt). Für beide Mengengerüste (konventionelle und ökologisch) werden die N-Überschüsse getrennt berechnet und für die Ausgangssituation anschließend summiert.

Der Vorteil: Dieser Ansatz ist konsistent zwischen Ausgangssituation und den beiden Maßnahmen „10 % bzw. 20 % Öko-Landbau“ und ergibt daher für (nahezu) alle Kreise einen Rückgang des N-Überschuss, was der Erwartung entspricht.

Der Nachteil: Die N-Überschüsse der Kreise in der Ausgangssituation sind im Mittel des Bundesgebietes zwar praktisch identisch mit den Ergebnissen das für Mittel 2009-2011, aber für eine Reihe von Kreisen treten größere Abweichungen auf (zwischen -15,1 und + 4,5 kg N/ha LF, entsprechend -29 % und +8,3 %). D.h. das regionale Muster der N-Überschüsse stimmt nur noch eingeschränkt mit der N-Bilanzierung nach der ersten Berechnungsmethode überein.

Die wesentliche Ursache für die Unterschiede in der Ausgangssituation (2) zu (1) ist die Annahme zur Spreizung der Hektar-Erträge zwischen konventionellen und ökologischen Flächen. Im Bundesdurchschnitt beträgt das Ertragsniveau im Öko-Landbau im Mittel aller Kulturen rd. 50 % des konventionellen Ertragsniveaus. Um die Hektar-Erträge für konventionell und ökologisch zu berechnen, wurden (i) zunächst die Ertragsangaben der Agrarstatistik für die ökologischen Flächen mit dem Faktor für die jeweilige Kulturart heruntergerechnet. Damit die Erntemengen der einzelnen Kulturarten im Bundesgebiet insgesamt aber unverändert bleiben, müssen (ii) anschließend die Hektar-Erträge für konventionell angepasst werden, d.h. etwas erhöht werden, damit gilt:

$$\text{Fläche}_{\text{gesamt}} * \text{Ertrag}_{\text{gesamt}} = \text{Fläche}_{\text{konv}} * \text{Ertrag}_{\text{konv}} + \text{Fläche}_{\text{öko}} * \text{Ertrag}_{\text{öko}}$$

mit

$$\text{Ertrag}_{\text{öko}} = \text{Ertrag}_{\text{gesamt}} * \text{Faktor} \quad (\text{rd. } 0,5)$$

$$\text{Ertrag}_{\text{konv}} = (\text{Fläche}_{\text{gesamt}} * \text{Ertrag}_{\text{gesamt}} - \text{Fläche}_{\text{öko}} * \text{Ertrag}_{\text{öko}}) / \text{Fläche}_{\text{konv}}$$

Dieser Faktor, mit dem der konventionelle Ertrag aus dem gesamten Ertrag hochskaliert wird, gilt streng genommen nur für diejenigen Gebietseinheiten, deren Nutzungsanteile ungefähr dem Verhältnis von rd. 94 % konventioneller und 6 % ökologischer Landwirtschaftsfläche im Bundesgebiet entsprechen.

Für die ökologischen Landwirtschaftsflächen wird generell ein sehr niedriger N-Überschuss berechnet, für die konventionellen Landwirtschaftsflächen dagegen ein N-Überschuss, der nur etwas höher liegt als nach (1) für die Landwirtschaftsflächen insgesamt. Summiert man nun die beiden N-Überschüsse (konventionell und ökologisch) und bezieht die Summe auf die gesamte Landwirtschaftsfläche, dann ist der resultierende N-Überschuss pro ha LF umso niedriger, je größer der Anteil der ökologischen Flächen ist.

In Kreisen mit einem unterdurchschnittlichen Anteil an ökologischer LF tritt der beschriebene Effekt in umgekehrter Richtung in Erscheinung: der N-Überschuss nach Ansatz (2) führt zu

(etwas) höherem N-Überschuss, da für die konventionellen LF (= nahezu die gesamte Fläche) höhere Erträge angesetzt werden; höhere Erträge verursachen gemäß der Annahmen zur N-Bilanzierung auch höhere Überschüsse.

Dahinter verbirgt sich das Problem, dass die Verminderung des mittleren Hektar-Ertrags in einem Kreis in den Ertragsangaben des StaBu nicht abgebildet wird, auch wenn die ökologischen Anbauflächen der betreffenden Kultur einen höheren Anteil erreichen. Mit anderen Worten: bei der bislang durchgeführten N-Bilanzierung für Kreise (ohne Differenzierung nach konventionell und ökologisch LF und deren spezifischen Hektar-Erträgen) wird der Überschuss-mindernde Effekt der Öko-LF auf den N-Überschuss mutmaßlich nicht in vollem Umfang erfasst, wenn ein Kreis deutlich mehr als die mittleren 6 % ökol. LF aufweist.

Gewählt wurde die erste Berechnungsmethode (1), da der Aspekt der Übereinstimmung der N-Überschüsse in der Ausgangssituation für die Maßnahmenberechnung mit den N-Überschüssen für die Erzeugung der Eingangsdaten in MoRE vorrangig erscheint. Die dann auftretende unplausible Zunahme für einige Kreise bei den Maßnahmen „10 % bzw. 20 % Öko-Landbau“ erschien vor diesem Hintergrund weniger relevant. Diese Zunahme kann in einigen Fällen (wie vorstehend erläutert) aus der Methodik erklärt werden und muss als methodischer Artefakte in Kauf genommen werden.

Insgesamt gesehen ist festzuhalten, dass die hier verwendete Methodik zur Abbildung von Maßnahmen, die eine Aufteilung des Mengengerüsts in zwei Fraktionen (konventionell und ökologisch) an „gesamt“ und anschließend die Verschiebung der Anteile der beiden Fraktionen erfordern, offensichtlich in einer Reihe von Fällen (Kreisen) zu inkonsistenten bzw. unplausiblen Ergebnissen führt. Das Instrument der N-Flächenbilanzierung, auf Basis der Daten der Agrarstatistik, ist für diese Aufgabe nur eingeschränkt aussagefähig; dafür fehlt es an einer belastbaren Datenbasis zum Mengengerüst der ökologischen Landwirtschaftsflächen für Regionalgliederung „Kreise“. Die Ergebnisse sollten vorrangig auf der nationalen Ebene für die Darstellung und vergleichende Interpretation der Größenordnung der Wirkung von Maßnahmen herangezogen werden, für regionalspezifische Aussagen sind sie nur eingeschränkt verwendbar.

Die Ergebnisse der Eintragsmodellierung in Bezug auf Dränagen sowie auf die Gesamteinträge sind den folgenden Abschnitten 6.3.2.2 bzw. 6.3.2.3 zu entnehmen.

Der Stickstoffüberschuss wirkt sich neben den Dränagen, wo er unmittelbar als Jahreswert in die Modellierung einfließt, auch auf die Einträge über Grundwasser aus. Diese wurden jedoch nicht modelliert, da sie sich aufgrund der sehr teilweise sehr langen Aufenthaltszeiten des Grundwassers in ferner Zukunft unter anderen sonstigen Bedingungen auswirken werden.

6.3.2.2 Stickstoff-Einträge über Dränagen

Für die Ausgangssituation werden für Deutschland N-Einträge über Dränagen von insgesamt 70.500 t/a berechnet. Nach Umsetzung der Maßnahme „10 % ökologischer Landbau“ werden die N-Einträge über Dränagen deutschlandweit um 3 % auf 68.500 t/a reduziert. Mit der Maßnahme „20 % ökologischer Landbau“ werden 63.300 t/a N-Einträge berechnet, die einer 10 %tigen Reduktion der Einträge gegenüber der Ausgangssituation entsprechen. Mit Umsetzung der Maßnahme der „Optimierung N-Management“ werden die Einträge über den Eintragspfad deutschlandweit um 27 % auf 51.500 t/a reduziert. Das entspricht einer Reduktion der Einträge um 19.000 t/a N. Somit ist das größte Reduktionspotenzial der abgebildeten landwirtschaftlichen Maßnahmen bei der Maßnahme „Optimierung N-Management“ zu identifizieren. Abbildung 95 und Abbildung 96 zeigen die regionalen Unterschiede des Ergebnisses.

Die regionale Verteilung hinsichtlich deren Auswirkung auf die Änderung der Einträge ist für die einzelnen Maßnahmen unterschiedlich (Abbildung 96). Die Maßnahme „10 % ökologischer

Landbau“ bewirkt in dem Großteil der AU keine Reduktion, die über 5 % liegt. Im Nordosten Deutschlands (Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg), im Saarland, in Teilen von Rheinland-Pfalz, Hessens und Süddeutschlands kann es zu Reduktionen bis 25 %, in Einzelgebieten Hessens, Mecklenburg-Vorpommerns und Brandenburgs teilweise bis zu 37 % kommen.

Die Maßnahme „20 % ökologischer Landbau“ bewirkt in einem Großteil der AU bereits eine Reduktion bis 25 %. Vereinzelt kommt es sogar zu Verminderungen von deutlich über 50 %.

Die Maßnahme „Optimierung N-Management“ bewirkt in fast allen AU merkbliche Reduktionen. Diese reichen von bis 5 % in einigen wenigen Gebieten in Ostbayern und Nordrhein-Westfalen bis zu 25 % in weiteren wenigen Gebieten Deutschlands. Im Großteil der AU kommt es sogar zu Verminderungen von deutlich über 25 % (mit Spitzenwerten um ca. 40 %).

Abbildung 95: Stickstoff-Einträge über Dränagen für die Ausgangssituation und nach Umsetzung landwirtschaftlicher Maßnahmen im Jahr 2010

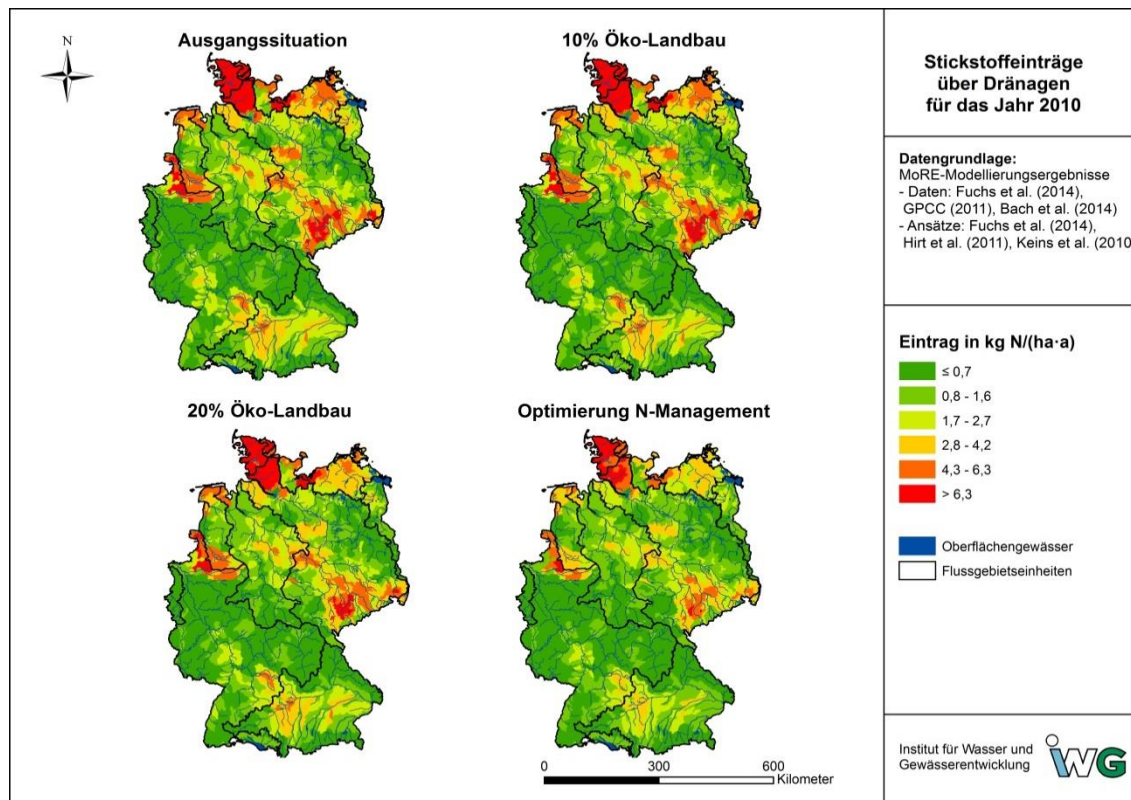
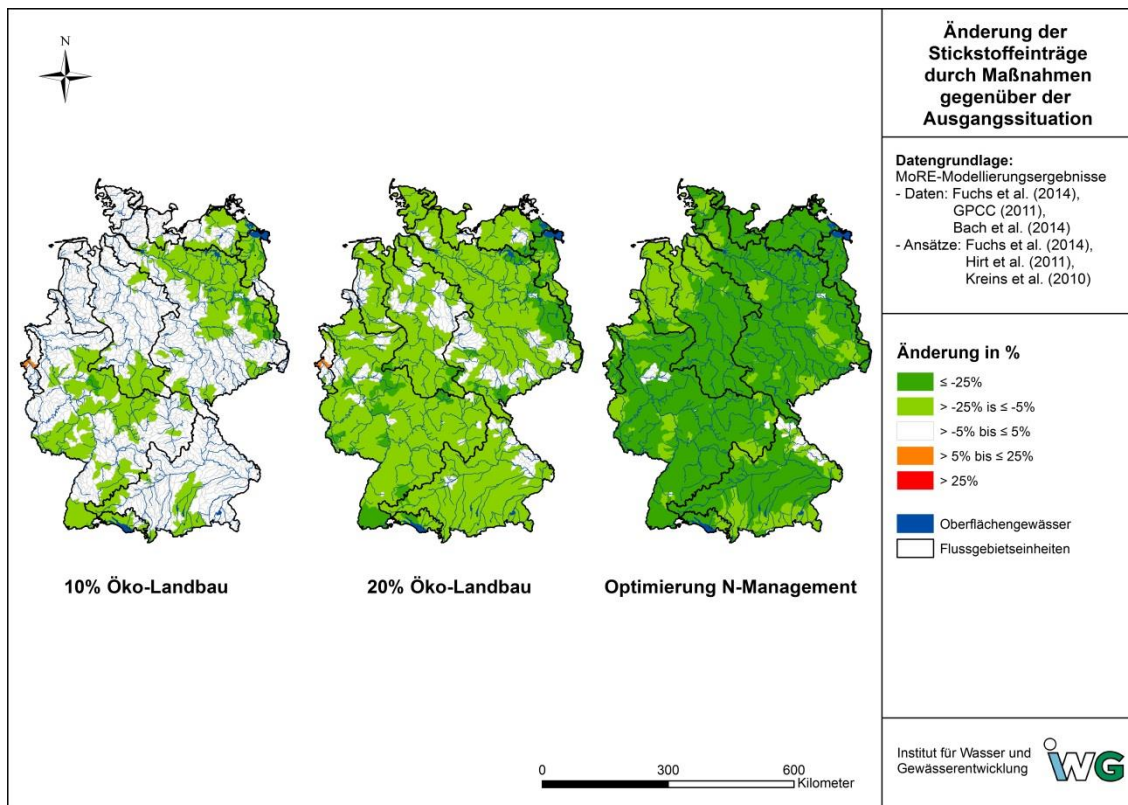


Abbildung 96: Änderung der Stickstoff-Einträge über Dränagen nach Umsetzung landwirtschaftlicher Maßnahmen gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010



6.3.2.3 Auswirkung auf Gesamteinträge und Zusammenfassung

Die Wirkung der Einzelmaßnahmen ist relevant im Hinblick auf das Reduktionspotential der Gesamteinträge. Tabelle 54 fasst die prozentuale Reduktion der Gesamteinträge für die einzelnen N-Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich im Jahr 2010 für Deutschland zusammen. Abbildung 97 stellen die regionale Verteilung der Auswirkung der Maßnahmen für das Jahr 2010 dar.

Die Maßnahmen mit „10 % und 20 % ökologischem Landbau“ zeigen ein weniger stark ausgeprägtes Reduktionspotential im Vergleich zur „Optimierung des Stickstoff-Managements“. Auffällig bei der Analyse der Änderungen dieser Maßnahmen gegenüber der Ausgangssituation sind die Gebiete, in denen die Gesamteinträge durch die Maßnahmenumsetzung gestiegen sind (Abbildung 97). Für einzelne Gebiete sind die N-Überschüsse in dem Eingangsdatensatz für diese Maßnahmen höher als bei der Ausgangssituation. Die Gründe dafür und die resultierenden Effekte sind im Kapitel 6.3.2.1 erläutert. Betroffen von dieser Zunahme der Einträge über die Maßnahme Ökolandbau sind die Gebiete mit einer höheren relativen Relevanz des Pfades Dränagen an dem Gesamteintrag.

Die Maßnahme „Optimierung des N-Managements“ erweist sich als die wirkungsvollste und erreicht eine prozentuale Reduktion der Gesamteinträge für N von 3,5 % (Tabelle 54). Der räumliche Schwerpunkt der Maßnahmenwirkung liegt im Nord-Osten Deutschlands, wo auch der Anteil an dränierten Flächen deutlich höher ist als im Restdeutschland. Dort werden in vielen Gebieten Reduktionspotentiale über 5 % erreicht (Abbildung 97).

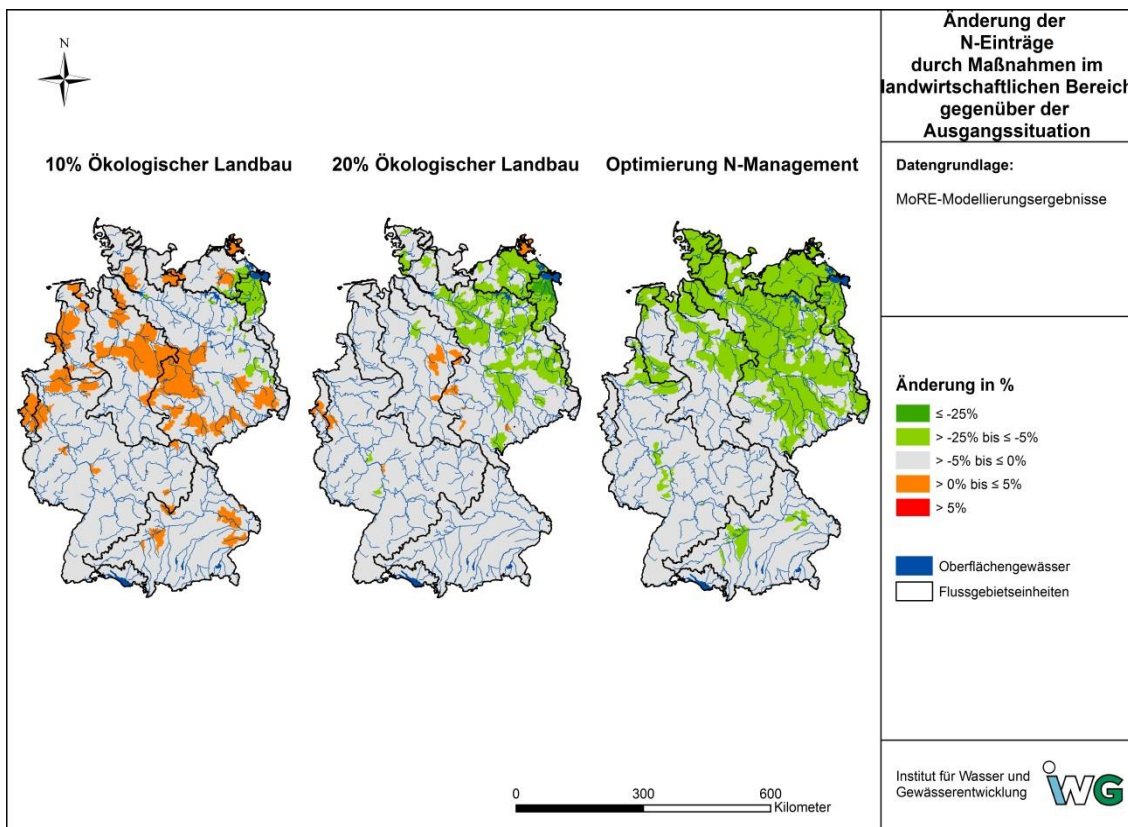
Insgesamt begrenzt sich die Auswirkung aller drei landwirtschaftlichen Maßnahmen auf Nord-Osten Deutschlands, bzw. auf die Gebiete mit einem hohen Anteil an dränierten Flächen. Durch die Nähe dieser Gebiete an Nord- und Ostsee werden vor allem die Maßnahmen „20 %

ökologischer Landbau“ und „Optimierung des N-Managements“ im Hinblick auf den Meeresschutz als zielführend angesehen, auch wenn sie nicht eine flächendeckende Wirkung für Deutschland zeigen.

Tabelle 54: Reduktionspotential der Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich für Stickstoff im Jahr 2010

Maßnahme	Stickstoff-Gesamteintrag [t/a]	Reduktionspotential Stickstoff [%]
10% Ökolandbau	537.000	-0,4
20% Ökolandbau	532.000	-1,3
Optimierung N-Management	520.000	-3,5

Abbildung 97: Änderung der Stickstoff-Gesamteinträge durch Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich gegenüber der Ausgangssituation im Jahr 2010



6.4 Ergebnisdarstellung des Kostenmoduls zur Bewertung von Maßnahmen zur Stoffeintragsreduktion

6.4.1 Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad kommunaler Kläranlagen

6.4.1.1 Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“

Basierend auf den in Kapitel 5.6.1.1 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“ bei einer Umsetzung der Maßnahme in Deutschland entsprechend Maßnahmensteckbrief die in Tabelle 55 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten für erweiterte Kläranlagenkapazitäten würden 353 Millionen Euro und rund 40 Millionen Euro für zusätzliche Kanalisationsstrecken betragen. Zusammen mit den Betriebskosten von 27 Millionen Euro für die erweiterten Kläranlagenkapazitäten und 24,2 Millionen Euro für die zusätzlichen Kanalisationsstrecken ergeben sich Jahreskosten von 76,5 Millionen Euro.

Die Jahreskosten, die sowohl Investitionskosten für einen Kläranlagenausbau sowie für zusätzliche Kanalstrecken und zusätzlich notwendige Betriebskosten für eine Umsetzung dieser Maßnahme berücksichtigen, stellen aufgrund der Kostenüberschätzung der Investitionskosten für den Kläranlagenausbau den oberen Bereich der zu erwartenden Gesamtkosten der Maßnahme dar.

Die durch die zusätzlich angeschlossenen Einwohner entstehenden Betriebskosten stellen den unteren Kostenbereich dar, der realisiert werden kann, sofern entsprechende Kapazitäten vorhanden sind und keine zusätzlichen Kanalstrecken gebaut werden müssen.

Tabelle 55: Abgeschätzte mittlere Kosten der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“

Kostenart	Kosten [Mio. €]
Investitionskosten zur Erweiterung von Kläranlagenkapazität	353,0
Investitionskosten für zusätzliche Kanalstrecken	39,7
Zusätzliche Betriebskosten p.a. aufgrund Erweiterung der Kläranlagenkapazität	27,0
Zusätzliche Betriebskosten aufgrund zusätzlicher Kanalstrecken	24,2
Jahreskosten	76,5

Durch die Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades..“ erhöht sich einerseits die über die Kläranlagen eingetragene Fracht (bei N um 207 t/a), andererseits wird die über das Kanalisationssystem eingetragene Fracht reduziert (bei N um 530 t/a). Für N liegt die gesamte Reduktion somit bei 323 t/a. Die spezifischen Kosten in Bezug auf die reduzierte Fracht liegen somit bei 237 Euro pro Kilogramm eliminiertes N-Fracht.

Das Umsetzungspotenzial der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades..“ variiert stark zwischen den Bundesländern. Laut destatis (2010) betrug der Anschlussgrad der Bevölkerung an

das Kanalisationssystem ohne weitere Behandlung in einer zentralen Abwasserbehandlungsanlage zwischen 0 und 20,2 %. In den ostdeutschen Flächenländern liegt der Anteil der Bevölkerung mit Anschluss an ein Kanalisationssystem ohne weitere Behandlung in einer zentralen Abwasserreinigungsanlage bei 5 %, in den westdeutschen Flächenländern bei 0,1 % und in den Stadtstaaten bei 0 % (Gesamtdeutschland 0,9 %). Insbesondere für die Bundesländer Thüringen, Sachsen, Sachsen-Anhalt und das Saarland besteht demnach ein größeres Umsetzungspotenzial der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die kommunalen Kläranlagen“ über einen Anschluss der Kanalisationssysteme an eine zentrale Abwasserreinigungsanlage.

Der Anteil der Bevölkerung ohne Anschluss an das kommunale Kanalisationssystem (i.d.R. Kleinkläranlagen und abflusslose Sammelgruben) wurde hierbei nicht berücksichtigt.

6.4.1.2 Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“

Basierend auf den in Kapitel 5.6.1.2 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise in Bezug auf P-Elimination“ bei einer Umsetzung der Maßnahme in Deutschland entsprechend Maßnahmensteckbrief die in Tabelle 56 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten würden zwischen 37 Millionen Euro bei günstigen Randbedingungen und unter Einbezug des dritten Quartils und 280 Millionen Euro bei ungünstigen Randbedingungen und unter Einbezug des ersten Quartils liegen. Zusammen mit den Betriebskosten zwischen 18,5 Millionen Euro und 202 Millionen Euro ergeben sich hieraus Jahreskosten von 21 Millionen Euro bis 221 Millionen Euro.

Setzt man die ermittelten Jahreskosten in Relation zu der eliminierten P-Fracht, ergeben sich für alle drei Optimierungsziele spezifische Jahreskosten von 28,4 bis 71 Euro pro Kilogramm eliminierte P-Fracht. Da der Kostenansatz sich pauschal an der eliminierten Fracht orientiert, wird der gesteigerte Aufwand zur Nährstoffelimination bei höheren Optimierungszielen nicht direkt berücksichtigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei einer Kläranlage mit gleichen Rahmenbedingungen, die spezifischen Jahreskosten für das Optimierungsziel mit dem Zielwert „1. Quartil“ tendenziell höher ausfallen (somit eher im Bereich der Kostenvariante 2) als die spezifischen Jahreskosten für das Optimierungsziel mit dem Zielwert „3. Quartil“ (eher im Bereich der Kostenvariante 1).

Tabelle 56: Kostenabschätzung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an der kommunalen Kläranlage in Bezug auf Phosphor-Elimination“: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)

Kostenart	Optimierung Kläranlage in Bezug auf Phosphor (Zielwert = 1.Quartil)		Optimierung Kläranlage in Bezug auf Phosphor (Zielwert = 2.Quartil)		Optimierung Kläranlage in Bezug auf Phosphor (Zielwert = 3.Quartil)	
	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]
Investitionskosten	156	280	84,9	153	37,0	66,6
Betriebskosten p.a.	77,9	202	42,5	110	18,5	48,1
Jahreskosten	88,3	221	48,2	121	21	52,6

Basierend auf den in Kapitel 5.6.1.2 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise in Bezug auf N-Elimination“ bei einer Umsetzung der Maßnahme in Deutschland die in Tabelle 57 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten würden zwischen 66 Millionen Euro bei günstigen Randbedingungen und unter Einbezug des dritten Quartils und 579 Millionen Euro bei ungünstigen Randbedingungen und unter Einbezug des ersten Quartils liegen. Zusammen mit den Betriebskosten zwischen 4 Millionen Euro und 127 Millionen Euro ergeben sich hieraus Jahreskosten von 8,5 Millionen Euro bis 166 Millionen Euro.

Setzt man die ermittelten Jahreskosten in Relation zu der eliminierten N-Fracht, ergeben sich für alle drei Optimierungsziele spezifische Jahreskosten von 1,04 bis 4,58 Euro pro Kilogramm eliminierte N-Fracht. Da sich der Kostenansatz pauschal an der eliminierten Fracht orientiert, wird der gesteigerte Aufwand zur Nährstoffelimination bei höheren Optimierungszielen nicht direkt berücksichtigt. Es ist jedoch davon auszugehen, dass bei einer Kläranlage mit gleichen Rahmenbedingungen, die spezifischen Jahreskosten für das Optimierungsziel mit dem Zielwert „1. Quartil“ tendenziell höher ausfallen (somit eher im Bereich der Kostenvariante 2) als die spezifischen Jahreskosten für das Optimierungsziel mit dem Zielwert „3. Quartil“ (eher im Bereich der Kostenvariante 1).

Tabelle 57: Kostenabschätzung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an der kommunalen Kläranlage in Bezug auf Stickstoff-Elimination“: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)

Kostenart	Optimierung Kläranlage in Bezug auf Stickstoff (Zielwert = 1.Quartil)		Optimierung Kläranlage in Bezug auf Stickstoff (Zielwert = 2.Quartil)		Optimierung Kläranlage in Bezug auf Stickstoff (Zielwert = 3.Quartil)	
	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]	Kosten-variante 1 [Mio. €]	Kosten-variante 2 [Mio. €]
Investitionskosten	290	579	155	311	66	131
Betriebskosten pro Jahr	18	127	9,7	68	4,1	29
Jahreskosten	37,6	165,7	20,2	88,9	8,5	37,9

Bei der Kostenbetrachtung der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise an den kommunalen Kläranlagen“ ist zu berücksichtigen, dass die entstehenden Kosten vom eingesetzten Verfahren abhängig sind und in MoRE jeweils für N und P spezifisch umgesetzt wurden. Sekundäreffekte (bspw. Elimination eines zusätzlichen Nährstoffes) wurden bei der Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt. Bei gleichzeitiger Elimination von mehreren Nährstoffen müssen daher die entstehenden Kosten gesondert betrachtet und mögliche Sekundäreffekte gegebenenfalls separat berücksichtigt werden.

6.4.2 Abgeschätzte Kosten der Maßnahmen mit Bezug zum Eintragspfad Kanalisationssystem

6.4.2.1 Abgeschätzte Kosten der volumenbezogenen Maßnahmen am Beispiel zusätzliches Speichervolumen und Retentionsbodenfilter

Basierend auf den in Kapitel 5.6.2.1 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme „Neubau von Speichervolumen bei Unterschreitung einer Speichervolumenkapazität von 23,3 m³/ha bis zur Erreichung von 23,3 m³/ha“ bei einer Umsetzung der Maßnahme entsprechend Maßnahmensteckbrief die in Tabelle 60 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten würden bei einer Umsetzung der Maßnahme bei rund 9,6 Milliarden Euro liegen, die Betriebskosten bei rund 79,4 Millionen Euro pro Jahr. Hieraus ergeben sich Jahreskosten von 496 Millionen Euro bei einer angesetzten Nutzungsdauer von 40 Jahren.

Setzt man diese Jahreskosten entsprechend dem zuvor ermittelten Frachtrückhalt in Relation zu der mittleren Rückhalterate der Maßnahme in Höhe von 7,65 %, ergeben sich spezifische Jahreskosten von 64,8 Millionen Euro pro Prozent Rückhalt bei einem maximalen Stoffrückhalt von 8,4 % bei Hg unter den betrachteten Rahmenbedingungen. Eine Kostendegression in Abhängigkeit vom Umfang der Maßnahmenumsetzung wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle 58: Kostenabschätzung der Maßnahme Neubau Speichervolumen mit Zielwert 23,3 m³/ha

Kostenart	Kosten [Mio. €]
Investitionskosten	9.630
Betriebskosten pro Jahr	79,4
Jahreskosten	496

Basierend auf den in Kapitel 5.6.2.1 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme „Nachschaltung eines Retentionsbodenfilters“ bei einer Umsetzung der Maßnahme entsprechend Maßnahmensteckbrief die in Tabelle 60 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten würden bei einer Umsetzung der Maßnahme entsprechend Maßnahmensteckbrief, mit einer Behandlung von 580 Millionen m³ pro Jahr, zwischen 19,4 Milliarden und 49 Milliarden Euro liegen. Die Betriebskosten lägen bei 1,1 bis 2,7 Milliarden Euro pro Jahr. Hieraus ergeben sich Jahreskosten von 2,2 bis 5,5 Milliarden Euro für die angesetzte Nutzungsdauer von 25 Jahren.

Setzt man die ermittelten Jahreskosten entsprechend dem zuvor ermittelten Frachtrückhalt in Relation zu der ermittelten mittleren Rückhalterate der Maßnahme in Höhe von 15,4 %, ergeben sich spezifische Jahreskosten von 142 bis 361 Millionen Euro pro Prozent Rückhalt bei einem maximalen Stoffrückhalt von 18 % bei Hg. Eine Kostendegression in Abhängigkeit vom Umfang der Maßnahmenumsetzung wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle 59: Kostenabschätzung der Maßnahme Nachschaltung eines Retentionsbodenfilters bei einer Umsetzung bei 50 % des über das Speicherbecken eingeleiteten Volumens im urbanen Raum

Kostenart	Kostenvariante 1 [Mio. €]	Kostenvariante 2 [Mio. €]
Investitionskosten	19.400	49.000
Betriebskosten pro Jahr	1.070	2.710
Jahreskosten	2.180	5.540

6.4.2.2 Abgeschätzte Kosten der flächenbezogenen Maßnahmen am Beispiel Reduktion der versiegelten Fläche

Basierend auf den in Kapitel 5.6.2.2 dargestellten Kostendaten ergeben sich für die Maßnahme Entsiegelung bei einer Umsetzung der Maßnahme in ganz Deutschland entsprechend Maßnahmensteckbrief die in Tabelle 60 dargestellten Kosten.

Die Investitionskosten würden bei einer Umsetzung der Maßnahme in gesamt Deutschland zwischen 10,5 und 11 Milliarden Euro für den urbanen Bereich bzw. zwischen 22,3 und 28,3 Milliarden Euro für den ländlichen Bereich liegen. Hieraus ergeben sich Jahreskosten von 1,9 bis 2,3 Milliarden Euro für die angesetzte Nutzungsdauer von 25 Jahren.

Setzt man die ermittelten Jahreskosten entsprechend dem zuvor ermittelten Frachtrückhalt in Relation zu der mittleren Rückhalterate der Maßnahme in Höhe von 7,48 %, ergeben sich spezifische Jahreskosten von 255 bis 306 Millionen Euro pro Prozent Rückhalt bei einem maximalen Stoffrückhalt von 8,4 % bei Pb unter den betrachteten Rahmenbedingungen. Eine Kostendegression in Abhängigkeit vom Umfang der Maßnahmenumsetzung wurde nicht berücksichtigt.

Tabelle 60: Kostenabschätzung der Maßnahme Entsiegelung für Gesamtdeutschland: günstige (Variante 1) und ungünstige Randbedingungen (Variante 2)

Kostenart	Kostenvariante 1 [Mio. €]	Kostenvariante 2 [Mio. €]
Investitionskosten Entsiegelung im urbanen Bereich	10.500	11.000
Investitionskosten Entsiegelung ländlicher Bereich	22.300	28.300
Betriebskosten Entsiegelung im urbanen Bereich pro Jahr		16
Betriebskosten Entsiegelung im ländlichen Bereich pro Jahr	nicht berücksichtigt	nicht berücksichtigt
Jahreskosten Entsiegelung in Gesamtdeutschland	1.900	2.300

Das Potenzial der Umsetzung der Maßnahme Entsiegelung ist schwer abschätzbar. Belastbare Daten liegen weder zum Entsiegelungspotenzial in Deutschland noch zu der gesamten versiegelten Fläche vor. Für den Umfang der versiegelten Fläche werden laut destatis (2014) zwischen 43 und 50 % der Siedlungs- und Verkehrsflächen angesetzt, da in den Umfang der Siedlungs- und Verkehrsflächen auch unbebaute und nicht versiegelte Flächen eingehen.

Die Flächenversiegelung hat in den verschiedenen Bundesländern bis auf wenige Ausnahmen (Berlin 2011, Bremen 2010, Hessen 2010 und Rheinland Pfalz 2009) seit dem Jahr 2000 jährlich

im Durchschnitt um 0,2-1 % zugenommen. Aus Gegenden, in denen verstärkt eine Entsiegelung der Fläche vorangetrieben werden soll (Bsp. Emscher-Region) zeigt sich, dass die Umsetzung sowohl von topographischen Bedingungen, aber auch stark von den beteiligten Akteuren abhängig ist. Auf Basis von informellen Informationen (Anon. 2014) kann von einem Umsetzungspotenzial zwischen 1-10 % innerhalb von zehn Jahren ausgegangen werden.

7 Aggregation der Stoffeinträge auf der Ebene von Planungseinheiten

Die Eintragsmodellierung in MoRE erfolgt auf Ebene von AU als kleinster Gebietseinheit. Zur Verwendung der Modellierungsergebnisse für die Berichterstattung nach der WRRL wurde bereits in vorangegangenen Vorhaben die hierarchische Berichtsstruktur der WRRL (Flussgebietseinheiten, Koordinierungsräume/Bearbeitungsgebiete) in das Modellsystem integriert (Fuchs et al. 2010a; Fuchs et al. 2012).

Im Zuge des ersten BWP wurden zusätzlich zu den bestehenden Berichtsebenen im Rahmen des nationalen Datenmanagements als zentrales Planungsinstrument die PE durch die Länder ausgewiesen. Die PE umfassen mehrere WK und sind Untereinheiten der Koordinierungsräume/Bearbeitungsgebiete.

Mit Blick auf die Weiterverwendbarkeit der Ergebnisse der Modellierung und die Abbildung der Wirksamkeit überregionaler Maßnahmen im Modell ergab sich die Anforderung, die PE als weitere hierarchische Aggregationsebene in das Modellsystem zu integrieren. Das erfordert einerseits eine Zuordnung der AU (die nicht den WK nach WRRL entsprechen) zu den PE und andererseits eine Zuordnung der PE zu den Koordinierungsräumen/Bearbeitungsgebieten.

Diese Arbeiten erforderten sowohl eine fachlich konzeptionelle Umsetzung (Erarbeitung von fachlich sinnvollen Zuordnungskriterien) als auch strukturelle Anpassungen in MoRE, die im Abschnitt 2.2.2.2 zusammengefasst sind.

Mit Abschluss dieser Arbeiten stellt die PE eine weitere Aggregationsebene für die Ergebnisdarstellung bei der Stoffeintragsmodellierung dar. Die tabellarische Übersicht der Gesamteinträge aller weiteren Stoffe in den einzelnen PE findet sich in Anhang 10.6.5.

7.1 Zuordnung der Analysegebiete zu Planungseinheiten

Insgesamt sind in MoRE für Deutschland 2.759 AU ausgewiesen, die zu den 216 PE der WRRL zugeordnet werden mussten. Für die Zuordnung der AU zu den PE wurde der bei der BfG vorliegende Datensatz zu den deutschen PE verwendet. In einem ersten Arbeitsschritt erfolgte die Prüfung des Datensatzes und der räumlichen Übereinstimmung beider Datensätze (s. Abschnitt 7.1). Dabei wurde einerseits festgestellt, dass der Datensatz zu den PE keine sauberen Geometrien aufwies, was eine eindeutige Zuordnung der AU zu den PE erschwerte. Nach mehrstufiger Diskussion des Sachverhaltes im B/L AK Stoffeintragsmodellierung konnte von der BfG schließlich ein korrigierter/bereinigter Datensatz zur Verfügung gestellt werden (BfG 2013c). Andererseits ergab die Prüfung, dass nicht für alle AU eine eindeutige Zuordnung zu den PE bspw. auf Grund unterschiedlicher Vorgehensweisen bei der Ableitung der Geometrien (Datengrundlagen, Methoden) möglich war (s. Abschnitt 7.1). Eine topologische Anpassung der AU-Grenzen konnten im Rahmen des Vorhabens nicht vorgenommen werden. Der Grund liegt in einem unverhältnismäßig hohen finanziellen und zeitlichen Aufwand zur Umsetzung solcher Änderungen in der Modellierung. Anpassungen der Topologie ziehen neben der Umsetzung der strukturellen Änderungen im Modell eine Neuberechnung aller Modelleingangsdaten nach sich. So entstand die Notwendigkeit, einzelne AU auf Grund der Überschneidung der Geometrien mehreren PE zuzuordnen. In Abstimmung mit dem B/L AK Stoffeintragsmodellierung wurde als übergeordnetes Zuordnungskriterium festgelegt: Liegt ein AU mit mehr als 90 % in einer PE, wird es zu 100 % der betreffenden PE zugeordnet.

So wurden knapp 97% (2.671) der AU bereits im ersten Arbeitsschritt eindeutig einer PE zugeordnet. 88 AU konnten nicht eindeutig einer einzigen PE zugeordnet werden. In Einzelfällen

erfolgte in Zusammenarbeit mit den Vertretern der Bundesländer eine Anpassung der Zuordnung der AU beruhend auf der Erfahrung und Kenntnis der lokalen Bedingungen. Auf diese Weise konnten sechs weitere AU einer bestimmten PE zugewiesen werden (s. Anhang 10.6.1). Für die verbleibenden 82 AU ergab sich nun die Notwendigkeit, die Stoffeinträge eines AU auf mehrere PE aufzuteilen. Hierfür wurden eintragspfadspezifische Faktoren für deren Übertragung abgeleitet (Abschnitt 7.2).

Die vollständige Liste der AU, die nicht eindeutig einer PE zugeordnet werden konnten, einschließlich der Flächenanteile in den einzelnen PE finden sich im Anhang 10.6.3. Eine vollständige Liste der AU mit Namen, Kennung (IDs), Zugehörigkeit zu einem Land und Koordinierungsraum sowie Fläche und Anzahl der AU, die vollständig und teilweise in einer PE liegen, finden sich im Anhang 10.6.2.

7.2 Zuordnung der Stoffeinträge zu Planungseinheiten

Die Stoffeinträge der AU, die in mehreren PE liegen, werden nicht als flächengewichtete Gesamteinträge den PE zugewiesen, sondern in Abhängigkeit vom jeweiligen Eintragspfad. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um eine realitätsnähere Übertragung der Stoffeinträge zu gewährleisten. Hierfür wurden eintragspfadspezifische Zuordnungskriterien erarbeitet und in Abstimmung mit dem B/L AK Stoffeintragsmodellierung umgesetzt (Tabelle 61).

Tabelle 61: Kriterien für die pfadabhängige Zuordnung der Modellierungsergebnisse der Analysegebiete zu den Planungseinheiten bei Überlappung eines Analysegebietes mit mehreren Planungseinheiten

Eintragspfad	Kriterium
kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW	Lage der Einleitstellen, eintragsgewichtet, Stand 2010 (UBA 2013c)
industrielle Direkteinleiter	Lage der Einleitstelle, eintragsgewichtet, Stand 2011 (UBA 2013a)
Altbergbau	Lage der Standorte (Marscheider-Weidemann et al. 2013)
kommunale Kläranlagen < 2.000 EW	Einwohnerzahl für das Jahr 2011 (EUROSTAT 2014b)
Kanalisationssysteme	versiegelte Fläche für das Jahr 2009 (EEA 2014)
Erosion, Oberflächenabfluss, Grundwasser, Dränagen	landwirtschaftliche Nutzfläche von CLC 2006 (EEA 2013a)
atmosphärische Depositionen auf die Wasseroberflächen, Binnenschifffahrt	flächengewichtet

Die Zuordnung der Einträge über „kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW“, „industrielle Direkteinleiter“ und „Altbergbau“ erfolgte im Präprozessing lagegetreu entsprechend der Lage der Anlagen zu den Schnittflächen zwischen PE und AU. Jede PQ wurde einer Schnittfläche zugewiesen und anschließend wurden die Einträge in MoRE eintragsgewichtet auf die PE übertragen.

Die Übertragungsfaktoren für die restlichen Eintragspfade sind entweder flächen- oder einwohnergewichtet.

7.2.1 Ableitung von Übertragungsfaktoren je nach Eintragspfad

Die pfadspezifischen Übertragungsfaktoren wurden anhand der Kriterien aus der Tabelle 61 abgeleitet. In MoRE wurden anschließend Ergebnisvariablen als Bezugsvariablen hinterlegt, deren Werte im Bereich zwischen 0 und 1 liegen. Dies ist der Anteil, mit welchem ein Ergebniswert von einem AU zu der dazugehörigen PE zugeordnet wird.

7.2.1.1 Kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW

Die Einträge von kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW wurden anhand der Lage der Einleitstelle einer PE zugeordnet. Für eine PE im Land Bayern wurden spezifische Rückmeldungen berücksichtigt. Im Anhang 10.6.4 sind die Zuordnungen dokumentiert.

Die Einträge über den Teileintragspfad „Kommunale Kläranlagen ≥ 2000 EW“ wurden anhand des Vorkommens mindestens einer Kläranlage in einer Teilfläche aufgeteilt: Enthält eine Teilfläche mindestens eine Anlage wurde dieser Teilfläche der Faktor 1 zugewiesen, während Teilflächen, die keine Kläranlage enthalten, den Faktor 0 erhielten. Wenn eine Kläranlage nur in einem von beiden Datenauszügen vorhanden war (Jahr 2008 oder 2010), wurde dem Faktor der Wert 1 zugeteilt.

Der Faktor für den Eintrag aus Kläranlagen ≥ 2000 EW wurde stoffspezifisch ermittelt. Es wurden die Daten aus dem Jahr 2010 verwendet. Lag keine Anlage in der Schnittfläche vor wurde der Faktor 0 vergeben. Lagen alle Anlagen innerhalb eines AU in einer einzigen Teilfläche dieses AUs wurde der Faktor 1 vergeben. Lagen in mehreren Teilflächen eines AU Anlagen vor, wurde der Faktor für die Teilfläche anteilig am Gesamteintrag aller Anlagen des AU berechnet (Faktor Teilfläche = Einträge Teilflächen/Einträge AU gesamt). Dieser Faktor wurde für jeden Stoff (Schwermetalle, N, P, PAK) berechnet. Der Faktor für eine Schnittfläche liegt dann zwischen 0 und 1. Pro AU kann somit in der Summe (aller Faktoren der enthaltenen Schnittflächen) nur der Faktor 1 oder 0 vorliegen.

7.2.1.2 Industrielle Direkteinleiter

Zur Ableitung der Übertragungsfaktoren für den Eintragspfad „Industrielle Direkteinleiter“ wurden die Koordinaten der Anlagen herangezogen, die im PRTR (UBA 2012 und UBA 2013a) für die Jahre 2007-2011 vorlagen.

Wie auch beim Vorgehen für die kommunalen Kläranlagen ≥ 2000 EW wurden die industriellen Direkteinleiter zu den Teilflächen für jedes Jahr aus dem Zeitraum 2007-2011 zugeordnet. Liegt mindestens eine Anlage in einer Teilfläche, wurde dieser der Faktor 1 zugewiesen sonst der Faktor 0. Der Faktor ist zusammengefasst für die Jahre 2007-2011 angegeben. D. h. auch wenn nicht in allen Jahren (sondern beispielsweise nur in einem Jahr) eine Anlage in der Schnittfläche vorhanden ist, so wurde der Faktor 1 vergeben.

Wie auch beim Vorgehen für die Einträge aus den Kläranlagen ≥ 2000 EW wurden die Daten zu den Einträgen von industriellen Direkteinleitern für die Jahre 2007 bis 2011 mit den Teilflächen verschnitten und so den Teilgebieten die in ihnen befindlichen industriellen Direkteinleiter zugewiesen.

Der Faktor wurde stoffspezifisch vergeben und bezieht sich auf die Einträge aus dem Jahr 2011. Hat eine Anlage für einen Stoff im Jahr 2011 Einträge, wurde für die Teilfläche der Faktor 1 vergeben, sonst der Faktor 0. Insgesamt waren im Jahr 2011 acht Anlagen in sieben Schnittflächen aktiv. Der Faktor 1 wurde für die Bezugsvariable ID_E_HM vergeben, wenn Einträge für mindestens ein Schwermetall vorlagen.

Sonderfall ist die Schnittfläche PE_BWSMAI20496, hier liegen zwei berichtspflichtige Anlagen für das Jahr 2011 vor, es wurde der Faktor 1 für einen Stoff vergeben, wenn mindestens eine dieser Anlagen Einträge für diesen Stoff vorweist.

7.2.1.3 Altbergbau

Zur Ermittlung der Übertragungsfaktoren für den Eintragspfad „Altbergbau“ wurden die Koordinaten der Standorte verwendet (Marscheider-Weidemann et al. 2013).

Allen Teilflächen wurde der Faktor 0 zugewiesen, da keine Altbergbaustandorte innerhalb von AU liegen, die mehreren PE zugeordnet wurden.

7.2.1.4 Kommunale Kläranlagen < 2.000 EW

Da die Informationen zu kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW nur aggregiert auf Gemeindeebene zur Verfügung stehen (FDZ 2012, 2013a), wurde die Ableitung der Übertragungsfaktoren anhand der Gesamteinwohner durchgeführt. Hierfür wurde der Datensatz zur Bevölkerungsdichte von EUROSTAT aus dem Jahr 2011 berücksichtigt (EUROSTAT 2014b).

Der Faktor spiegelt das Verhältnis aus den Einwohnern in der Teilfläche zu den Einwohnern im gesamten AU wider.

7.2.1.5 Kanalisationssysteme

Zur Ableitung der Faktoren für den Teileintragspfad „Kanalisationssysteme“ wurde der Rasterdatensatz zu den innerörtlich versiegelten Flächen aus dem Jahr 2009 (EEA 2014) herangezogen.

Der Faktor spiegelt das Verhältnis der versiegelten Fläche in der Teilfläche und der versiegelten Fläche im gesamten AU wider.

7.2.1.6 Landwirtschaftlich geprägte Eintragspfade

Für die hauptsächlich landwirtschaftlich geprägten Eintragspfade „Erosion“, „Oberflächenabfluss“, „Grundwasser“ und „Dränagen“ wurden die Übertragungsfaktoren anhand der Größe der landwirtschaftlichen Nutzflächen (Summe von Acker- und Grünlandflächen) abgeleitet. Diese wurde aus dem CLC Rasterdatensatz (EEA 2013a) anhand der landwirtschaftlichen Nutzungsklassen identifiziert (s. Tabelle 62).

Tabelle 62: CLC-Nutzungsklassen für Acker- und Grünlandflächen (EEA 2013a)

CLC-ID	Beschreibung der CLC-Klasse
211	Nicht bewässertes Ackerland
212	Regelmäßig bewässertes Ackerland
213	Rieselfelder
221	Weinanbauflächen
222	Obst und Beerenobstbestände
223	Olivenhaine
231	Wiesen und Weiden
241	Einjährige Kulturen in Verbindung mit Dauerkulturen
242	Komplexe Parzellenstrukturen
243	Landwirtschaftlich genutztes Land mit Flächen natürlicher Vegetation von signifikanter Größe
244	Land- und forstwirtschaftliche Flächen

Der jeweilige Übertragungsfaktor ist das Verhältnis aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche in der Teilfläche und der landwirtschaftlichen Nutzfläche im gesamten AU.

7.2.1.7 Atmosphärische Depositionen auf die Wasseroberflächen und Binnenschifffahrt

Für die Eintragspfade „Atmosphärische Depositionen auf die Wasseroberflächen“ und „Binnenschifffahrt“ wurden die Übertragungsfaktoren anhand der AU-Fläche abgeleitet. Er wird aus dem Verhältnis der Größe einer Teilfläche zur Gesamtfläche des AU abgeleitet.

7.3 Ergebnisse der Eintragsberechnungen auf der Ebene von Planungseinheiten

Die Ergebnisse der Eintragsberechnungen auf der Ebene von PE sind eine Zusammenfassung der bereits für die AU berechneten Einträge. Im Anhang 10.6.5 befinden sich die Ergebnisse der Eintragsmodellierung von Nährstoffen, Schwermetallen und PAK₁₆ als Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011.

8 Validierung der Ergebnisse anhand beobachteter Gewässerfrachten

Die Validierung ist ein unerlässlicher Schritt bei der Modellierung. Hier wird die Plausibilität der Modellergebnisse überprüft. Zur Validierung der Ergebnisse, der Stoffeinträge in die Gewässer, werden aus den modellierten Einträgen modellierte Gewässerfrachten abgeleitet. Diese werden beobachteten Gewässerfrachten gegenübergestellt. Die beobachteten Gewässerfrachten werden aus den im Gewässer gemessenen Abflüssen und Stoffkonzentrationen ermittelt.

Bisher erfolgte die Validierung der MoRE-Modellergebnisse extern. Um diesen Prozessschritt innerhalb von MoRE zu ermöglichen, wurde in MoRE-Developer das Modul „Validierung“ entwickelt und umgesetzt. Im Validierungsmodul sind Daten zu Gütemessstellen und Abflusspegeln hinterlegt. Diese Daten sind Grundlage für die Berechnung der Gewässerfrachten an den vorliegenden Gütemessstellen. Diese können dann mit den beobachteten Gewässerfrachten verglichen werden.

Im Folgenden wird die inhaltliche Implementierung des Validierungsmoduls in MoRE dargestellt. Zunächst wird die Aufbereitung der Abfluss- und Gütedaten beschrieben (Abschnitt 8.1). Anschließend wird die Vorgehensweise zur Berechnung der Gewässerfrachten erläutert (Abschnitt 8.2).

Die technische Umsetzung des Moduls Validierung ist in Abschnitt 2.2.3 beschrieben.

8.1 Präprozessing der Eingangsdaten

Vor Verwendung und Übernahme der Abfluss- und Gütedaten in das Validierungsmodul sind diese zu prüfen und aufzubereiten. Dies gilt einerseits hinsichtlich der Daten selbst, andererseits aber auch hinsichtlich ihrer Stammdaten und Verbindungen untereinander.

8.1.1 Daten der Abflussmessstellen

Bei den für die Validierung verwendeten Abflussdaten handelt es sich sowohl um Daten der Länder, die im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern bei der BfG zusammengeführt werden, als auch um Daten von der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, die ebenfalls bei der BfG vorliegen. Insgesamt liegen tägliche Abflussdaten zu ca. 1.000 Messstellen vor.

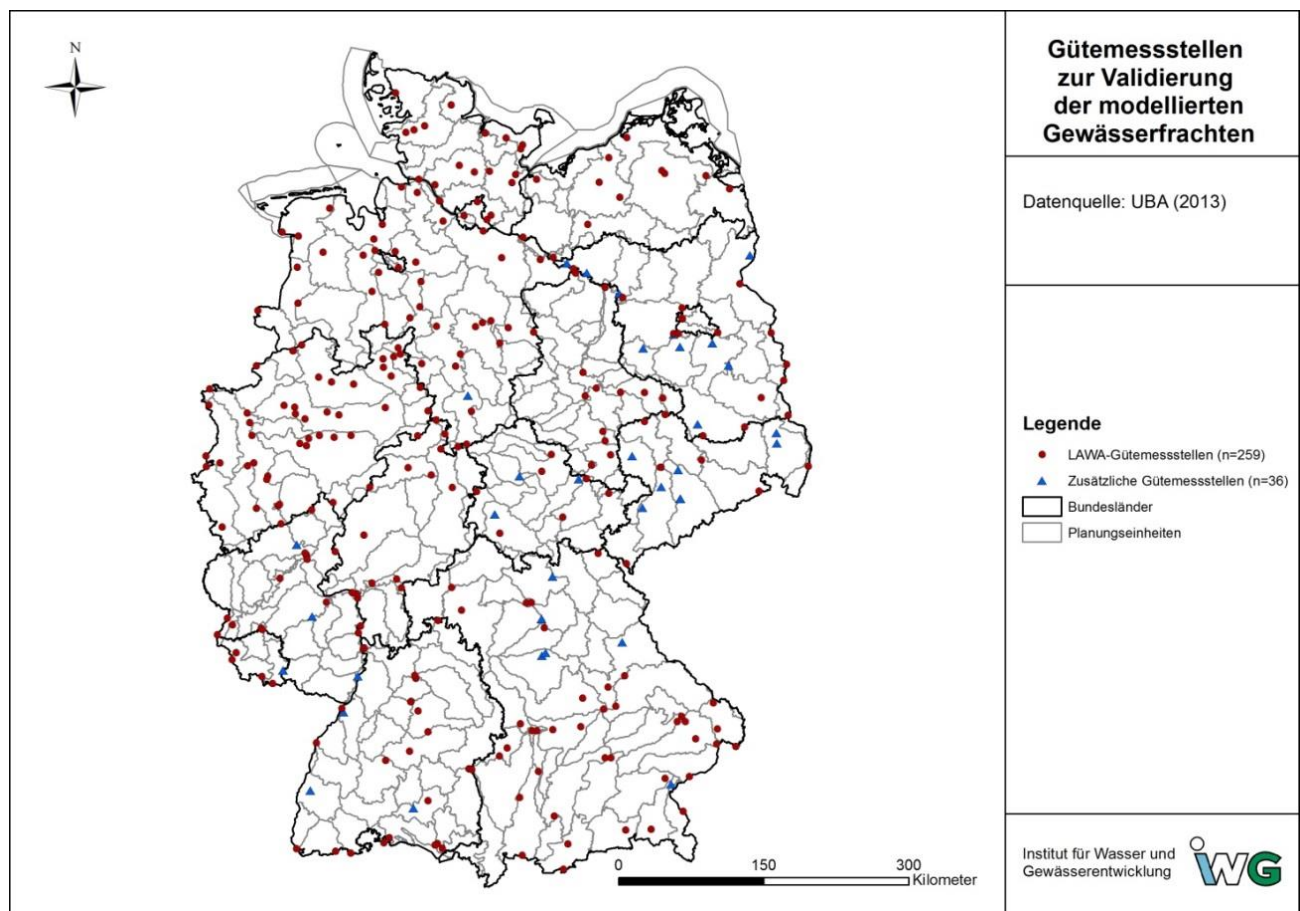
Bei der Datenanalyse identifizierte Datenlücken zu täglichen Abflussdaten wurden nach der kubischen Spline-Methode für einzelne Messstellen interpoliert. Diese Methode zur zeitlichen Interpolation wird üblicherweise für hydrologische Merkmale und bei kleinen Datenlücken angewandt. Dabei wurden für die Interpolation jeweils die zehn vorrausgehenden und die zehn nachfolgenden Abflusswerte einbezogen. Vorab wurde ein Schwellenwert für die maximale Anzahl fehlender Werte innerhalb eines Jahres festgelegt. Dieser lag bei sieben. Für die Pegel mit mehr als sieben fehlenden Abflusswerten innerhalb eines Jahres schien die Interpolation nicht sinnvoll, da die Abflussdynamik nicht mehr richtig erfasst und somit keine zuverlässigen Daten ermittelt werden können. Alle Abflusszeitreihen, die größere Datenlücken aufwiesen, wurden zwar auch in MoRE integriert, sie werden jedoch nicht für die Validierung herangezogen.

8.1.2 Daten der Gütemessstellen

8.1.2.1 Verfügbare Gütemessstellen

Bei den für die Validierung verwendeten Gütemessstellen handelt es sich um die Daten der Länder des LAWA-Überblicksmessnetzes (259 Messstellen, s. Anhang 10.3) einschließlich 36 weiterer ausgewählter Messstellen der Länder. Die Daten des LAWA-Überblicksmessnetzes werden im Rahmen einer Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern jährlich beim UBA zusammengeführt. Die zusätzlichen Messstellen wurden auf Basis der Modellanforderungen ausgewählt und im B/L AK Stoffeintragsmodellierung diskutiert und abgestimmt. In der Abbildung 98 ist die räumliche Verteilung der Gütemessstellen des LAWA-Überblicksmessnetzes und der zusätzlichen Gütemessstellen dargestellt.

Abbildung 98: Gütemessstellen zur Validierung



8.1.2.2 Aufbereitung der Gütedaten

Auch die Gütedaten mussten für die Validierung aufbereitet werden. Dies betraf hauptsächlich die Werte, die als „kleiner BG“ ausgewiesen waren. Ist ein Wert kleiner BG wird konventionsgemäß dieser Wert für die Frachtberechnung mit der halben BG angenommen.

8.1.2.3 Metadaten der Gütemessungen in MoRE

Beprobungsart und Probenahmeintervalle

Darüber hinaus sind weitere Metadaten, wie Datum der Probenahme, Art der Beprobung und Probenintervalle bei Mischproben in der Datenbank hinterlegt. Die Beprobungsart wird bei der Frachtberechnung berücksichtigt, sodass je nach Beprobungsart die jährlichen beobachteten Gewässerfrachten mit unterschiedlichen Formeln berechnet werden. Die Beprobung im Gewässer kann als Einzelprobe oder Mischprobe durchgeführt worden sein. Das Datum, zu dem ein Wert einer Mischprobe in der Datenbank eingeordnet ist, ist der Konvention nach das Anfangsdatum der Probenahme. Es gibt 7-, 14- und 28-tägige Mischproben.

Nach der allgemeinen Prüfung der Datenqualität wurde bei den Mischproben festgestellt, dass Mischprobenintervalle z.T. nicht korrekt ausgewiesen waren. Deshalb wurde für alle neu importierten Daten eine Kontrolle und ggf. eine Korrektur des Intervalls durchgeführt. Dabei wurde das Mischprobenintervall als Differenz zum Datum der nächstfolgenden Mischprobe berechnet. Falls es keine Folgeprobe gibt (zwischenzeitlicher Ausfall oder Ende der Beprobung), wird vom „Standardintervall“ des entsprechenden Jahres ausgegangen.

Beim Vorkommen sowohl von Misch- als auch Einzelproben für den gleichen Tag und Stoff wurde die Mischprobe weiter verwendet; die Informationen zu Einzelproben wurden aus der Datenbank gelöscht.

Bei Mehrfachmessungen an einem Tag für denselben Stoff wurde der höchste Messwert beibehalten (worst case) Betrachtung.

Probenart

Eine weitere Metainformation zu den Gütedaten sind Angaben zur Probenart. Hier wird unterschieden in:

- Gesamtprobe,
- gelöster Anteil und
- sedimentierte Probe.

Zur Berechnung der Gewässerfrachten werden nur die Gesamtproben herangezogen. Sind keine Gesamtproben verfügbar, so wird keine Gewässerfracht berechnet.

Messwerte und Bestimmungsgrenzen

Die Berechnung von Gewässerfrachten ist immer dann gut möglich, wenn die gemessenen Konzentrationen oberhalb der BG liegen. Werte unterhalb der BG werden mit der halben BG in der Frachtberechnung berücksichtigt. Die Metainformation ob ein Wert oberhalb oder unterhalb der BG ist, musste entsprechend in der Datenbank hinterlegt werden.

8.2 Berechnung der Gewässerfrachten

8.2.1 Berechnungsansatz für die Gewässerfrachten

Zur Berechnung der beobachteten Gewässerfrachten wurde die BfG-Methode, die im Rahmen des IKSE (Internationale Kommission zum Schutz der Elbe) Sedimentmanagement (BfG 2013b) entwickelt wurde, verwendet. Sie wurde ursprünglich für die prioritären Stoffe erarbeitet und kann für die Probenart „Gesamtprobe“ und für „Einzelprobe“ oder „Mischprobe“ angewandt

werden (s. Gleichung 34). Abweichend von dieser Methode werden im vorliegenden Vorhaben unter Mischproben alle Proben mit unterschiedlichen Intervallen verstanden (BfG-Methode: Standardintervall ist 2 Wochen).

Gleichung 34 wurde dabei so angepasst, dass zwei Korrekturfaktoren berücksichtigt wurden: einerseits für die unterschiedliche Lage von Abflusspegeln und Gütemessstellen und andererseits für den Gebietsauslass der AU (s. Gleichung 35).

Gleichung 34

$$F = \frac{MQ_{\text{Jahr}} \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25$$

Gleichung 35

$$F = \frac{MQ_{\text{Jahr}} \sum_{i=1}^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_{i=1}^n (Q_i)} \cdot 0,0864 \cdot 365,25 \cdot U_{f \text{ C/Q}} \cdot U_{f \text{ AU-Auslass/C}}$$

F:	Jahresfracht [t/a] für Nährstoffe und [kg/a] für Schadstoffe
MQ_{Jahr}	mittlerer Jahresabfluss für das Kalenderjahr [m^3/s]
C_i	Stoffkonzentration (Gesamtgehalte Wasserphase) [mg/L] für Nährstoffe und [$\mu\text{g/L}$] für die Schadstoffe
Q_i	Abfluss (mittlerer Tagesabfluss am Tag der Probenahme oder Mittelwert für die der Probenahme entsprechenden Zeit) [m^3/s]
n	Anzahl der Messungen im Kalenderjahr
$U_{f \text{ C/Q}}$	Korrekturfaktor für Lage der Gütemessstelle zur Lage des/der Abflusspegel(s) [-]
$U_{f \text{ AU-Auslass/C}}$	Korrekturfaktor für die Lage des Gebietsauslasses zur Lage der Gütemessstelle [-]

8.2.2 Kriterien zur Auswahl der Gütemessstellen für die Validierung

Auf Grund von stoffspezifisch fehlenden oder nicht ausreichend verfügbaren Gütemessungen oder dem Fehlen zugehöriger Abflussdaten, können nicht alle vorliegenden Gütemessstellen bei der Validierung berücksichtigt werden. Im Rahmen des Vorhabens wurde anhand von Auswahlkriterien stoffspezifisch eine Liste der Gütemessstellen aufbereitet, die für die Validierung in den entsprechenden Bilanzzeiträumen 2006-2008 und 2009-2011 herangezogen werden können (s. Anhang 10.4).

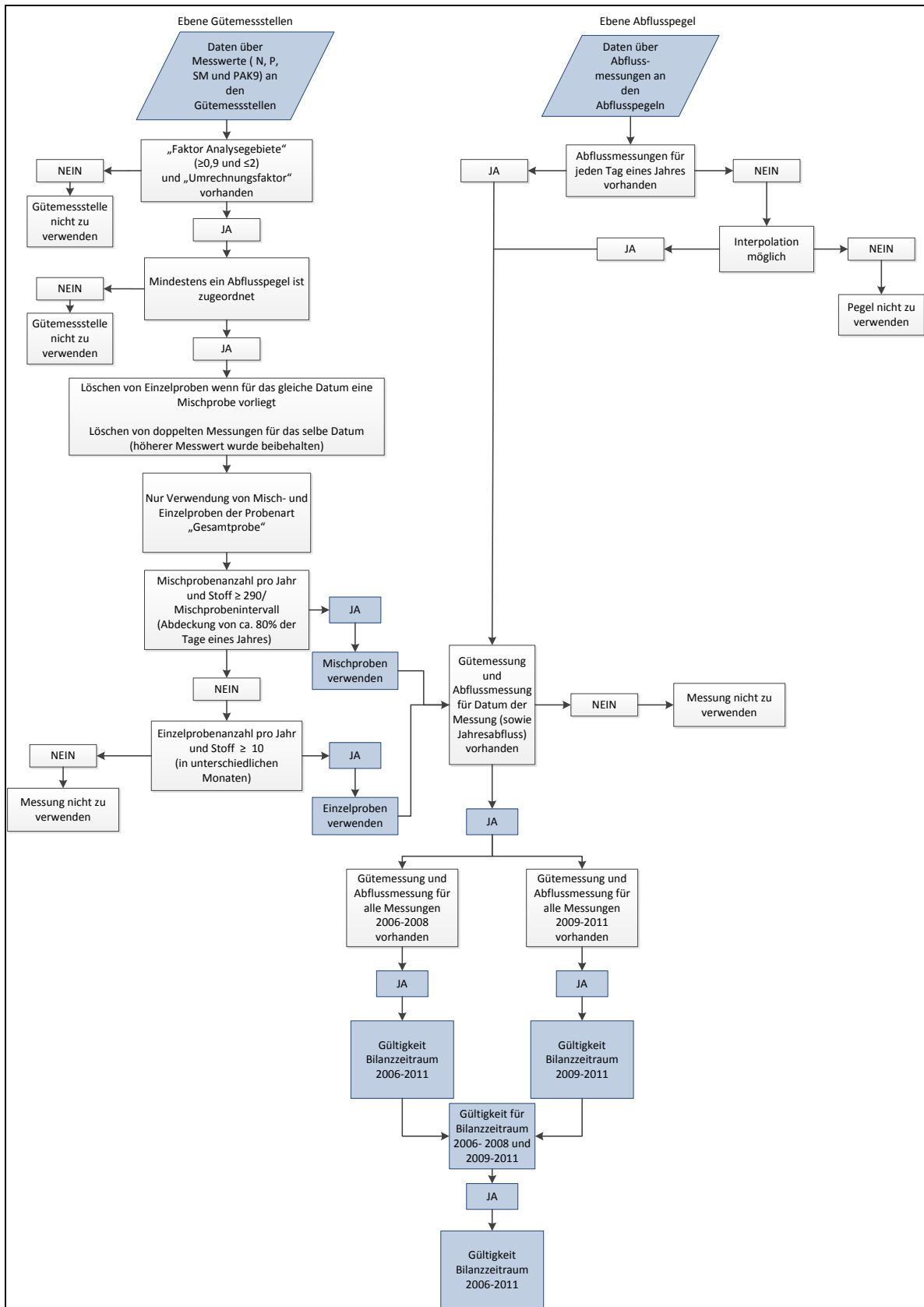
Die Gütemessstellen müssen u.a. die folgenden Qualitätskriterien erfüllen:

- Die Gütemessstelle ist in den Bilanzzeiträumen 2006-2008 und 2009-2011 gültig, d.h. alle notwendigen Güte- und Abflussdaten sind verfügbar
- Der Abfluss-Korrekturfaktor für die Gütemessstelle ist vorhanden.
- Der Korrekturfaktor für die Lage des Gebietsauslasses zur Lage der Gütemessstation liegt im Bereich $\geq 0,9$ und ≤ 2 .
- Das Einzugsgebiet der Gütemessstelle liegt vollständig in Deutschland.

Der Grund dafür, nur Messstellen zu nutzen, deren Einzugsgebiet vollständig in Deutschland liegt, ist der z. T. gravierende Unterschied der Datenqualität und der räumlichen Auflösung der verwendeten Eingangsdaten für Deutschland und das Ausland. Für das Ausland werden überwiegend zeitlich und räumlich gröber aufgelöste Eingangsdaten verwendet als für Deutschland (s. dazu auch die Ausführungen in Abschnitt 10.7). Grund ist die schlechtere Verfügbarkeit frei zugänglicher Daten.

In der Abbildung 99 ist das gesamte Auswahlverfahren zur Ableitung der Eignung der Gütemessstellen zur Validierung in Form eines Flowchart dargestellt.

Abbildung 99: Ableitung der Gültigkeit bzw. Eignung der Gütemessstellen zur Validierung der Gewässerfrachten



9 Literaturverzeichnis

- Anon. (2014): Umsetzungspotential der Entsiegelung, basierend auf den Erfahrungen aus Emscher 15/15, Juni 2014. persönliche Mitteilung.
- Assmann, A.; Bauer, C.; Ernstberger, H.; Johann, G.; Merta, M.; Rieger, W. et al. (2013): DWA-Regelwerk. Merkblatt DWA-M 550. Dezentrale Maßnahmen zur Hochwasserminderung. Entwurf. Frist zur Stellungnahme: 15. Januar 2014. Hennef, 2013. Online verfügbar unter [http://www.dwa.de/dwa/shop/produkte.nsf/69EAA93894DA05CEC1257BF2001B1E82/\\$file/voerschau_dwa_m_550gd.pdf](http://www.dwa.de/dwa/shop/produkte.nsf/69EAA93894DA05CEC1257BF2001B1E82/$file/voerschau_dwa_m_550gd.pdf).
- Bach, M.; Hillebrecht, B.; Hunsager, E.; Stein, M. (2014): Berechnung von Stickstoff-Flächenbilanzen für die Landwirtschaft in Deutschland mit Regionalgliederung Kreise und kreisfreie Städte. Jahre 2003 bis 2011. Abschlussbericht. Wettengel, 2014.
- Bachor, A.; Schumann, A.; Röpke, A.; Scharf, E.-M.; Dethloff, M.; Nakari, T. et al. (2011): COHIBA WP3, National Report. German Results. Güstrow, 2011. Online verfügbar unter <http://www.cohiba-project.net/publications>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.
- Bahr, C.; Günther, T.; Perner, J.; Pohl, A.; Schneider, P.; Müller, V. et al. (2007): Bewertung der (organischen) Schadstoffbelastung kommunaler Klärschlämme in Schleswig-Holstein hinsichtlich der zukünftigen landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung. Kiel, 2007. Online verfügbar unter http://www.schleswig-holstein.de/UmweltLandwirtschaft/DE/Abfall/05_Siedlungsabfaelle/005_VerwertungDuenger_Klaerschlamme/005_Schadstoffbelastung_Klaerschlaemme/PDF/Bericht_Bewertung_Schadstoffbelastung__blob=publicationFile.pdf, zuletzt geprüft am 09.08.2012.
- Bäumer, K. A. (1998): Mehrkosten in der Abwasserentsorgung aufgrund von Forderungen zur weitergehenden Abwasserreinigung für kommunale Kläranlagen, 1998.
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (2013): 7538-UG. Richtlinien für Zuwendungen zu wasserwirtschaftlichen Vorhaben. RZWas 2013, vom 04.06.2013. Fundstelle: Allgemeines Ministerialblatt 26 (8), S. 278-308. Online verfügbar unter <http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/wasserwirtschaft/foerderung/doc/rzwastxt.pdf>.
- Behrendt, H.; Huber, P.; Kornmilch, M.; Opitz, D.; Schmoll, O.; Scholz, G.; Uebe, R. (1999): Nährstoffbilanzierung der Flußgebiete Deutschlands. Unter Mitarbeit von W. Pagenkopf, Martin Bach und Ulrike Schweikart. Berlin, 1999 (75/99).
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (2013): Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes zu nominalen Preisen in Deutschland. Energiedaten, Tabelle 26, 13.08.2013. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/Binaer/Energiedaten/energiepreise-und-energiekosten1-entwicklung-energiepreise-preisindizes,property=blob,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.xls>.
- Böhm, E.; Hillenbrand, T.; Liebert, J.; Schleich, J.; Walz, R. (April / 2002): Kosten-Wirksamkeitsanalyse von nachhaltigen Maßnahmen im Gewässerschutz. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 299 21 289. Texte 12/02. ISSN 0722-186X. Unter Mitarbeit von Bernd Mehlhorn (Red.). Berlin, April / 2002 (UBA-FB 000221). Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2101.pdf>.

- Brombach, H.; Michelbach, S. (1998): Abschätzung des einwohnerbezogenen Nährstoffaustrags aus Regenentlastungen im Einzugsgebiet des Bodensees. (Studie). 1. Aufl. 1 Band (IGKB-Berichte, 49).
- Brombach, H.; Fuchs, S. (2003): Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalisationen. In: *KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall* 50 (4), S. 441-450.
- Builtjes, P.; Hendriks, E.; Koenen, M.; Schaap, M.; Benzhaf, S.; Kerschbaumer, A. et al. (2011): Erfassung, Prognose und Bewertung von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland. Zusammenfassender Abschlussbericht. MAPESI-Projekt. Dessau-Roßlau, 2011 (38-44/2011). Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4137.pdf>, zuletzt geprüft am 08.10.2013.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2007): Digitales Geländemodell für Deutschland im 25-m-Raster. Frankfurt am Main.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2007): Vektordaten der Verwaltungsgrenzen 1:250 000 der Bundesrepublik Deutschland (VG250) für das Jahr 2007.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2010a): Digitales Basis-Landschaftsmodell 2008 (AAA-Modellierung). Bundesrepublik Deutschland. UTM-Abbildung in der Zone 32.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2010b): Vektordaten der Verwaltungsgrenzen 1:250 000 der Bundesrepublik Deutschland (VG250) für das Jahr 2010.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) (2014): Digitales Basis-Landschaftsmodell 2011 (AAA-Modellierung). Bundesrepublik Deutschland. UTM-Abbildung in der Zone 32.
- Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (1998): Bodenübersichtskarte der Bundesrepublik Deutschland 1:1.000.000 (BÜK1000). Online verfügbar unter http://www.bgr.bund.de/cln_011/nn_325378/DE/Themen/Boden/Produkte/Karten/BUK__1000.html.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2013a): Die Messwerte für die Abflusspegel für den Zeitraum 2006-2011, 2013.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2013b): Frachtberechnungsmodul Prioritäre Stoffe. Unter Mitarbeit von Holger Haase. Koblenz, 2013, zuletzt geprüft am 18.11.2013.
- Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) (2013c): WasserBLICK: Bund-Länder-Informations- und Kommunikationsplattform. BfG-Imformationssystem. Unter Mitarbeit von Ralf Busskamp, 22.04.2013.
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (BMJV) (2011): Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung), OGewV, vom Bundesministeriums der Justiz in Zusammenarbeit mit der juris GmbH. In: BGBl. I. Online verfügbar unter <http://www.gesetze-im-internet.de/ogewv/index.html>, zuletzt geprüft am 15.08.2014.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2007): EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007 des Rates vom 28. Juni 2007 über die ökologische/biologische Produktion und die Kennzeichnung von ökologischen/biologischen Erzeugnissen und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 2092/91, ABl. Nr. L 189 vom 20.07.2007, S. EG-Öko-Basisverordnung (EG) Nr. 834/2007.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung

zur Reinhaltung der Luft). TA Luft, vom 24.07.2002. In: *Gemeinsames Ministerialblatt* (25-29), S. 511-605. Online verfügbar unter <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/taluft.pdf>, zuletzt geprüft am 15.10.2012.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (2012): Entsorgung und Verwertung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. Online verfügbar unter <http://www.bmu.de/detailansicht/artikel/klaerschlam-statistik/>, zuletzt geprüft am 03.09.2014.

destatis (2010): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung. Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung, 2010 (Reihe 2.1.2), zuletzt geprüft am 13.07.2014.

destatis (2014): Flächennutzung, 2014. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltoekomischeGesamtrechnungen/_Doorpage/Flaechennutzung_ol.html, zuletzt geprüft am 15.12.2014.

Deutscher Wetterdienst (DWD) (2013): Ausgabe der Niederschlagshöhe für die einzelnen Bundesländer und Deutschland (gesamt). Klimadaten des DWD für Deutschland - Gebiete - Zeitreihen von Gebietsmitteln. Excel-Datei. Offenbach a. M., 2013. Online verfügbar unter http://www.dwd.de/bvbw/appmanager/bvbw/dwdwwwDesktop?_nfpb=true&_pageLabel=_dwdwww_klima_umwelt_klimadaten_deutschland&T82002gsbDocumentPath=Navigation%2FOeffentlichkeit%2FKlima__Umwelt%2FKlimadaten%2Fkldaten__kostenfrei%2Fdaten__gebiete_mittel__node.html%3F__nnn%3Dtrue.

Dimitrova, S. (2011): Einträge prioritärer Stoffe aus Kläranlagen in die Gewässer. Diplomarbeit im Fach Geoökologie. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Karlsruhe. Institut für Wasser und Gewässerentwicklung - Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft.

DWA (2011): Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011. Stromverbrauch: 4.300 Kläranlagen unter der Lupe. Hennef, 2011. Online verfügbar unter http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_WAW/mj/Leistungsvergleich_2012_LOW.pdf.

DWA (2012): 25. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen. Reinigungsverfahren auf dem Prüfstand. Hennef, 2012. Online verfügbar unter http://de.dwa.de/tl_files/_media/content/PDFs/Abteilung_WAW/mj/Leistungsvergleich_25.pdf.

EMEP/Norwegian Institute for Air Research (EMEP/NILU) (2012): Concentrations of heavy metals and persistent organic pollutants in air and precipitation. Measurement data online. Kjeller. Online verfügbar unter <http://www.nilu.no/projects/ccc/emepdata.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.

EMEP-Meteorological Synthesizing Centre - East (EMEP/MSCEast) (2013): Modellergebnisse zur atmosphärischen Deposition von Cd, Hg und Pb. für den Zeitraum 2010-2011. Daten-Download, 13.11.2013. Online verfügbar unter http://www.msceast.org/index.php?option=com_content&view=article&id=162&Itemid=29, zuletzt geprüft am 30.07.2014.

EMEP-Meteorological Synthesizing Centre - West (EMEP/MSCEWest) (2013): Datensatz: Nasse und trockene atmosphärische Deposition von oxidiertem und reduziertem Stickstoff für das Jahr 2011. Online verfügbar unter http://webdab.emep.int/Unified_Model_Results/, zuletzt geprüft am 30.07.2014.

- Erftverband (2011): Jahresbericht 2010. Wasserwirtschaft für unsere Region. Unter Mitarbeit von W. Lindner und L. Bollig, 1. Aufl. 1 Band. Meckenheim: Warlich Druck Meckenheim GmbH.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2000): Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates. Vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2008a): Richtlinie 2008/105/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über Umweltqualitätsnormen im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien des Rates 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG und 86/280/EWG sowie zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG. Umweltqualitätsnormenrichtlinie.
- Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union (2008b): Richtlinie 2008/56/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. Juni 2008 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Meeresumwelt (Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie). In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L164 (51), S. 19-40.
- European Commission (2012): Technical guidance on the preparation of an inventory of emissions, discharges and losses of priority and priority hazardous substances. Brussels: European Commission (Common implementation strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC)). Online verfügbar unter <http://www.emissieregistratie.nl/ERPUBLIEK/documenten/Water/WFD%20guidance%20on%20emission%20inventories.pdf>.
- European Environment Agency (EEA) (2012): Implementation and achievements of CLC2006. Revised final draft. Unter Mitarbeit von G. Büttner, B. Kosztra, G. Maucha, R. Pataki und Markus Erhard, 2012. Online verfügbar unter <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-2>.
- European Environment Agency (EEA) (2013a): Corine Land Cover 2006 raster data. Raster data on land cover for the CLC2006 inventory. Online verfügbar unter <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/corine-land-cover-2006-raster-3>.
- European Environment Agency (EEA) (2013b): EU-DEM 2000. Online verfügbar unter <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>, zuletzt geprüft am 19.12.2014.
- European Environment Agency (EEA) (2014): Versiegelungsgrade in der Auflösung 100 m x 100 m und 20 m x 20 m für die Jahre 2006 und 2009, 2014.
- Flick, K.-H.; Gaugele, W.; Geliert, M. J.; Maus, H.; Pflügner, W.; Reinhardt, M. et al. (2012): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). 8 überarbeitete. Hennef: Eigenverlag.
- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2012): Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung. Merkmalsträger „Abwasserbehandlungsanlage“. Bezugsjahr 2007. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322130/erheb/200700/Merkmale_Abwasserbehandlungsanlage_2007.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2013a): Statistik der öffentlichen Abwasserbehandlung. Merkmalsträger „Abwasserbehandlungsanlage“. Bezugsjahr 2010. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322130/erheb/200700/Merkmale_Abwasserbehandlungsanlage_2007.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.

- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2013b): Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Merkmalsträger „entsorgte Gemeinde“. Bezugsjahr 2010. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322120/erheb/200700/Merkmale_entsorgte_Gemeinde_2007.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2013c): Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Merkmal „Kanalnetzbetreiber“. Bezugsjahr 2010. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322120/erheb/200700/Merkmale_Kanalnetzbetreiber_2007.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2013d): Statistik der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Merkmal „Gemeinden mit Anschluss an eine industrielle bzw. ausländische Abwasserbehandlungsanlage“. Bezugsjahr 2010. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322120/erheb/200700/Merkmale_angeschlossene_Gemeinde_2001_2004_2007.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (FDZ) (2013e): Statistik über die Wassereigenversorgung und -entsorgung privater Haushalte. Bezugsjahr 2010. Online verfügbar unter http://dok.fdz-metadaten.de/3/32/322/322510/stat/Metadaten_private_Wasserversorgung.pdf, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Frie, B.; Hensel, R. (2007): Schätzverfahren zur Bodenversiegelung: UGRdL-Ansatz. In: Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik Nordrhein-Westfalen (Hg.): Statistische Analysen und Studien. Düsseldorf (44), S. 19-32. Online verfügbar unter http://www.it.nrw.de/statistik/analysen/stat_studien/2007/band_44/Frie_Hensel_44.pdf.
- Fuchs, S.; Scherer, U.; Wander, R.; Behrendt, H.; Venohr, M.; Opitz, D. et al. (2010a): Berechnung von Stoffeinträgen in die Fließgewässer Deutschlands mit dem Modell MONERIS. Nährstoffe, Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. 1. Aufl. 1 Band. Dessau-Roßlau (UBA-Texte, 45/10). Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikationen/4017.pdf>.
- Fuchs, S.; Lambert, B.; Grotehusmann, D. (2010b): Neue Aspekte in der Behandlung von Siedlungsabflüssen. 1. Aufl. Online veröffentlicht: Springer-Verlag.
- Fuchs, S.; Wander, R.; Rogozina, T.; Hilgert, S.; Scherer, U. (2012): Methodische Optimierung von Modellansätzen zur Schadstoffbilanzierung in Flussgebietseinheiten zur Förderung der Umsetzungsstrategie zur Wasserrahmenrichtlinie. Endbericht für das Vorhaben FZK: 370 822 202/01. nicht veröffentlicht, 2012.
- Fuchs, S.; Mayer, I.; Haller, B.; Roth, H. (2013a): Lamella settlers for storm water treatment - performance and design recommendations. In: *Water Science & Technology* In press.
- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S.; Wander, R. (2013b): Modellierung der direkten Emissionen in das Kompartiment Wasser. In: Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR. Forschungsvorhaben des Umweltbundesamt. Förderkennzeichen: FKZ 37 10 91 244. Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS). Karlsruhe.
- Fuchs, S.; Eyckmanns-Wolters, R.; Uhl, M.; Mohn, R.; Maus, C.; Sommer, M. et al. (2013c): Reduktion des Feststoffeintrages durch Niederschlagswassereinleitungen, 2013. Online

verfügbar unter

http://isww.iwg.kit.edu/medien/Abschlussbericht_ReduktionFeststoffeintragPhase1.pdf.

- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S.; Tettenborn, F.; Hillenbrand, T. (2013d): Regionalisierte Pfadanalyse mit dem Modellinstrument MoRE. Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste nach Art. 5 der RL 2008/105/EG bzw. § 4 Abs. 2 OGewV in Deutschland. Methodenpapier, 2013.
- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S.; Wander, R.; Reid, L.; Tettenborn, F. (2014a): Aktualisierung der Stoffeintragsmodellierung (Regionalisierte Pfadanalyse) für die Jahre 2009 bis 2011. unveröffentlicht. Karlsruhe, 2014.
- Fuchs, S.; Dimitrova, S.; Wander, R.; Weber, T.; Kittlaus, S.; Kiemle, L. (2014b): Schadstoffe in Flusssystemen - Modellgestützte Bilanzierung. In: Schadstoffe in Bundeswasserstraßen – Nutzergerechte Verfügbarkeit von Informationen. 22. Chemisches Kolloquium. am 3./4. Juni 2014 in Koblenz. Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG). Koblenz, S. 12-14.
- Fuchs, S.; Wander, R.; Rogozina, T.; Hilgert, S.; Dimitrova, S.; Kittlaus, S. (2015): Modeling of Regionalized Emissions (MoRE). Handbuch für die Benutzeroberflächen MoRE Developer and MoRE Visualizer. Karlsruhe. Online verfügbar unter <http://isww.iwg.kit.edu/MoRE.php>.
- Gangknofer, U.; Weichselbaum, J.; Kuntz, S.; Brodksy, L.; Larsson, K.; Pasquale, V. d. (2010): Update of the European High-resolution Layer of Built-up Areas and Soil Sealing 2006 with Image2009 Data. In: Rainer Reuter (Hg.): Remote sensing for science, education, and natural and cultural heritage. Oldenburg: EARSeL, S. 185-192.
- Gebel, M.; Halbfaß, S.; Bürger, S.; Uhlig, M. (2012): Stoffbilanz. Modellerläuterung, 2012. Online verfügbar unter <http://galf-dresden.de/galf/wp-content/uploads/2013/06/Modellerlaeuterung.pdf>, zuletzt geprüft am 09.12.2013.
- Gertner, G.; Wang, G.; Fang, S.; Anderson, A. B. (2002): Effect and uncertainty of digital elevation model spatial resolutions on predicting the topographical factor for soil loss estimation. In: *Journal of Soil and Water Conservation* 57 (3), S. 164-174.
- Giese, P. (2013): Untersuchungen zur Kosteneffizienz von Maßnahmen der Regenwasserbehandlung, 2013.
- Global Precipitation Climatology Centre (GPCC) (2011): GPCC Full Data Reanalysis Version 6.0 (at 0.5°, 1.0°, 2.5°): Monthly Land-Surface Precipitation from Rain-Gauges built on GTS-based and Historic Data. Globally Gridded Monthly Totals. Version 6. Unter Mitarbeit von Udo Schneider, Andreas Becker, Peter Finger, Anja Meyer-Christoffer, Bruno Rudolf und Markus Ziese. Online verfügbar unter ftp://ftp.dwd.de/pub/data/gpcc/html/fulldata_v6_doi_download.html, zuletzt geprüft am 03.09.2014.
- Grossmann, M.; Behrendt, H.; Venohr, M. (2011): Analyse der Kosten- und Kostenwirksamkeit von Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge und -frachten in Flussgebieten mit dem MONERIS Model. Dokumentation des MONERIS CEA - Moduls. Unter Mitarbeit von Bundesministerium für Bildung und Forschung und GLOWA. Berlin, 2011. Online verfügbar unter http://www.pik-potsdam.de/glowa/pdf/Schlussbericht_Glowa-Elbe_III/Kapitel_5/Anlage_7_MONERIS-CEA.pdf.
- Grüning, H.; Rönz, N.; Schlag, O. (2010a): Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete. Abschlussbericht im Auftrag der Stadt Wuppertal und der Remscheider Entsorgungsbetriebe. Unter Mitarbeit von Bernhard Amold, Udo Laschet und Uwe Teiche. Wuppertal, 2010. Online

verfügbar unter

<http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht%20aus%204Teilb erichten.pdf>.

- Grüning, H.; Rönz, N.; Schlag, O. (2010b): Gegenüberstellung der Möglichkeiten zentraler und dezentraler Regenwasserbehandlungsmaßnahmen für zwei Gewässereinzugsgebiete. Abschlussbericht im Auftrag der Stadt Wuppertal und der Remscheider Entsorgungsbetriebe. Unter Mitarbeit von Bernhard Arnold, Udo Laschet und Uwe Teiche. Wuppertal, 2010. Online verfügbar unter <http://www.lanuv.nrw.de/wasser/abwasser/forschung/pdf/Abschlussbericht%20aus%204Teilb erichten.pdf>.
- Günthert, F. W.; Reicherter, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserentsorgung. mit 31 Tabellen. Unter Mitarbeit von dem Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft. München: Oldenbourg-Industrieverl GmbH.
- Halbach, U. (2003a/2010): Kommunale Abwasserbeseitigung. Normative Kosten und Risikoabbau. Handbuch des Institutes für Wasserwirtschaft Halbach. 4 unveränderte. Halbach: Eigenverlag.
- Halbach, U. (2003b/2010): Kommunale Abwasserbeseitigung. Normative Kosten und Risikoabbau. Handbuch des Institutes für Wasserwirtschaft Halbach. 4 unveränderte. Halbach: Eigenverlag.
- Hartwig, P.; Gerdes, D.; Schrewe, N. (2010): Energieautarker Kläranlagenbetrieb. 14. Erfahrungsaustausch der Obleute norddeutscher Kläranlagennachbarschaften, Lüneburg, 2010. Online verfügbar unter http://www.pdfstar.org/doc_831205.php.
- Heaney, J. P.; Huber, W. C.; Nix, S. J. (1976): Storm Water Management Model: Level I - Preliminary Screening Procedures. Unter Mitarbeit von Richard Field. Cincinnati, Ohio, USA, 1976 (EPA 600/2-76-275).
- Heidecke, C.; Hirt, U.; Kreins, P.; Kuhr, P.; Kunkel, R.; Schott, M. et al. (2014): Entwicklung eines Instrumentes für ein flussgebietsweites Nährstoffmanagement in der Flussgebietseinheit Weser. AGRUM+-Weser, 2014.
- Hein, A.; Léval, P.; Wencki, K. (2015): Multikriterielle Bewertungsverfahren: Kurzbeschreibung und Defizitanalyse (Teil 2). In: *gwf-Wasser / Abwasser*, S. 202-212.
- Hennings, V. (2000): Methodendokumentation Bodenkunde - Auswertemethoden zur Beurteilung der Empfindlichkeit und Belastbarkeit von Böden. 2. Aufl. Hannover (Geologisches Jahrbuch, Sonderhefte, Reihe G, SG 1).
- Hillenbrand, T.; Tettenborn, F.; Menger-Krug, E.; Marscheider-Weidemann, F.; Fuchs, S.; Toshovski, S. et al. (2014): Maßnahmen zur Verminderung des Eintrages von Mikroschadstoffen in die Gewässer. 85/2014. Dessau-Roßlau, 2014. Online verfügbar unter <http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/massnahmen-zur-verminderung-des-eintrages-von>.
- Hirt, U.; Wetzig, A.; Amatya, D. M.; Matranga, M. (2011): Impact of Seasonality on Artificial Drainage Discharge under Temperate Climate Conditions. In: *International Review of Hydrobiology* 96 (5), S. 561-577, zuletzt geprüft am 27.08.2012.
- Hutter, U. (2009): Metallbestimmung im gereinigten Kläranlagenabwasser. St. Gallen, 2009.
- Interwies, E.; Kraemer, A. R.; Kranz Nicole; Görlach, B.; Dworak, T.; Borchardt, D. et al. (2004): Grundlagen für die Auswahl der kosteneffizientesten Maßnahmenkombinationen zur Aufnahme in das Maßnahmenprogramm nach Artikel 11 der Wasserrahmenrichtlinie. Handbuch. Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und

- Reaktorsicherheit. Forschungsbericht 202 21 210. Texte 02/04. ISSN 0722-186X. Unter Mitarbeit von Jörg Rechenberg (Red.) und Simone Richter (Red.). Berlin, 2004 (UBA-FB Nr 000563/kurz). Online verfügbar unter http://www.wrrl-info.de/docs/UBA%20Texte%2002_04.pdf.
- Ivaščekín, P. V. (2006): Elimination organischer Spurenstoffe aus kommunalem Abwasser. Dissertation. RWTH, Aachen. Fakultät für Bauingenieurwesen. Online verfügbar unter http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2006/1726/pdf/Ivashechkin_Pavel.pdf, zuletzt geprüft am 13.08.2012.
- Kördel, W.; Herrchen, M.; Müller, J.; Kratz, S.; Fleckenstein, J.; Schnug, E. et al. (2007): Begrenzung von Schadstoffeinträgen bei Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Landwirtschaft bei Düngung und Abfallverwertung. Dessau, 2007 (30/07).
- Kreins, P.; Behrendt, H.; Gömann, H.; Heidecke, C.; Hirt, U.; Kunkel, R. et al. (2010): Analyse von Agrar- und Umweltmaßnahmen im Bereich des landwirtschaftlichen Gewässerschutzes vor dem Hintergrund der EG-Wasserrahmenrichtlinie in der Flussgebietseinheit Weser. AGRUM-Weser. 1. Aufl. 1 Band. Braunschweig (Sonderheft, 336).
- Kretzschmar, R. (1977): Stofftransport in ländlichen Entwässerungsgräben und Vorflutern. In: *Landwirtschaftliche Forschung* (30).
- Kubiniok, J.; Barth, B.; Neumann, B. (2005): Bilanzierung der Nährstoffeinträge in Gewässer in landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten des Saarlandes auf Basis vorhandener Datengrundlagen. Modellierung der diffusen und punktuellen Stoffeinträge und Szenarien für die Untersuchungsgebiete Leuk, Blies und Theel-III. Abschlussbericht 2005. Online verfügbar unter http://www.saarland.de/dokumente/thema_wasser/Abschlussbericht_kubiniok_2005.pdf.
- Lambert, B.; Fuchs, S.; Toshovski, S.; Sacher, F.; Thoma, A. (2014): Entwicklung eines Bilanzierungsinstrumentes für den Eintrag von Schadstoffen aus kommunalen Kläranlagen in Gewässer. Forschungsvorhaben gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt und die Länder, 2014. Online verfügbar unter <http://bibliothek.dbu.de/libero/WebOpac.cls?VERSION=2&ACTION=DISPLAY&RSN=400017900&DATA=DBU&TOKEN=cC4FMxnML39246&Z=1&SET=1>.
- Länder (2013): Die Messwerte für die Abflusspegel für den Zeitraum 2006-2011, 2013.
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) (2014): Auszug aus der WIBAS-Datenbank zu den Regenüberlaufbecken. Datenlieferung durch Referat 41, Stand 15.08.2014, 15.08.2014.
- Langanke, T. (2013): GIO land Imperviousness HRL: definitions and product specifications, Lots 1-5, 2013.
- LANUV (2014): Auszug aus der REBEKA-Datenbank. Fachbereich 53: Hochwasserschutz, Stadtentwässerung, Klima u. Wasserwirtschaft. Datenlieferung per E-Mail durch Birgit Wienert, 11.09.2014.
- Loos, S.; Middelkoop, H.; Perk, M. van der; van Beek, R. (2009): Large scale nutrient modelling using globally available datasets: A test for the Rhine basin. In: *Transfer of pollutants in soils, sediments and water systems: From small to large scale (AquaTerra)* 369 (3-4), S. 403-415. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169409000961>.

- LUGV (2011): Optimierungspotentialen an kommunalen Kläranlagen in Brandenburg. Studie im Auftrag des LGUV vom Büro Born-Ermel + Büro PWU Magdeburg, 2011.
- Marscheider-Weidemann, F.; Tettenborn, F.; Hillenbrand, T. (2013): Daten zu Schwermetallemissionen aus Altbergbaustandorten. 2006-2011. Karlsruhe.
- Mohaupt, V.; Sieber, U.; Roovaart, J. van den; Verstappen, C. G.; Langenfeld, F.; Braun, M. (2001): Diffuse sources of heavy metals in the Rhine basin. In: *Water Science & Technology* 44 (7), S. 41-49.
- Mutz, D.; Matzinger, A.; Remy Christian (2013): NITROLIMIT Stickstofflimitation in Binnengewässern. Ist Stickstoffreduktion ökologisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar? Diskussionspapier. Maßnahmen zur Reduktion der Nährstoffeinträge urbaner Bereiche. Unter Mitarbeit von Mathias Uldack, Pascale Rouault, Erika Pawlowsky-Reusing, Regina Gnirß, Katrin Lemm, Agnes Kummelt et al. Bad Saarow, 2013. Online verfügbar unter http://www.fona.de/mediathek/pdf/130924_NITROLIMIT_Diskussionspapier2.pdf.
- Nash, J. E.; Sutcliffe, J. V. (1970): River flow forecasting through conceptual models part I – A discussion of principles. In: *Journal of Hydrology* 10 (3), S. 282-290.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA) (2005): Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Digital Elevation Model. Online verfügbar unter <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.
- Nunes Correia, F.; Kraemer, R. A. (1997): Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa. Mit 148 Tabellen. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Budapest, Hong Kong, London, Milan, Paris, Santa Clara, Singapore, Tokyo: Springer (Eurowater, Bd. 1 : Länderberichte).
- Olson, K. T. (2013): The Effect of Spatial Resolution on Erosion Patterns in Southeast Minnesota.
- Rapp-Fiegle, S.; Horstmeyer, N.; Helmreich, B.; Drewes, J. E. (2014): Kosten der Abwasserbehandlung. Finanzierung, Kostenstrukturen und Kostenkennzahlen der Bereiche Kanal, Sonderbauwerke und Kläranlagen Buch print + MediaCenter eBook. 1. Aufl. München: Deutscher Industrieverlag.
- Regierungspräsidium Arnsberg (RP Arnsberg) (2011): Hg-Konzentration in Kläranlagenabläufen, NW. Per Email an Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft, z.Hd. Stephan Fuchs am 12.08.2011.
- Schwentner, G. (2013): 40. Leistungsvergleich der kommunalen Kläranlagen in Baden-Württemberg, 2013, zuletzt geprüft am 13.07.2014.
- Schwertmann, U.; Vogl, W.; Kainz, M. (1990): Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer.
- Sieker, H. (2000): Bewertung von Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung im Hinblick auf Kosten und Wirkung, 2000.
- Siewert, S. (2010): Die Ermittlung kosteneffektiver Maßnahmen zur Reduktion von Nährstoffemissionen aus Kläranlagen im Einzugsgebiet der Oder. Berlin, 2010 (197/10). Online verfügbar unter http://www.ioew.de/uploads/tx_ukioewdb/IOEW_SR_197__N%C3%A4hrstoffemissionen_Oder.pdf.
- Statistisches Amt der Europäischen Union (EUROSTAT) (2014a): Absolute und relative Bevölkerungsveränderung auf Ebene der NUTS-3 Regionen. Online verfügbar unter

http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=demo_r_gind3&lang=de, zuletzt aktualisiert am 26.06.2013, zuletzt geprüft am 06.02.2014.

Statistisches Amt der Europäischen Union (EUROSTAT) (2014b): GEOSTAT-Bevölkerungsraster nach Zensus 2011. Online verfügbar unter http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps/popups/references/population_distribution_demography, zuletzt geprüft am 21.10.2014.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2009): Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2007. Fachserie 19, Reihe 2.1, 2009. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/WasserAbwasserOeffentlich2190210079004.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 26.08.2013.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2011a): Bodennutzung der Betriebe (Landwirtschaftlich genutzte Flächen) (Fachserie 3 Reihe 3.1.2). Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/LandForstwirtschaft/Bodennutzung/LandwirtschaftlicheNutzflaeche2030312107004.pdf?__blob=publicationFile.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2011b): Viehhaltung der Betriebe Landwirtschaftszählung / Agrarstrukturserhebung. Fachserie 3, Reihe 2.1.3. Wiesbaden, 2011.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2013a): Öffentliche Abwasserentsorgung - Klärschlamm. Klärschlammverwertung aus der biologischen Abwasserbehandlung nach Bundesländern. Online verfügbar unter <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmweltstatistischeErhebungen/Wasserwirtschaft/Wasserwirtschaft.html>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2013b): Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung. Öffentliche Wasserversorgung - 2010. Fachserie 19 Reihe 2.1.1. Wiesbaden, 2013, zuletzt geprüft am 11.06.2014.

Statistisches Bundesamt (StaBu) (2013c): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung - Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung -. 2010. Wiesbaden, 05.08.2013.

Tausch, C. (2012): Klärschlamm. Entsorgungssituation. Augsburg. Online verfügbar unter <http://www.lfu.bayern.de/abfall/abfallgruppen/index.htm>, zuletzt aktualisiert am Sept. 2012, zuletzt geprüft am 01.10.2012.

Tetzlaff, B. (2006): Die Phosphatbelastung großer Flusseinzugsgebiete aus diffusen und punktuellen Quellen, 2006 (65).

UBA (2012): Deutsches Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR), 24.07.2012. Per E-Mail an Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Wasser und Gewässerentwicklung, Bereich Siedlungswasserwirtschaft und Wassergütewirtschaft, z.Hd. Snezhina Dimitrova.

Umweltbundesamt (UBA) (2011): Datensätze der Bundesländer zu Konzentrationen von Kläranlagenzu- und -abläufen sowie Schlammgehalte von prioritären Stoffen aus der amtlichen Überwachung sowie aus Sondermessprogrammen. Ad hoc B/L-Arbeitsgruppe "Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste zur Richtlinie 2008/105/EG (Prioritäre Stoffe)". Unter Mitarbeit von Antje Ullrich. Dessau.

Umweltbundesamt (UBA) (2013a): Deutsches Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (PRTR). Online verfügbar unter <http://www.thru.de/thrude/downloads/>, zuletzt geprüft am 30.07.2014.

- Umweltbundesamt (UBA) (2013b): Die Messwerte für die Gütemessstellen für den Zeitraum 2006 - 2011, 2013.
- Umweltbundesamt (UBA) (2013c): e-Kommunalabwasser. Datenbank zur Berichterstattung zur Kommunalabwasserrichtlinie. Auszug erhalten am 12.2013. Online verfügbar unter http://wiki.enda.eu/e_kommu/index.php/Hauptseite, zuletzt geprüft am 30.07.2014.
- Umweltbundesamt (UBA) (2015): Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste nach Art. 5 der RL 2008/105/EG bzw. § 4 Abs. 2 OGeV in Deutschland. Abschlussbericht. Unter Mitarbeit von Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe „Koordinierung der Bestandsaufnahme der Emissionen, Einleitungen und Verluste nach Art. 5 der RL 2008/105/EG (prioritäre Stoffe), 2015.
- Venohr, M.; Behrendt, H.; Fuchs, S.; Hirt, U.; Hofmann, J.; Opitz, D. et al. (2008): Entwicklung, Dokumentation und Anwendung eines szenariofähigen Managementtools zur Beschreibung der Einträge, Retention und Frachten in Flusssystemen. Endbericht zum F+E-Projekt FKZ 205 24 204 Entwicklung eines szenariofähigen Managementtools für die Stoffeinträge in Oberflächengewässer im Rahmen der internationalen Berichtspflichten, 2008.
- WATECO (2003): Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) - Guidance Document No 1 Framework Directive. Economics and the Environment - The Implementation Challenge of the Water. Unter Mitarbeit von Produced by Working Group 2.6 - WATECO. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, zuletzt geprüft am 19.05.2014.
- Wursthorn, S.; Poganietz, W.-R.; Bodle, R.; Homann, G.; Heidmann, F.; Thom, A. et al. (2013): Datenvalidierung/Methodenentwicklung zur verbesserten Erfassung und Darstellung der Emissionssituation im PRTR. Forschungsvorhaben des Umweltbundesamt. Förderkennzeichen: FKZ 37 10 91 244. Karlsruhe, 2013.

10 Anhang

10.1 Ableitung der zeitlichen Gültigkeit kommunaler Kläranlagen

Bei dem Abgleich vorhandenen Daten für die Kläranlagen mit den Daten der Kommunalabwasserrahmenrichtlinie für die Jahre 2008 und 2010 (Stand Dez. 2013) wurden Abweichungen bezüglich der Angaben zur Fertigstellung und Schließung der Anlagen festgestellt.

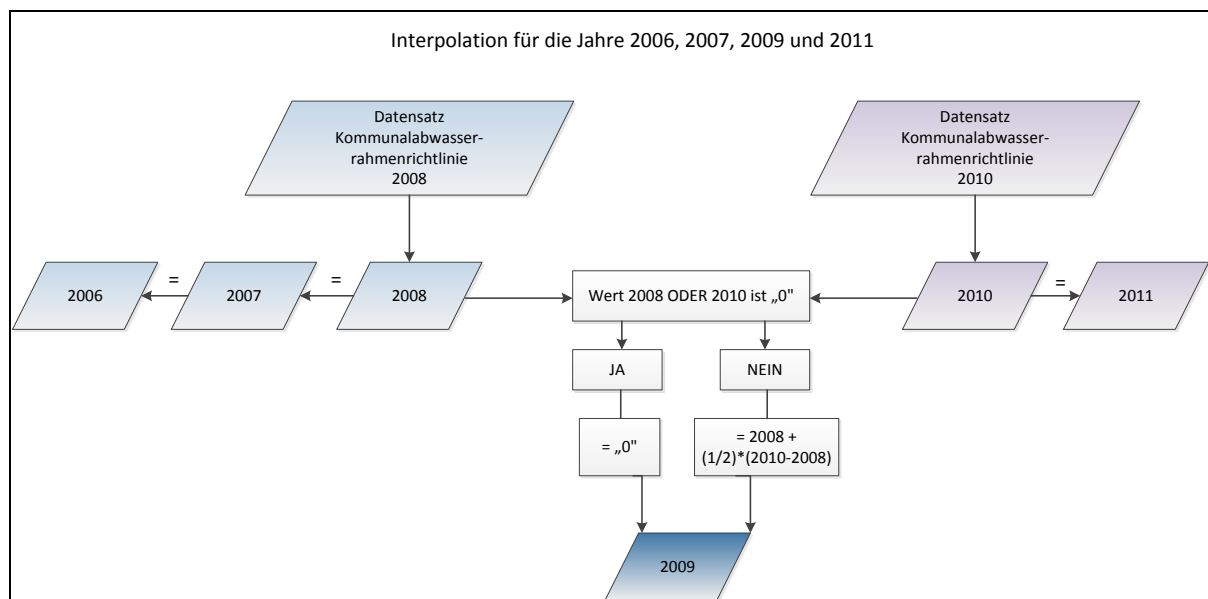
Aufgrund dieser Abweichungen wurde die Gültigkeit der Anlagen allein auf Grundlage der Daten aus der Kommunalabwasserrahmenrichtlinie abgeleitet und die Angaben zur Fertigstellung und Schließung nicht miteinbezogen.

Extra- bzw. Interpolation für die Jahre 2006, 2007, 2009 und 2011

Für 2009 wurde dann nicht interpoliert, wenn entweder für das Jahr 2008 oder 2010 keine Daten im Datensatz Kommunalabwasserrahmenrichtlinie vorlagen. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da hier nicht eindeutig geklärt werden konnte, ob diese Anlagen bereits vor 2010 (wenn nur Daten für 2010 vorliegen) bzw. nach 2008 (wenn nur Daten für 2008 vorliegen) in Betrieb waren. Als Gültigkeit für die einzelnen Anlagen werden deshalb nur die Zeiträume 2006-2011 (Daten für 2008 und 2010), 2006-2008 (nur Daten für 2008) und 2010-2011 (nur Daten für 2010) angegeben.

Für die Jahre 2006 und 2007 wurden immer die Daten von 2008 übernommen, wenn eine Anlage im Datensatz Kommunalabwasserrahmenrichtlinie vorlag. Es wurde somit die Annahme getroffen, dass diese Anlage auch in diesen Jahren aktiv war, auch wenn dies nicht eindeutig geklärt werden konnte. Für das Jahr 2011 wurden immer die Daten von 2010 übernommen wenn eine Anlage im Datensatz Kommunalabwasserrahmenrichtlinie vorlagen auch wenn nicht eindeutig geklärt werden konnte ob diese Anlage im Jahren 2011 tatsächlich in Betrieb war.

Abbildung 100: Vorgehensweise bei der Interpolation für die Jahre 2006, 2007, 2009 und 2011



10.2 Maßnahmensteckbriefe

10.2.1 Maßnahmen im urbanen Bereich

10.2.1.1 Steckbrief der Maßnahme „Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen“

Attribut	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)	Anschlussgrad Kläranlagen
Maßnahmenbezeichnung	Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung an die bestehenden kommunalen Kläranlagen
Pfadbezug	Kanalisationssysteme, kommunale Kläranlagen
Stoffe	Stickstoff, Phosphor ¹⁰
Zeitliche Gültigkeit der Maßnahme	2006-2011
Bezugsvariable für Maßnahme	US_nss_SC_toconwwtp_small; US_nss_SC_toconwwtp_large;
Inhaltliche Beschreibung	Der Anschlussgrad der Bevölkerung beschreibt den prozentualen Anteil der Bevölkerung, der an die öffentliche Kanalisation und kommunale Kläranlagen angeschlossen ist. Handlungsmöglichkeiten zur Erhöhung des Anschlussgrades bestehen im Wesentlichen dort, wo die Bevölkerung zwar an die Kanalisation, aber nicht an kommunale Abwasserbehandlungsanlagen angeschlossen ist. An Kleinkläranlagen angeschlossene Einwohner ohne Anschluss an die öffentliche Kanalisation bleiben in diesem Zusammenhang unberücksichtigt.
Räumliche Umsetzung	auf Ebene der Analysegebiete
Beschreibung der Umsetzung in MoRE	Die Maßnahme ist auf Analysegebietsebene umgesetzt. Prinzipiell liegen zwar für alle Kläranlagen ≥ 2.000 EW Punktinformationen (z.B. Ablaufkonzentrationen) vor. Da jedoch nicht bekannt ist, an welche Kläranlage die Einwohner angeschlossen werden können, wird zur Ermittlung der zusätzlichen Einträge neben der zusätzlichen Abwassermenge die abflussgewichtete mittlere Ablaufkonzentration der Kläranlagen ≥ 2.000 EW im jeweiligen Analysegebiet herangezogen. Um die Auswirkung des erhöhten Anschlussgrades an die Kläranlagen zu modellieren, werden folgende Arbeitsschritte durchgeführt: 1. Anlegen neuer raum- und zeitbezogener Variablen: – Anzahl der Einwohner, die insgesamt an eine bestehende kommunale Kläranlage angeschlossen werden können US_nss_INH_toconwwtp [E]

¹⁰ Diese Maßnahme ist prinzipiell bei allen Stoffen umsetzbar. Aufgrund der vergleichsweise hohen Relevanz des Eintragspfades, wurde sie jedoch nur bei den aufgeführten Stoffen umgesetzt.

Attribut	Beschreibung
	– Anzahl der Einwohner im Analysegebiet, die an bestehende kommunale Kläranlagen < 2.000 EW angeschlossen werden können US_nss_INH_toconwwtp_small [E] – Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage ≥ 2.000 EW angeschlossen werden können US_nss_INH_toconwwtp_large [E] – Anteil der Einwohner, die potenziell angeschlossen werden können US_oss_SHR_inh_toconwwtp_oss [%] 2. Prüfung, ob eine Kläranlage innerhalb eines Analysegebietes vorhanden ist. Wenn nicht, wird mit der Basisvariante ohne Maßnahme gerechnet. Vorrangig erfolgt der Anschluss an kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW, sofern mindestens eine davon im Analysegebiet vorhanden ist. Die dadurch entstehende zusätzliche Kläranlagenablauffracht wird dabei über den zusätzlichen Abfluss zur Kläranlage und die mittlere abflussgewichtete Konzentration der Kläranlagen ≥ 2.000 EW ermittelt. Sonst erfolgt der Anschluss an kommunale Kläranlagen < 2.000 EW. Die Vorgehensweise zur Ermittlung der zusätzlichen Ablauffracht ist analog zu den Kläranlagen ≥ 2.000 EW. 3. Die nur an Kanalisation angeschlossene Bevölkerung (Variable IM_INH_oss) in Relation zum Zielwert US_oss_SHR_inh_toconwwtp_oss (Anteil der Einwohner, die potenziell angeschlossen werden können) setzen. 4. Berechnung der mittleren abflussgewichteten Ablaufkonzentrationen im Analysegebiet: Eintrag geteilt durch Abwassermenge differenziert für KA ≥ 2.000 EW und < 2.000 EW. 5. Zur Ableitung der zusätzlichen Einträge in Gewässer über den Eintragspfad „Kläranlagen“ wird zunächst die zusätzliche Abwassermenge, die der Kläranlage zugeführt wird, berechnet (Anzahl anzuschließende Einwohner multipliziert mit mittlerem Wasserverbrauch im Bundesland). Dann wird die zusätzliche Abwassermenge mit der abflussgewichteten mittleren Ablaufkonzentration im Analysegebiet multipliziert, um die zusätzlichen Einträge über Kläranlagen zu erhalten. Bei der Eintragsmodellierung wird grundsätzlich angenommen, dass der partikuläre Teil der Einwohnerfrachten (Schlämme) in die kommunalen Kläranlagen transportiert und dort mitbehandelt wird (d.h. schon in den Ablauffrachten der Kläranlagen enthalten ist). Bei Umsetzung der Maßnahme zur Erhöhung des Anschlussgrades der Bevölkerung wird nun zusätzlich die flüssige Phase und die darin gelösten Stoffmengen in die Kläranlage transportiert und behandelt.

Attribut		Beschreibung
		Zur Bilanzierung der Einträge aus Kläranlagen wird davon ausgegangen, dass unter stabilen Bedingungen in den Kläranlagen die Reduzierungsleistung und damit die Ablaufkonzentration konstant ist und von den zusätzlichen Abwassermengen nicht beeinflusst wird. Somit wird lediglich die Ablaufmenge der Kläranlagen proportional zur der gestiegenen Anzahl der in einem Analysegebiet angeschlossenen Einwohner erhöht.
	Zielgröße	maximal zu erreichender Anschlussgrad pro Analysegebiet In den Analysegebieten, in denen der Zielwert nicht erreicht ist, werden die entsprechenden Einwohner (die nur an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner) zu 100 % an die kommunalen Kläranlagen angeschlossen.
	Zielwert	Anschlussgrad der Bevölkerung im Analysegebiet: 100 %. Dieser Prozentsatz kann je nach Gebietscharakteristik angepasst werden.
	Umsetzungsgrad der Maßnahme	Anteil der Einwohner, die nur an die Kanalisation angeschlossen sind: 100 %
	Ableitung neuer Eingangsdaten für die Modellierung	keine
	Rückkopplung zu den anderen Eintragspfaden in MoRE	<u>Kanalisationssysteme:</u> Durch die Erhöhung des Anschlussgrades an kommunale Kläranlagen ist eine Verringerung der Einträge über Kanalisationssysteme zu erwarten. <u>Kläranlage:</u> Durch die Erhöhung des Anschlussgrades an kommunale Kläranlagen ist eine Erhöhung dieser Einträge zu erwarten. Um zu beurteilen, ob die Umsetzung der Maßnahme in der Gesamtbetrachtung eintragsmindernd wirkt, ist die Summe der urbanen Eintragspfade (Kanalisationssysteme und Kläranlagen) vor und nach Umsetzung der Maßnahme zu vergleichen. <u>Wasserbilanz:</u> Da die Wasserbilanz für den Oberflächenabfluss unversiegelter Flächen derzeit noch an den Oberflächenabfluss unversiegelter Flächen (Abfluss über Kanalisationssysteme) gekoppelt ist, ergibt sich durch eine Verminderung des Abflusses in die Kanalisation eine Erhöhung des Abflusses über Oberflächenabfluss unversiegelter Flächen.
	Bezugsvariable für die Maßnahme	– WWTP_large_E_N: Stickstoff-Eintrag über kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW – WWTP_small_E_N: Stickstoff-Eintrag über kommunale Kläranlagen < 2.000 EW – WWTP_E_N: Stickstoff-Eintrag über kommunale Kläranlagen – WWTP_large_E_P: Phosphor-Eintrag über kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW – WWTP_small_E_P: Phosphor-Eintrag über kommunale Kläranlagen < 2.000 EW

Attribut		Beschreibung
		– WWTP_E_P: Phosphor-Eintrag über kommunale Kläranlagen – US_nss_INH_toconwwtp_small: Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage < 2.000 EW angeschlossen werden können – US_nss_INH_toconwwtp_large: Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage ≥ 2.000 EW angeschlossen werden können
	Bezugsvariable für Kosten	Anteil der Einwohner, die bislang an die Kanalisation angeschlossen waren und über die Maßnahme an die kommunale Kläranlage angeschlossen werden sollen: US_nss_INH_toconwwtp bzw. US_nss_INH_toconwwtp_small und US_nss_INH_toconwwtp_large
	Varianten für die Eingangsdaten	Neben den Schaltervariablen wurden keine Varianten für die Eingangsdaten, sondern neue Variablen angelegt.
	Neue Modellvariablen zur Maßnahmenabbildung	US_nss_INH_toconwwtp_small: Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage < 2.000 EW angeschlossen werden können US_nss_INH_toconwwtp_large: Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage ≥ 2.000 EW angeschlossen werden können US_nss_INH_toconwwtp: Anzahl der Einwohner, die an eine bestehende kommunale Kläranlage angeschlossen werden können US_INHC_H2O: einwohnerspezifischer Wasserverbrauch [l/(E*d)] US_oss_SHR_inh_toconwwtp_oss: Anteil der Einwohner, die potenziell angeschlossen werden können, [%]
	Kosten der Maßnahme	Die Gesamtkosten der Umsetzung der Maßnahme sind abhängig von: – dem Umsetzungsgrad (Anzahl der anzuschließenden Einwohner) und – den vorhandenen Kläranlagenkapazitäten. Da nicht sicher gesagt werden kann, an welchen Kläranlagen der Anschlussgrad erhöht werden kann, wird ein Mittelwert über die abflussgewichtete mittlere Ablaufkonzentration und die in einem Analysegebiet enthaltenen Kläranlagen gebildet. Kostendaten wurden von Halbach (2003/2010) und BSUG (2013) abgeleitet. Unter der Annahme, dass für die anzuschließenden Einwohner neue Kapazitäten auf der Kläranlage geschaffen werden müssen, ergeben sich in Abhängigkeit von der mittleren Ausbaugröße der Kläranlagen eines Analysegebietes: 1. bei Kläranlagen < 2000 EW: – Investitionskosten zwischen 610 - 1.320 €/ (neu angeschlossenem Einwohner) und – Jährliche Betriebskosten zwischen 50 und 78 €/ (neu angeschlossenem Einwohner), 2. bei Anlagen ≥ 2000 EW: – Investitionskosten von 265 – 610 €/ (neu angeschlossenem Einwohner) und

Attribut		Beschreibung
		– Jährliche Betriebskosten zwischen 20 und 50 €/ (neu angeschlossenem Einwohner). Die ermittelten Jahreskosten werden entsprechend Flick et al. (2012)¹¹ als Summe der jährlichen Kapitalkosten (Investitionskosten multipliziert mit einem Annuitätsfaktor) und der jährlichen Betriebskosten errechnet.

10.2.1.2 Steckbrief der Maßnahme „Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen“

Attribut		Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)		Optimierung Kläranlagen
Maßnahmenbezeichnung		Optimierung der Betriebsweise der kommunalen Kläranlagen
Pfadbezug		kommunale Kläranlagen
Stoffe		Stickstoff, Phosphor ¹²
Zeitliche Gültigkeit der Maßnahme		2009-2011
Bezugsvariable für Maßnahme		– Stickstoff-Eintrag über kommunale Kläranlagen > 50 EW (WWTP_E_N) – Phosphor-Eintrag über kommunale Kläranlagen > 50 EW (WWTP_E_P)
Ziel		Reduzierung der Stickstoff- und Phosphor-Einträge über kommunale Kläranlagen > 50 EW
Inhaltliche Beschreibung		Im Rahmen dieser Maßnahme werden, ausgehend vom Ist-Zustand, neue Mindestanforderungen an die Ablaufkonzentrationen der kommunalen Kläranlagen formuliert. Grundlage zur Ableitung der Mindestanforderungen ist eine statistische Auswertung eines deutschlandweiten Datensatzes zu kommunalen Einleitern > 50 EW. Die neuen Mindestanforderungen wurden größenklassenspezifischen auf Basis der Verteilung der Ablaufkonzentrationen abgeleitet. Es wurden Benchmark definiert: alle Kläranlagen einer Größenklasse sollten als Zielwert im Jahresmittel mindestens die Ablaufkonzentration der besten 25 %, 50 % und 75 % (1. Quantil, Median, 3.Quantil) der Anlagen erreichen.
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		Zur Maßnahmenumsetzung in MoRE wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt: • Anlegen neuer Variablen für jede Größenklasse der kommunalen Kläranlagen – die Abwasservolumina anlagenscharf als punkt- und zeitbezogene Variable WWTP_ps_Q

¹¹ KVR-Leitlinien 2012: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 8. überarbeitete Auflage - (Juli 2012). DWA

¹² Diese Maßnahme ist prinzipiell bei allen Stoffen umsetzbar. Zusatzeffekte sind für die restlichen Stoffe zu erwarten. Diese sind jedoch aufgrund fehlender Daten derzeit nicht quantifizierbar.

Attribut	Beschreibung
	– die Ablaufkonzentrationen im Ist-Zustand ermittelt und als punkt- und zeitbezogene Variablen WWTP_ps_CONC_N bzw. WWTP_ps_CONC_P angelegt, – die Variablen für Zielwertkonzentrationen als Modellkonstanten angelegt und Varianten von den entsprechenden Zielwertkonzentrationen je Kläranlagengrößenklasse WWTP_large_CONC_tgt_cls_X_N bzw. WWTP_large_CONC_tgt_cls_X_P (X steht für die Kläranlagengrößenklasse 2 bis 4) integriert. Dabei steht Variante 1 für 1.Quartil, Variante 2 für Median und Variante 3 für 3.Quartil. für die kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW wurden – die Abwasservolumina von der Gemeinde-Ebene (höchste räumliche Auflösung, keine anlagenscharfen Informationen vorhanden) auf die Analysegebiete siedlungsflächengewichtet übertragen und als raum- und zeitbezogenen Variablen WWTP_small_Q angelegt, – die Ablaufkonzentrationen im Ist-Zustand der Anlagen aus den Nährstofffrachten rückgerechnet und als raum- und zeitbezogene Variable WWTP_small_CONC_N bzw. WWTP_small_CONC_P angelegt. – Die Variablen für Zielwertkonzentrationen als Modellkonstanten WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_N bzw. WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_P mit Varianten angelegt. Dabei steht Variante 1 für 1.Quartil, Variante 2 für Median und Variante 3 für 3.Quartil. • Prüfung der Ist-Konzentration gegen die Zielwertkonzentration: – Ist die Ist-Konzentration > der Zielwertkonzentration, so ist die Betriebsweise zu optimieren und die Berechnung der Einträge über kommunale Kläranlagen erfolgt anhand der Zielwertkonzentration. – Ist die Ist-Konzentration < der Zielwertkonzentration, so wird mit der Ist-Konzentration modelliert.
Zielgröße	Die zu erreichenden Zielwertkonzentrationen im Ablauf der kommunalen Kläranlagen je nach Kläranlagengrößenklasse, die durch Nominalbelastung bestimmt wird.
Zielwerte	Statistische Merkmale je Kläranlagengrößenklasse, die auf einer Auswertung der Ablaufkonzentrationen aller kommunalen Kläranlagen in Deutschland im 2010 beruht: 1.Quartil, Median und 3.Quartil.
Umsetzungsgrad der Maßnahme	Alle kommunalen Kläranlagen > 50 EW, die die Zielwertkonzentrationen bisher nicht erreicht haben.

Attribut		Beschreibung			
	Ableitung neuer Eingangsdaten für die Modellierung	Die vorliegenden Daten des FDZ (2013a) (kommunale Abwasserbehandlungsanlagen < 2.000 EW) und UBA (2013c) (kommunale Kläranlagen ≥ 2.000 EW) zu Ablaufkonzentrationen wurden größenklassenspezifisch statistisch ausgewertet (dabei wurden die „Ausreißer“-Werte ausgeschlossen). Für jede Größenklasse wurden Zielwerte für Ablaufkonzentrationen als 1. Quartil, Median und 3. Quartil abgeleitet.			
	Varianten				
		Namen:	Werte in mg/L	Varianten:	Quelle
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_N	8	Variante 1	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_N	4,19	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_N	3,6	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_N	4,4	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_N	5,88	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_N	13	Variante 2	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_N	7	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_N	5,5	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_N	7	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_N	8,46	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_N	20,9	Variante 3	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_N	12,33	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_N	8,7	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_N	9,75	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_N	10,92	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_P	1,7	Variante 1	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_P	1	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_P	0,58	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_P	0,42	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_P	0,3	Variante 1	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_P	2,9	Variante 2	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_P	1,71	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_P	0,9	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_P	0,66	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_P	0,4	Variante 2	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_P	5	Variante 3	FDZ (2013a)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_2_P	2,73	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_3_P	1,3	Variante 3	UBA (2013c)

Attribut		Beschreibung			
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_4_P	0,9	Variante 3	UBA (2013c)
		WWTP_small_CONC_tgt_cls_5_P	0,56	Variante 3	UBA (2013c)
	Neue Modellvariablen zur Maßnahmenabbildung	– WWTP_small_CONC_tgt_cls_1_N bzw. _P – WWTP_large_CONC_tgt_cls_2_N bzw. _P – WWTP_large_CONC_tgt_cls_3_N bzw. _P – WWTP_large_CONC_tgt_cls_4_N bzw. _P – WWTP_large_CONC_tgt_cls_5_N bzw. P Zu jeder der Variablen werden drei Varianten anlegt: – 1. Quartil – 2. Quartil – 3. Quartil			
	Rückkoppelung zu den anderen Eintragspfaden	keine			
	Bezugsvariable für Kosten	der potentiell zu eliminierende Nährstoffeintrag bezogen auf die abgeleiteten Zielwerte.			
	Räumliche Umsetzung	– deutschlandweit anlagenspezifisch für alle kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW – deutschlandweit auf Ebene der Analysegebiete für die kommunalen Kläranlagen < 2.000 EW			
	Kosten der Maßnahme	Die Gesamtkosten der Maßnahme sind abhängig von: – der jeweils eingesetzten Technologie, – vom Ausbaugrad der betroffenen Kläranlagen und – dem notwendigen Umfang der Umsetzung (Aufwand zur Zielwerterreichung). Die Gesamtkosten werden als Jahreskosten entsprechend KVR-Leitlinie¹³ über die Summe der jährlichen Kapitalkosten (Investitionskosten multipliziert mit einem Annuitätsfaktor) und der jährlichen Betriebskosten errechnet. Die Investitionskosten für die verschiedenen Verfahren zur P-Elimination für Anlagen: – kleiner 100.000 EW bewegen sich zwischen 50 und 90 €/kg eliminierte Phosphor-Fracht). – größer 100.000 EW bewegen sich zwischen 60 und 200 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages) (Böhm et al. 2002; Grossmann et al. 2011; Mutz et al. 2013). Die Kosten für die verschiedenen Verfahren zur N-Elimination bewegen sich nach Grossmann et al. (2011) und Mutz et al. (2013) zwischen 8 und 16 €/kg eliminierte Stickstoff-Fracht). Die zusätzlichen jährlichen Betriebskosten für die P-Elimination für Anlagen – kleiner 100.000 EW liegen zwischen 25 und 65 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages). – größer 100.000 EW liegen zwischen 65 und 200 €/kg des eliminiertes Phosphor-Eintrages) (Böhm et al. 2002; Grossmann et al. 2011; Mutz et al. 2013).			

¹³ KVR-Leitlinien 2012: Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen, 8. überarbeitete Auflage - (Juli 2012). DWA

Attribut	Beschreibung
	Die Betriebskosten für die weitergehende Stickstoffentfernung liegen in Anlehnung an Grossmann et al. (2011) und Mutz et al. (2013) zwischen 0,5 und 3,5 €/kg eliminierte Stickstoff-Fracht).

10.2.1.3 Steckbrief der Maßnahme „Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit im Mischsystem“

Attribut	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)	Erhöhung klärtechnische Wirksamkeit MS
Maßnahmenbezeichnung	Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit von Regenbecken im Mischsystem
Pfadbezug	Kanalisationssysteme
Stoffe	Schwermetalle, PAK ¹⁴
Bezugsvariable für Maßnahme	Schwermetall- bzw. PAK-Einträge über Mischwasserüberläufe (US_cso_E_HM_XX ¹⁵ , US_cso_E_PAH)
Inhaltliche Beschreibung	In Regenbecken im Misch- und Trennsystem findet über Sedimentation ein stofflicher Rückhalt statt. Folgende Maßnahmen wurden in MoRE unterschieden: I. Nachrüstung von RÜB/RKB durch Einbau von bspw. Schrägklärern: Durch den Einbau von Schrägklärern wird die Absetzfläche und somit die Sedimentationsleistung der Becken erhöht. Diese Optimierung ist sinnvoll in Durchlaufbecken. II. Nachschaltung von Retentionsbodenfiltern (RBF): RBF dienen als weitergehende Behandlung der Entlastungsabflüsse aus dem Misch- und Trennsystem der. Die Maßnahmen wurden in MoRE exemplarisch für das Mischsystem umgesetzt.

¹⁴ Die genannten Stoffe wurden ausgewählt aufgrund ihrer Eigenschaft, überwiegend partikulär gebunden vorzuliegen. In dem vorliegenden Vorhaben wurde die Maßnahme aufgrund der hohen Relevanz für die Stoffgruppen Schwermetalle und PAK umgesetzt und die Auswirkung dieser Maßnahme beispielhaft für die Schwermetalleinträge modelliert. Derzeit sind die Formeln in MoRE für die Modellierung von Phosphor-Einträgen für diese Maßnahme noch nicht angepasst.

¹⁵ Anstelle von XX muss das jeweilige Schwermetall eingetragen werden.

Attribut		Beschreibung		
Maßnahmenwirkung		Die Wirkung einer Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit wird oft nur als Wirkung auf Feststoffe angegeben. Manchmal finden sich auch Angaben zur Wirksamkeit auf die feine Feststofffraktion (<63µm), die bekanntermaßen besonders hoch mit Schadstoffen belastet ist. Sehr selten werden die Wirkungen auf einzelne Stoffe untersucht. Da letztere eher die Ausnahme ist, muss für den Stoffrückhalt auf die Wirksamkeit der feinen Feststoffe zurückgegriffen und diese den vorwiegend partikulär gebundenen Stoffen unterstellt werden. Folgende Wirkungen wurden angenommen: – zu I): Der mittlere Wirkungsgrad von Schrägklärern in Bezug auf feine Feststoffe beträgt nach Fuchs et al. (2013a) etwa 60 %. – zu II): Der Feststoffrückhalt beträgt nach Fuchs et al. (2010b) 95 %.		
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		Um die Auswirkung der Erhöhung der klärtechnischen Wirksamkeit von Regenbecken im Mischsystem auf die Einträge über Mischwasserüberläufe zu modellieren, wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt: – zu I): Variable angelegt, die die Sedimentationswirkung der installierten Schrägklärer in RÜB (Durchlaufbecken) abbildet (US_cso_EFF_SOT_lam_FS) – zu II): – Variable angelegt, die den Anteil des Mischwasserüberlaufvolumens darstellt, der in einem Analysegebiet einem RBF zugeführt wird (US_cso_SHR_vol_rsf_cso) – Variable angelegt, die die Filtrationswirkung der RBF abbildet (US_EFF_RS_FFS).		
	Umsetzungsgrad der Maßnahme	gültig für Mischwasserüberläufe, die nach Durchlaufbecken in RBF geleitet werden: Annahme, dass der Volumenanteil 50 % beträgt.		
	Varianten für die Eingangsdaten	Zusätzlich zu den in Abschnitt 3.5.2 dargestellten Varianten von Eingangsdaten folgende Variablen in Variante 2:		
		Namen	Variante	Werte
		US_cso_EFF_SOT_lam_FS, US_cso_SHR_vol_rsf_cso o US_EFF_RS_FFS	1	0
		US_cso_EFF_SOT_lam_FS	2	50 ¹⁶
		US_cso_SHR_vol_rsf_cso	2	50
		US_EFF_RS_FFS	2	95
	Rückkopplung zu anderen Eintragspfaden	keine		

¹⁶ Ergibt in Kombination mit 20% Rückhalt durch Durchlaufbecken einen Gesamt-Wirkungsgrad von 60%.

Attribut		Beschreibung
	Räumliche Umsetzung	Die Maßnahme kann auf Ebene der Analysegebiete deutschlandweit umgesetzt werden.
	Kosten der Maßnahme	Zu I): Aufgrund nicht vorhandener Daten zu den operablen Größen in MoRE konnte für die Maßnahme „Nachrüstung von RÜB/RKB durch Einbau von bspw. Schrägklärern“ keine Kostenschätzung vorgenommen werden. Zu II): Nachschaltung von RBF Die spezifischen Kosten sind im Wesentlichen vom Nutzvolumen abhängig und bewegen sich zwischen 100 €/m³ und 400 €/m³ Nutzvolumen (Horstmeyer et al. 2014). Diese Werte werden in MoRE für günstige bzw. ungünstige Bedingungen angenommen. Zusätzlich werden in Anlehnung an Giese (2013) Betriebskosten mit einem Mittelwert von 5,5 €/m³ berücksichtigt.

10.2.1.4 Steckbrief der Maßnahme „Neubau von Speichervolumen im Mischsystem“

Attribut		Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)		Neubau RÜB
Maßnahmenbezeichnung		Neubau von Regenüberlaufbecken (Mischsystem)
Pfadbezug		Kanalisationssysteme
Stoffe		Stickstoff, Phosphor, Schwermetalle, PAK ¹⁷
Bezugsvariable für Maßnahme		Entlastungsrate (US_cso_SHR_q_cso_css_IMP)
Inhaltliche Beschreibung		Regenbecken im Mischsystem (Regenüberlaufbecken) speichern einen Teil des Mischwasserabflusses (Speicherwirkung), sodass dieser nach einem Niederschlagsereignis einer Kläranlage zugeführt werden kann. Dadurch wird die Einleitung des Mischwasserabflusses aus dem Entwässerungssystem in das Gewässer verzögert und verringert. Durch Erhöhung des Volumens von Regenüberlaufbecken wird der in Regenüberlaufbecken gespeicherte Abfluss erhöht und dadurch weniger Mischwasserabfluss und die damit verbundenen Stoffflüsse in die Gewässer eingetragen.
Maßnahmenwirkung		Die Maßnahmenwirkung ist abhängig von den Gegebenheiten in einem Analysegebiet und als Ergebnis der Eintragsmodellierung zu sehen.
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		100 % Ausbaugrad der Mischwasserbehandlung entspricht 23,3 m³/ha. Es wird geprüft, ob der vollständige Ausbaugrad (23,3 m³/ha) in einem AU erreicht ist. Ist dies der Fall, erfolgt keine Maßnahme. Liegt das spezifische Speichervolumen unter diesem Wert, so wird angenommen, dass die Maßnahme soweit umgesetzt wird, bis 23,3 m³/ha erreicht sind.

¹⁷Prinzipiell hat diese Maßnahme Auswirkungen auf die Einträge aller Stoffe. In dem vorliegenden Vorhaben wurde die Auswirkung dieser Maßnahme beispielhaft für die Schwermetalleinträge umgesetzt.

Attribut		Beschreibung		
	Umsetzungsgrad der Maßnahme	In allen Analysegebieten, wo ein 100 %-iger Ausbaugrad der Mischwasserbehandlung nicht erreicht ist		
	Varianten für die Eingangsdaten	Zusätzlich zu den in Abschnitt 3.5.2 dargestellten Varianten von Eingangsdaten folgende Variablen in Variante 2.		
		Namen	Variante	Werte
		US_cso_SC_V_STO_tobuild	1	0
		US_cso_SC_V_STO_tobuild	2	1
	Rückkopplung zu anderen Eintragspfaden	Die Maßnahme wirkt sich über die Wasserbilanz auf den Eintragspfad Oberflächenabfluss aus, sodass dadurch ein erhöhter Oberflächenabfluss und somit höhere Einträge über den Eintragspfad Oberflächenabfluss zu erwarten sind. Zudem gibt es in der Realität eine Rückwirkung auf Einträge über Kläranlagen, da durch die Maßnahme mehr Mischwasser zu kommunalen Kläranlagen transportiert wird, so dass die Wassermenge und somit die Einträge über kommunale Kläranlagen erhöht werden. Diese Erhöhung wurde im Rahmen des Vorhabens nicht quantifiziert.		
	Räumliche Umsetzung	Die Maßnahme kann auf Ebene der Analysegebiete deutschlandweit umgesetzt werden (keine weitere räumliche Verteilung möglich).		
	Kosten der Maßnahme	Die spezifischen Kosten von Regenüberlaufbecken sind im Wesentlichen vom Nutzvolumen und lokalen Randbedingungen abhängig. Bei mittleren Bodenverhältnissen werden bei Halbach (2003a/2010) für Regenüberlaufbecken mit einem Nutzvolumen von 300 m³ volumenbezogene Investitionskosten 1.750 €/Grüning et al. (2010a)m³ angegeben. Die Betriebskosten für Regenüberlaufbecken mit einem Nutzvolumen von 300 m³ liegen in Anlehnung an Grüning et al. (2010) bei 4.330 €/a.		

10.2.1.5 Steckbrief der Maßnahme „Reduzierung der versiegelten Flächen“

Attribut	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)	Entsiegelung Mischsystem / Entsiegelung Trennsystem
Maßnahmenbezeichnung	Reduzierung der versiegelten Flächen mit Anschluss an Misch- und Trennsystem
Pfadbezug	Kanalisationssysteme
Stoffe	Stickstoff, Phosphor, Schwermetalle, PAK ¹⁸

¹⁸ Prinzipiell hat diese Maßnahme Auswirkungen auf die Einträge aller Stoffe. In dem vorliegenden Vorhaben wurde die Auswirkung dieser Maßnahme beispielhaft für die Schwermetalleinträge umgesetzt.

Attribut		Beschreibung		
Bezugsvariable für Maßnahme		Fläche innerörtlicher versiegelter Flächen innerhalb von Agglomerationsräumen (städtische Gebiete) und außerhalb von Agglomerationsräumen (ländliche Gebiete), die – an das Trennsystem angeschlossen sind (US_ss_A_IMP_aggl und US_ss_A_IMP_noaggl) – an das Mischsystem angeschlossen sind (US_cso_A_IMP_aggl und US_cso_A_IMP_noaggl) – nur an die Kanalisation angeschlossen sind (US_oss_A_IMP_noaggl) – nicht an die Kanalisation angeschlossen sind (US_nss_A_IMP_noaggl)		
Inhaltliche Beschreibung		Unter Entsiegelung versteht man die Verringerung der innerörtlichen Versiegelung (und somit der abflusswirksamen Fläche) durch – Abriss der vorhandenen Versiegelung und Umwandlung bspw. in vegetationsbedeckte Flächen, – Änderung des Belags der versiegelten Fläche unter Nutzung von bspw. Rasenpflastersteinen. Die Maßnahme wird dort durchgeführt, wo versiegelte Flächen über Kanalisationssysteme (Misch-/Trennsystem) entwässert werden.		
Maßnahmenwirkung		Für diese Maßnahme wird die Abkopplung von 10 % der versiegelten Flächen außerhalb und von 5 % der versiegelten Flächen innerhalb der Agglomerationen als sinnvoll eingestuft. Die tatsächliche Reduktion ist abhängig von den Gegebenheiten in dem Analysegebiet (Verteilung von versiegelten Flächen außerhalb und innerhalb von Agglomerationsräumen, Verteilung Misch-/Trennsystem usw) und somit als Ergebnis der Eintragsmodellierung zu sehen.		
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		Um die Auswirkung der reduzierten Flächen auf die Einträge über Kanalisationssysteme zu modellieren, wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt: – Variablen angelegt, die den prozentualen Anteil der versiegelten Flächen darstellen, die abgekoppelt werden (US_ss_SHR_a_uncpl_imp_AGGL, US_ss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_AGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_oss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_nss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL)		
	Umsetzungsgrad der Maßnahme	In allen Analysegebieten, die versiegelte Flächen außerhalb und/oder innerhalb von Agglomerationen aufweisen		
	Varianten für die Eingangsdaten	Zusätzlich zu den in Abschnitt 3.5.2 dargestellten Varianten von Eingangsdaten folgende Variablen in Variante 2.		
		Variablenname	Variante	Werte

Attribut		Beschreibung		
		US_ss_SHR_a_uncpl_imp_AGGL, US_ss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_AGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_oss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_nss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL	1	0%
		US_ss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_oss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL, US_nss_SHR_a_uncpl_imp_NOAGGL	2	10%
		US_ss_SHR_a_uncpl_imp_AGGL, US_cso_SHR_a_uncpl_imp_AGGL	2	5%
	Rückkopplung zu anderen Eintragspfaden	Die Umsetzung dieser Maßnahmen in MoRE hat Auswirkung auf die Eintragspfade: – „Grundwasser“ und – „Oberflächenabfluss“. Die Änderung der versiegelten Fläche verursacht eine Änderung der Abflusskomponenten. Es ist eine Erhöhung der Einträge über Grundwasser und den Oberflächenabfluss zu erwarten.		
	Räumliche Umsetzung	Die Maßnahme kann auf Ebene der Analysegebiete deutschlandweit umgesetzt werden.		
	Kosten der Maßnahme	Kosten von Entsiegelungsmaßnahmen können erheblich schwanken. Die Kosten spannen sich bei Assmann et al. (2013) mit 10 bis 100 €/m² angegeben. Unter der Annahme, dass eine Umsetzung und die Anforderungen an die Nachnutzung im ländlichen Bereich kostengünstiger zu realisieren sind, werden für die ökonomische Bewertung der Maßnahme in dem Modellsystem MoRE für zu entsiegelnde Flächen im ländlichen Bereich 25 €/m² für günstige Randbedingungen und 40 €/m² für ungünstige Randbedingungen veranschlagt. Für den urbanen Bereich ist davon auszugehen, dass eine Umsetzung und die Anforderungen an die Nachnutzung kostenintensiver zu realisieren sind. Entsprechend werden für den urbanen Bereich 65 €/m² für günstige Randbedingungen und 80 €/m² für ungünstige Randbedingungen veranschlagt. Als Betriebskosten werden in Anlehnung an (Böhm et al. 2002) 0,1 €/m² veranschlagt.		

10.2.2 Maßnahmen im landwirtschaftlichen Bereich

10.2.2.1 Steckbrief der Maßnahme „Erhöhung des Anteils Ökolandbau auf 10 bzw. 20 % der Landwirtschaftsflächen“

Attribut		Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)		10 % bzw. 20 % Ökologischer Landbau
Maßnahmenbezeichnung		Umsetzung von Ökolandbau auf 10 % (20 %) der Landwirtschaftsfläche
Allgemeine Beschreibung		Der Anteil landwirtschaftlich genutzter Flächen, die ökologisch bewirtschaftet werden (nach EG-Verordnung 834/2007, (BMEL 2007)), erhöht sich auf 10 % (weiteres Szenario: 20 %), im Bundesgebiet insgesamt
Pfadbezug		Dränagen, Grundwasser
Stoffe		Stickstoff (Nitrat) ¹⁹
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		Änderung der Werte der Variablen TD_SURP_refyr_N, i.e. Überschuss N-Flächenbilanz der Landwirtschaftsflächen (kg N/ha LF), im Mittel eines Kreises/kreisfr. Stadt Der Unterschied des N-Überschusses zwischen konventionellen und ökologisch wirtschaftenden Betrieben hängt stark von der Betriebsform (Marktf Frucht, Milchvieh, Veredelung, Gemischtbetrieb) ab. Für die Maßnahmen wird zunächst die Verminderung des einzelbetrieblichen N-Überschuss bei Umstellung auf Öko-Landbau ermittelt, differenziert nach Betriebsform (Produktionsrichtung) und aktuellem Niveau des N-Überschusses. Aufbauend auf diesen Auswertungen wird das Minderungspotenzial der Maßnahme für die Landwirtschaft für die regionalen Einheiten Kreise/kreisfr. Städte beschrieben. Einzelheiten: – Methodik zur Berechnung des N-Flächenbilanzüberschusses: s. Bach et al. (2014). – Abschätzung der Wirkung (einzelbetrieblich) der Maßnahme und Umsetzung für Regionalgliederung Kreise/kreisfr. Städte (s. Anhang 10.7)
	Zielgröße	Anteil der ökologisch bewirtschafteten LF an der gesamten LF (Mittel Bundesländer bzw. DE gesamt)
	Zielwert	10 % (weiteres Szenario: 20 %) ökologisch bewirtschaftete LF
	Umsetzungsgrad	Deutschland gesamt
	Ableitung neuer Eingangsdaten	Berechnung des Flächenbilanzüberschusses der Kreise/kreisfr. Städte, getrennt für (a) konventionell und (b) ökologisch bewirtschaftete LF; Mittelung des N-Überschusses für die Kreise/kreisfr. Städte gewichtet mit LF n. (a) und (b), mit Annahme Anteil (b) = 10 % bzw. 20 %; Prüfung und ggf. Selektion von Ausreißern.
	Rückkopplung zu den anderen Eintragungspfaden	keine
	Bezugsvariable	TD_SURP_refyr_N

¹⁹ Diese Maßnahme ist prinzipiell bei allen Stoffen umsetzbar. Zusatzeffekte sind für Phosphor und für Pflanzenschutzmittel zu erwarten. Diese sind jedoch derzeit nicht quantifizierbar.

Attribut		Beschreibung		
	Varianten für die Eingangsdaten			
		Namen	Variante	Beschreibung
		TD_SURP_refyr_N	Variante 3	10 % Ökologischer Landbau
		TD_SURP_refyr_N	Variante 4	20 % Ökologischer Landbau
	Potential für die räumliche Umsetzung	Maßnahme kann nur für Regionalgliederung Kreise/kreisfr. Städte umgesetzt werden, für den Bezugsraum Deutschland gesamt		
	Neue Variablen zur Maßnahmenabbildung	keine		
	Kosten der Maßnahme	Kosten für öffentliche Haushalte: Unterschied zw. Agrarförderprämien für Öko-Betriebe und konventionelle Betriebe (nur überschlägige Schätzung möglich; im Detail sehr aufwändige Ermittlung, da zahlreiche Förderprogramme existieren und zusätzlich in den 16 Bundesländern nicht einheitlich gestaltet sind). Kosten für die ökologischen Landwirtschaftsbetriebe: können nicht generell beziffert werden; Angaben zur Einkommenssituation u.a. im (jährlichen) Agrarbericht der Bundesregierung (BMEL) Die Kosten dieser Maßnahme werden nicht berechnet werden können wegen des großen Aufwands und der zeitlichen Begrenzung. Hier wird nur der generelle Ansatz zur Ermittlung dieser Größe aufgezeigt.		
	Bezugsvariable für Kosten	keine		

10.2.2.2 Steckbrief der Maßnahme „Optimierung des betrieblichen N-Düngungsmanagements“

Attribut	Beschreibung
Maßnahmenbezeichnung (Kurzname)	Optimierung N-Management
Maßnahmenbezeichnung	Optimierung des betrieblichen N-Düngungsmanagements
Allgemeine Beschreibung	Maßnahme: Alle Landwirtschaftsbetriebe im Bundesgebiet wirtschaften hinsichtlich ihres Düngungsmanagements nach „best practice“, d.h. sie reduzieren ihren N-Überschuss auf denjenigen Wert, der vom oberen Viertel (den besten 25 %) der Betriebe der gleichen Betriebsform (Marktfrucht, Milchvieh, Schweinemast, Geflügelmast, Gemischt) erreicht wird (i.e. Referenzwert für „best practice“). Durch welche Managementmaßnahmen im Einzelnen (u.a. Reduzierung N-Mineraldüngung, Zwischenfruchtanbau, bessere N-Bedarfsplanung, Precision Farming, Einsatz Nitrifikationshemmer usw.) ein Betrieb diese Reduzierung erreicht, hängt von seinen individuellen Rahmenbedingungen ab und wird im Rahmen der N-Bilanzierung nicht weiter spezifiziert.
Pfadbezug	Dränagen, Grundwasser

Attribut		Beschreibung		
Stoffe		Stickstoff (Nitrat)		
Beschreibung der Umsetzung in MoRE		Änderung der Werte der Variablen TD_SURP_refyr_N, i.e. Überschuss N-Flächenbilanz der Landwirtschaftsflächen (kg N/ha LF), im Mittel eines Kreises/kreisfr. Stadt		
	Zielgröße	Verminderung der N-Zufuhr mit Wirtschafts- und Mineraldüngung zur LF durch verbessertes N-Düngungsmanagement; dadurch induzierte Veränderung des Überschusses der N-Flächenbilanz (Mittel 2009-2011)		
	Umsetzungsgrad	Deutschland gesamt		
	Ableitung neuer Eingangsdaten	Berechnung des Flächenbilanzüberschusses der Kreise/kreisfr. Städte mit Annahmen zur Verminderung der N-Zufuhr mit Wirtschafts- und Mineraldünger zur LF gemäß Szenario „optimiertes N-Management“ – Methodik zur Berechnung des N-Flächenbilanzüberschuss: s. Bach et al. (2014) – Abschätzung der Wirkung (einzelbetrieblich) der Maßnahme und Umsetzung für Regionalgliederung Kreise/kreisfr. Städte (s. Anhang 10.7)		
	Rückkopplung zu den anderen Eintragspfaden	keine		
	Bezugsvariable	TD_SURP_refyr_N		
	Varianten für die Eingangsdaten			
		Namen	Variante	Beschreibung
		TD_SURP_refyr_N	Variante 5	Optimierung N-Management
	Potential für die räumliche Umsetzung	Maßnahme kann nur für Regionalgliederung Kreise/kreisfr. Städte umgesetzt werden		
	Neue Variablen zur Maßnahmenabbildung	keine		
	Kosten der Maßnahme	Kosten für öffentliche Haushalte: keine Kosten für Landwirtschaftsbetriebe: in den meisten Fällen ist von einer Verminderung der Kosten, d.h. Verbesserung des Betriebseinkommens auszugehen Die Kosten dieser Maßnahme werden nicht berechnet werden können wegen des großen Aufwands und der zeitlichen Begrenzung. Hier wird nur der generelle Ansatz zur Ermittlung dieser Größe aufgezeigt.		
	Bezugsvariable für Kosten	keine		

10.3 Übersicht der Gütemessstellen

Aufgelistet sind die LAWA-Messstellen nach Verwaltungsvereinbarung zwischen den Bundesländern und UBA zur Validierung der modellierten Stofffrachten.

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellenname	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
BB01	506280163	Neiße	Ratzdorf	4397,300	Polen
BB04	631000001	Spree	Cottbus	2334,300	BB
BB05	507310045	Spree	Neuzittau	6418,400	BB
BB06	414160041	Havel	Hennigsdorf	3192,700	BB
BB07	432000033	Havel	Potsdam	13662,300	BB
BB08	531000012	Oder	Frankfurt	53511,400	BB
BB09	505220011	Oder	Hohenwutzen	109990,900	BB
BB10	NE_0040	Neiße	Guben	3161,600	BB
BB11	RH_0130	Rhin	Kietz	1684,100	BB
BE01	160	Spree	Spandau	10104,000	BE
BE02	345	Havel	Krughorn	14555,000	BE
BE03	430	Teltowkanal	Kohlhasenbrück	145,000	BE
BW01	CXX023	Rhein	Öhningen	11470,000	Schweiz
BW02	CXX113	Rhein	Dogern	33987,000	BW
BW05	CXX426	Rhein	Mannheim/Rhein	54029,000	BW
BW06	CYY003	Neckar	Mannheim/Neckar	13957,000	BW
BW07	CYY104	Neckar	Kochendorf/Neckar	8510,000	BW
BW08	CYY165	Neckar	Poppenweiler	4982,000	BW
BW09	CYY200	Neckar	Deizisau	3995,000	BW
BW11	CYZ501	Neckar	Starzach-Börstingen	1512,000	BW
BW15	CSN021	Schussen	Meckenbeuren-Gerbertshaus	790,000	BW
BW16	CAR028	Argen	Tettngang-Gießen	625,000	BW
BW17	CCC010	Rotach	Friedrichshafen	397,000	BW
BW20	CQQ803	Donau	Ulm-Wiblingen/Donau	5384,000	BW
BW21	CAZ008	Radolfz.-Aach	Rielasingen	263,000	BW
BW22	CXX091	Rhein	Reckingen	14718,000	BW
BW23	CXX172	Rhein	Weil	36441,000	BW
BW24	CKI901	Kinzig	Kehl	1430,000	BW
BW25	CYY137	Neckar	Besigheim/Neckar	5590,000	BW
BW26	CEN901	Enz	Besigheim/Enz	2220,000	BW
BW27	CKO905	Kocher	Kochendorf/Kocher	1960,000	BW
BW28	Ctrue903	truegst	truegstfeld	1830,000	BW
BW30	CTA913	Tauber	Wertheim	1806,000	BW
BW041	CXX359	Rhein	Karlsruhe	50196,000	BW
BW101	CYY247	Neckar	Kirchentellinsfurt	2321,000	BW
BW131	CQQ501	Donau	Hundersingen	2629,000	BW
BY01	F613	Main	Kahl a. Main	23152,000	BY

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellename	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
BY02	F604	Main	Erlabrunn	14244,000	BY
BY03	F415	Main	Viereth	11956,000	BY
BY04	F409	Main	Hallstadt	4399,000	BY
BY06	F607	Fränkische Saale	Gemünden	2141,000	BY
BY07	F410	Regnitz	Hausen	4472,000	BY
BY08	F418	Sächsische Saale	Joditz	644,000	BY
BY09	F707	Donau	Dillingen	11315,000	BY
BY11	F219	Donau	Jochenstein	77086,000	BY
BY12	F702	Iller	Wiblingen	2115,000	BY
BY13	F717	Lech	Feldheim	3926,000	BY
BY14	F713	Lech	Füssen	1417,000	BY
BY16	F311	Naab	Heitzenhofen	5426,000	BY
BY17	F209	Isar	Plattling	8839,000	BY
BY18	F110	Amper	Moosburg/Amper	3088,000	BY
BY19	F104	Loisach	Schlehdorf	640,000	BY
BY20	F218	Inn	Passau-Ingling	26049,000	BY
BY21	F111	Inn	Kirchdorf	9905,000	BY
BY22	F116	Salzach	Laufen	6113,000	BY
BY23	F213	Große Ohe	Taferlruck	19,000	BY
BY24	F202	Donau	Kelheim	22950,000	BY
BY25	F703	Illerkanal	Ludwigsfeld	50,000	BY
BY26	F313	Regen	Marienthal	2590,000	BY
BY27	F215	Inn	Simbach	22841,000	BY
BY28	F203	Donau	Bad Abbach	26446,000	BY
BY29	F113	Inn	Eschelbach	13354,000	BY
BY30	F715	Wertach	Ettringen	681,000	BY
BY31	F714	Lech	Augsburg	2350,000	BY
BY33	F101	Donau	Bittenbrunn	19898,000	BY
BY34	F206	Donau	Deggendorf	38125,000	BY
BY35	F220	Donau	Niederaltaich	47600,000	BY
BY36	F109	Ammer	Fischen	709,000	BY
BY37	F214	Ilz	Kalteneck	762,000	BY
BY38	F103	Isar	Mittenwald	286,000	BY
BY39	F108	Isar	Moosburg/Isar	4148,000	BY
BY40	F706	Mindel	Offingen	952,000	BY
BY41	F126	Paar	Großmehring	860,000	BY
BY42	F114	Tiroler Achen	Staudach	944,000	BY
BY43	F211	Vils	Grafenmühle	1436,000	BY
BY44	F709	Wörnitz	Ronheim	1566,000	BY
BY45	F712	Donau	Schäfstall Pegel	15150,000	BY
BY151	F301	Altmühl	Dietfurt	2504,000	BY

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellename	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
HB01	DE_HB_12046	Weser	HB	38415,000	HB
HE02	HE02	Fulda	Wahnhausen	6866,000	HE
HE03	HE03	Werra	Witzenhausen-Blickershausen	5431,000	HE
HE04	HE04	Schwarzbach	Trebur-Astheim	446,000	HE
HE05	HE05	Nidda	Frankfurt-Nied	1942,000	HE
HE06	HE06	Lahn	Limburg-Staffel	4882,000	RP
HE07	HE07	Kinzig	Hanau	925,000	HE
HE08	HE08	Weschnitz	Biblis-Wattenheim	436,000	HE
HE09	HE09	Lahn	Solms-Oberbiel	3407,000	HE
HE10	HE10	Fulda	Rotenburg	2523,000	HE
HE11	HE11	Schwalm	Felsberg-Altenburg	1299,000	HE
HE011	HE011	Main	Bischofsheim	27188,000	HE
HE12	HE12	Eder	Edersee	1452,000	HE
HE13	HE13	Diemel	Bad Karlshafen-Helmarshausen	1760,000	HE
HH02	Ae4/Ae3	Alster	Haselknick	306,500	HH
HH03	Oezs	Elbe	Zollenspieker	139000,000	HH
HH011	Uesh	Elbe	Seemannshöft	139900,000	HH
MV01	205130022	Elde	Dömitz	2626,000	MV
MV02	204880024	Sude	Bandekow	2133,000	MV
MV03	108170014	Warnow	Kessin	2982,000	MV
MV04	303070035	Tollense	Demmin	1829,000	MV
MV05	302020087	Peene	Anklam	5030,000	MV
MV06	313240018	Uecker	Ueckermünde	2410,000	MV
MV07	103430016	Recknitz	Ribnitz-Damgarten	669,000	MV
MV08	203210010	Nebel	Ahrenshagen	293,000	MV
MV09	201070034	Nebel	Wolken	992,000	MV
MV10	303490013	Trebel	Wotenick	957,000	MV
MV11	207180015	Elde	Parchim	1748,000	MV
MV12	59152010	Stepenitz	Rodenberg	486,000	MV
NI01	59152010	Elbe	Schnackenburg	125482,000	ST
NI03	59752051	Elbe	Grauerort	141327,000	NI
NI04	43352010	Weser	Hemeln	12550,000	NI
NI07	48132055	Aller	Grafhorst	520,000	NI
NI08	48332010	Aller	Langlingen	3288,000	NI
NI09	48992097	Aller	Verden	15220,000	NI
NI10	48812210	Leine	Reckershausen	321,000	NI
NI11	48852542	Leine	Poppenburg	3463,000	NI
NI12	48892026	Leine	Neustadt	6043,000	NI
NI13	48292018	Oker	Groß Schwülper	1734,000	NI
NI14	49692157	Hunte	Reithörne	2344,000	NI
NI15	37712010	Ems	Herbrum	9207,000	NI

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellename	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
NI16	92862534	Vechte	Laar	1762,000	NI
NI17	36912024	Hase	Bokeloh	2968,000	NI
NI18	59452251	Ilmenau	Bienenbüttel	1545,000	NI
NI19	49572011	Weser	Farge	41730,000	HB
NI20	47692123	Große Aue	Steyerberg	1446,000	NI
NI21	59292010	Jeetzel	Seerau	1877,000	NI
NI22	59872220	Oste	Oberndorf	1487,000	NI
NI23	59652013	Lühe-Aue	Daudieck	153,000	NI
NI24	59942126	Medem	Otterndorf	199,000	NI
NI25	38832017	Barssele Tief	Detern-Scharrel	794,000	NI
NI26	39892014	Knockster Tief	Buntelsweg	414,000	NI
NI27	93912880	Harle	Nenndorf	131,000	NI
NI28	45752064	Weser	Hessisch Oldendorf	17170,000	NI
NI29	47912026	Weser	Drakenburg	21978,000	NI
NI30	48162282	Ise	Gifhorn	424,000	NI
NI31	48492040	Fuhse	Wathlingen	869,000	NI
NI32	48542230	Neue Aue	Ehlershausen	26,000	NI
NI33	48822869	Rhume	Northeim	1187,000	NI
NI34	48862863	Innerste	Sarstedt	1268,000	NI
NI35	49282075	Delme	Holzcamp	122,000	NI
NI36	49452244	Wümme-Nordarm	Ottersberg	103,000	NI
NI37	49652163	Hunte	Colnrade	1349,000	NI
NI38	49482303	Hamme	Tietjens Hütte	465,000	NI
NI39	49872057	Lune	Stotel	311,000	NI
NI40	39512011	Ems	Gandersum	12288,000	NI
NI41	49752022	Weser	Brake	44483,000	NI
NW01	000103	Rhein	Bad Honnef	141081,300	NW
NW02	000504	Rhein	Kleve-Bimmen	159680,000	NW
NW03	001004	Sieg	Bergheim	2831,900	NW
NW06	002008	Wupper	Leverkusen-Rheindorf	609,600	NW
NW07	003001	Erft	Eppinghoven	1615,500	NW
NW08	265901	Swist	Weilerswist	286,300	NW
NW10	402801	Ruhr	Villigst	2034,000	NW
NW11	422800	Lenne	Hohenlimburg	1323,600	NW
NW12	628700	Möhne	Völlinghausen	299,000	NW
NW13	006002	Lippe	Wesel	4885,900	NW
NW14	515103	Lippe	Lünen	2834,000	NW
NW15	801562	Steuer	Olfen	534,900	NW
NW17	731808	Werre	Rehme	1485,300	NW
NW20	318103	Schwalm	Neumühle	83,000	NW
NW22	101904	Rur	Einruhr	197,600	NW

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellename	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
NW041	212350	Sieg	Au	1263,500	NW
NW091	022810	Ruhr	Mülheim	4427,500	NW
NW162	702705	Weser	Porta Westfalica	19164,700	NW
NW181	805180	Ems	Rheine	3755,000	NW
NW211	107657	Rur	Vlodrop	2261,300	Niederlande
NW300	000309	Rhein	Düsseldorf	146187,000	NW
NW301	005009	Emscher	Dinslaken	775,500	NW
NW314	206106	Agger	Troisdorf	813,600	NW
NW338	441200	Volme	Hagen	425,200	NW
NW340	451400	Sieg	Siegen	429,900	NW
NW341	463309	Eder	Bad Berleburg	359,700	NW
NW342	501580	Steuer	Haltern	924,100	NW
NW352	517800	Ahse	Hamm	440,700	NW
NW367	723502	Lutter	Harsewinkel	136,500	NW
NW374	800703	Berkel	Vreden	380,100	NW
NW381	803510	Werse	Münster	753,000	NW
NW388	004108	Ruhr	Fröndenberg	1900,100	NW
NW389	030650	Dortmund-Ems-Kanal	Datteln		NW
NW390	031318	Mittellandkanal	Minden		NW
NW391	273600	Dhünn	Leverkusen	192,700	NW
NW392	315321	Niers	Goch	1275,800	NW
NW393	318644	Schwalm	Brüggen	252,900	Niederlande
NW394	416204	Möhne	Arnsberg	468,600	NW
NW395	602700	Alme	Paderborn	762,500	NW
NW396	614208	Lippe	Lippetal	2094,000	NW
NW397	735012	Bega	Bad Salzuflen	320,900	NW
NW398	740706	Johannisbach	Herford	255,000	NW
NW399	741917	Else	Kirchlengern	414,500	NW
NW400	745900	Diemel	Warburg	1079,300	NW
NW401	749618	Nethe	Beverungen	445,000	NW
NW402	752824	Emmer	Lügde	371,900	NW
NW403	755813	Große Aue	Rahden	415,000	NW
NW404	800016	Vechte	Wettringen/Vechte	183,300	NW
NW405	800132	Steinfurter Aa	Wettringen/Steinfurter Aa	204,500	NW
NW406	803157	Ems	Warendorf	1480,000	NW
RP01R	2599511100	Rhein	Koblenz/Rhein	110131,000	RP
RP02	2511510500	Rhein	Mainz	98206,000	HE
RP03R	2699511700	Mosel	Koblenz/Mosel	28100,000	RP
RP04	2619521200	Mosel	Palzem	11623,000	RP
RP05	2649525000	Saar	Kanzem	7389,000	RP
RP06	2549523200	Nahe	Grolsheim	4013,000	RP

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellename	Fläche Einzugsgebiet [km²]	Land
RP07	2629532500	Sauer	Sauer, Mündung	4276,000	RP
RP08	2691510700	Mosel	Fankel	27072,000	RP
RP09	2589535400	Lahn	Lahnstein	5924,000	RP
RP10	2391566500	Rhein	Worms	68303,000	HE
SH01	120003	Bille	Reinbek	335,000	SH
SH02	120015	Stör	Willenscharen	476,000	SH
SH03	123016	Treene	Friedrichstadt	797,000	SH
SH04	123030	Bongsiet. Kanal	Schlüttsiel	723,000	SH
SH05	126029	Schwentine	Kiel	714,000	SH
SH07	120002	Bille	SNwaldau	219,000	SH
SH08	120019	Stör	Heiligenstedten	1403,000	SH
SH09	120098	Osterau	Baß	113,000	SH
SH10	123009	Eider	Nordfeld	905,000	SH
SH11	126015	Füsinger Au	Füsing	242,000	SH
SH12	126053	Schwartau	Schwartau	209,000	SH
SH13	126134	Kremper Au	Löhrsdorfer Holz	4,100	SH
SH14	126200	Trave	Bad Segeberg	158,000	SH
SH15	126201	Kossau	Scholenfurt	89,000	SH
SH16	126202	Lachsau	Glinde	9,500	SH
SH17	120207	Elbe	Brunsbüttel	146000,000	SH
SH18	123075	Eider	Tönning	2044,000	SH
SH061	126194	Trave	Lübeck-Moisling	878,000	SH
SL01	1561	Saar	Saarbrücken Güdingen	3818,000	SL
SL02	1620	Saar	Fremersdorf	6983,000	SL
SL03	100	Prims	Nonnweiler	18,500	RP
SL04	101	Altbach	Nonnweiler	16,200	RP
SL05	189	Nied	Niedaltdorf	1337,000	SL
SL06	31	Blies	Reinheim	1798,000	SL
SN01	14003000	Lausitzer Neiße	Görlitz	1621,000	SN
SN02	14034200	Schwarze Elster	Senftenberger See	1066,000	BB
SN03	14047130	Große Röder	Gröditz	803,000	BB
SN04	14044630	Elbe	Schmilka	51391,000	SN
SN06	14030521	Freib. Mulde	ErlIn	2983,000	SN
SN07	14030520	Zwickauer Mulde	Sermuth	2361,000	SN
SN08	14023050	Vereinig. Mulde	Bad Dübén	5995,000	SN
SN09	-	Weißer Elster	Bad Elster	47,700	SN
SN10	-	Lausitzer Neiße	Bad Muskau	2558,000	Polen
SN11	-	Elbe	Zehren	54120,000	SN
SN051	-	Elbe	Dommitzsch	55655,000	SN
ST01	819380018	Elbe	Wittenberg	61879,000	ST
ST02	732040010	Elbe	Magdeburg	94699,000	ST

LAWA Nummer	Landes Nummer	Gewässername	Messstellenname	Fläche Einzugsgebiet [km ²]	Land
ST03	615150018	Schwarze Elster	Gorsdorf	5453,000	ST
ST04	831000014	Mulde	Dessau	7399,000	ST
ST05	811050014	Saale	Bad Dürrenberg	12076,000	ST
ST06	832000016	Saale	Trotha	17979,000	ST
ST07	714120017	Saale	Groß Rosenberg	24079,000	ST
ST08	810100016	Unstrut	Freyburg	6327,000	ST
ST09	832020017	Weißer Elster	Ammendorf	5384,000	ST
ST10	707020018	Havel	Toppel	24025,000	ST
ST11	712780011	Aland	Wanzer	1824,000	ST
ST12	-	Bode	Neugattersleben	3297,000	ST
TH02	2371	Werra	Gerstungen	3039,000	TH
TH06	2198	Saale	Camburg-Stöben	3977,000	TH
TH07	2217	Weißer Elster	Gera unterhalb	2186,000	TH
TH09	2150	Unstrut	Oldisleben	4173,900	TH
TH10	2381	Werra	Meiningen	1170,000	TH
TH11	2258	Saale	Rudolstadt	2679,000	TH
TH031	2167	Unstrut	Wundersleben	2494,000	TH

10.4 Gültige Gütemessstellen für die Validierung

10.4.1 Messstellen für Stickstoff

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800			1,001	0,9278		
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000			1,001	0,9961		
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000			1,390	0,9983		
BB06	50631	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_581591			1,051	0,9555		
BB08	60302	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_603000			0,993	0,9753		
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209			1,021	0,9979		
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24064003			1,001	1,0600		
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24300304			1,012	1,0600		
BY06	20418	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24409003			0,999	1,0000		
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_56001502			1,193	1,2300		
BY09	10096	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10035801			1,007	1,0000		
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10094006			0,997	1,0000		
BY151	10175	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_13407902			1,000	1,0500		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006			1,015	1,0000		
BY17	10296	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16008506			1,028	1,0000		
BY18	10263	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16607001			1,041	1,0000		
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403			1,010	1,0000		
BY24	10164	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10053009			1,004	1,0000		
BY27	10382	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18005702			0,992	1,0000		
BY28	10182	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10056302			1,005	1,0000		
BY29	10347	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18005000			0,994	1,0000		
BY30	10125	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_12406008			1,044	1,0000		
BY34	10245	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10078000			1,003	1,0000		
BY39	10285	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16006500			1,035	1,1000		
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11609000			1,002	1,0000		
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000			1,440	1,0000		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BY42	10353	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18454003			0,998	1,0000		
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508			1,009	1,0000		
BY44	10114	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11809009			1,078	1,0000		
BY45	10119	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10039802			1,006	1,0000		
HE011	20510	DE	HE	JA	JA	JA	BY_Q_24900108			1,002	1,0000		
HE02	40082	DE	HE	JA	JA	JA	NI_Q_42900201			0,997	1,0000		
HE03	40036	DE	HE	JA	JA	JA	NI_Q_41900206			0,997	1,0000		
HE05	20507	DE	HE	JA	JA	JA	HE_Q_24870055			1,001	1,1500		
HE07	20491	DE	HE	JA	JA	JA	HE_Q_24784259			1,000	1,0000		
HE08	20279	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_23942300			0,998	1,0500		
HE09	20576	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_25800200			1,006	1,0500		
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010			1,230	1,0250		
MV02	50830	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_59810	MV_Q_598310	MV_Q_59848	1,102	1,2800	1,6900	1,1500
MV03	82037	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44022			1,103	1,0000		
MV04	60539	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_48041			1,001	1,2900		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
MV06	60575	DE	MV	JA	NEIN	NEIN	MV_Q_49010			1,007	1,0000		
MV07	82017	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_45061			0,999	1,5034		
MV08	82027	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44400			0,988	1,0000		
MV09	82034	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44290			1,005	1,0000		
MV12	82047	DE	MV	NEIN	JA	NEIN	MV_Q_43411			1,020	1,1000		
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105			1,350	1,0000		
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101			1,084	1,0000		
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154			1,005	1,0000		
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102			1,050	1,0000		
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142			1,005	1,3680		
NI16	20852	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_9286162			1,165	1,0100		
NI17	30067	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_3691102			1,042	1,0000		
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125			1,120	1,0000		
NI20	40163	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4769112			1,049	1,0000		
NI21	50807	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_5934140			1,022	1,4200		
NI34	40201	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4886175			0,998	1,2600		
NI37	40321	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4965116			1,481	1,0000		
NI39	40334	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4983103			1,207	3,0900		
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080			1,000	0,9987		
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_272910000100			1,011	0,9976		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200			1,004	0,9941		
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_274790000200			1,063	0,9873		
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2769510000100			1,013	0,9301		
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100			1,001	0,9789		
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100			0,999	0,9999		
NW17	40138	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_4670000000100			0,999	0,8989		
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2829100000100			1,043	0,9442		
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010			0,999	1,0102		
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2768900000100			1,009	0,9995		
NW367	30006	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_3132900000100			1,009	0,9716		
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2765590000100			1,102	1,0594		
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2869500000200			1,070	0,9430		
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2782900000200			0,998	0,9954		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW396	20803	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2785790000300			1,034	0,9565		
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4627100000200			1,175	0,9167		
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100			1,000	0,6875		
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055			1,012	1,6280		
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100			1,033	0,9686		
NW402	40117	DE	NW	NEIN	NEIN	NEIN	NW_Q_4569300000100			1,175	0,9760		
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103			1,003	1,4072		
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100			0,998	1,0600		
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108		1,004	1,0000	-1,0000	
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400			1,004	1,0390		
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550			1,009	1,0580		
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804			1,014	1,0000		
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505			1,015	1,3300		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_2690040			1,009	0,9990		
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_2580060			1,002	1,1150		
RP10	20274	DE	HE	JA	JA	JA	BW_Q_2390020			1,008	1,0000		
RP11	20638	DE	SL	NEIN	JA	NEIN	SL_Q_1373130			1,006	1,0000		
RP13	20530	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_2546049			1,000	1,1220		
RP14	20702	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_2716046			0,994	1,1160		
SH09	50917	DE	SH	NEIN	JA	NEIN	SH_Q_114117			1,552	0,7000		
SL01	20648	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_264002200			1,107	0,9600		
SL02	20668	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_26400550			1,039	1,0000		
SL05	20666	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1102220			1,026	1,0000		
SL06	20646	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1062220			1,054	1,0000		
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020			1,371	1,1700		
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560			1,043	1,1000		
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010			1,001	1,0000		
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100			1,917	0,9990		
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135			0,997	1,0100		
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051			1,042	0,9990		

Gütemessstellen Stickstoff (n 119)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 74)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 105)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 61)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192			0,999	1,2400		
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060			1,002	1,0160		
SN12	50523	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_582060			1,034	1,0000		
SN13	50528	DE	SN	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_583200			0,998	1,0170		
SN14	50261	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_567470			1,001	1,0500		
SN17	50275	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_562070			1,081	1,0320		
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410			1,002	1,0000		
SN19	50321	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_577571			1,058	1,0000		
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070			1,004	1,0100		
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060			1,006	1,3180		
ST06	50440	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570810			1,006	1,0000		
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930			0,986	1,0000		
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360			1,010	1,0185		
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900			0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf		
ST11	50752	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_594050			1,044	1,0000		

10.4.2 Messstellen für Phosphor

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800			1,001	0,9278		
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000			1,001	0,9961		
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000			1,390	0,9983		
BB06	50631	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_581591			1,051	0,9555		
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000			0,993	0,9753		
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209			1,021	0,9979		
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500			0,998	1,0000		
BB16	50666	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5873300			1,104	0,9900		
BB18	50203	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5547100			0,996	0,8900		
BB21	60467	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_6950900			1,226	0,9500		
BW01	20044	CH		JA	NEIN	NEIN	BW_Q_3329			1,044	1,0300		
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200			0,992	1,0000		
BW05	20167	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	RP_Q_23700600			1,000	1,0300		
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690			0,998	1,0900		
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500			0,997	1,0500		
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427			1,005	1,2400		
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427			0,996	1,0000		
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420			0,999	1,0000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BW11	20176	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_411			1,014	1,2500		
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120			1,005	1,0000		
BW15	20023	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_2360			1,031	1,0000		
BW16	20017	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_2340			1,057	1,0000		
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125			1,009	1,3800		
BW21	20036	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_2341			0,979	1,0200		
BW24	20099	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_390			0,985	1,2000		
BW25	20202	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500			1,000	0,7400		
BW27	20233	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_3465			1,001	1,0100		
BW28	20243	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_3470			1,002	1,0100		
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602			1,001	1,1200		
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24064003			1,001	1,0600		
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24300304			1,012	1,0600		
BY03	20387	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24300202			1,025	1,0000		
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24010004			1,009	1,0400		
BY06	20418	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24409003			0,999	1,0000		
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24201501			1,243	1,2000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_56001502			1,193	1,2300		
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10035801			1,007	1,0000		
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10094006			0,997	1,0000		
BY12	10058	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_11405000			0,963	1,0000		
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_13407902			1,000	1,0500		
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006			1,015	1,0000		
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16008506			1,028	1,0000		
BY18	10263	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16607001			1,041	1,0000		
BY19	10267	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16404900			1,538	1,0000		
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18008008			0,994	1,0000		
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403			1,010	1,0000		
BY24	10164	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10053009			1,004	1,0000		
BY27	10382	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18005702			0,992	1,0000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BY28	10182	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10056302			1,005	1,0000		
BY29	10347	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18005000			0,994	1,0000		
BY30	10125	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_12406008			1,044	1,0000		
BY33	10146	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10046105			1,009	1,0000		
BY34	10245	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10078000			1,003	1,0000		
BY36	10249	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16613004			1,012	1,1000		
BY37	10395	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_17406005			1,114	1,0000		
BY38	10270	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_16000708			1,000	0,7500		
BY39	10285	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16006500			1,035	1,1000		
BY40	10086	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_11609000			1,002	1,0000		
BY41	10155	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_13208000			1,440	1,0000		
BY42	10353	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18454003			0,998	1,0000		
BY43	10306	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_17207508			1,009	1,0000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BY44	10114	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_11809009			1,078	1,0000		
BY45	10119	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10039802			1,006	1,0000		
BY903	20318	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24143008			1,003	1,4000		
BY904	20348	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24211200			1,049	1,0000		
BY905	20355	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24225000			1,035	1,0000		
BY906	20377	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24263000			1,005	1,0500		
HB01	40276	DE	HB	JA	JA	JA	NI_Q_49100101			0,999	1,0100		
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010			1,230	1,0250		
MV02	50830	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_59810	MV_Q_598310	MV_Q_59848	1,102	1,2800	1,6900	1,1500
MV03	82037	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44022			1,103	1,0000		
MV04	60539	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_48041			1,001	1,2900		
MV06	60575	DE	MV	JA	NEIN	NEIN	MV_Q_49010			1,007	1,0000		
MV07	82017	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_45061			0,999	1,5034		
MV08	82027	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44400			0,988	1,0000		
MV09	82034	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44290			1,005	1,0000		
MV12	82047	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_43411			1,020	1,1000		
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105			1,350	1,0000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101			1,084	1,0000		
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154			1,005	1,0000		
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102			1,050	1,0000		
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142			1,005	1,3680		
NI16	20852	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_9286162			1,165	1,0100		
NI17	30067	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_3691102			1,042	1,0000		
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125			1,120	1,0000		
NI20	40163	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4769112			1,049	1,0000		
NI21	50807	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5934140			1,022	1,4200		
NI22	50942	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_5983110			1,061	2,4300		
NI29	40167	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_47900107			1,008	1,0000		
NI31	40250	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4849104			1,060	1,0000		
NI33	40183	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4882198			1,003	1,0000		
NI34	40201	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4886175			0,998	1,2600		
NI37	40321	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965116			1,481	1,0000		
NI39	40334	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4983103			1,207	3,0900		
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080			1,000	0,9987		
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_272910000100			1,011	0,9976		
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200			1,004	0,9941		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_274790000200			1,063	0,9873		
NW091	20783	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2769510000100			1,013	0,9301		
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100			1,001	0,9789		
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100			0,999	0,9999		
NW17	40138	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_4670000000100			0,999	0,8989		
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_3390020			1,011	0,9961		
NW211	20880	DE	NL	JA	JA	JA	NW_Q_2829100000100			1,043	0,9442		
NW300	20742	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2750010			0,999	1,0102		
NW338	20780	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2768900000100			1,009	0,9995		
NW340	20714	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_2721770000200			1,123	1,0027		
NW341	40064	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_4281591000100			1,112	0,9896		
NW367	30006	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_3132900000100			1,009	0,9716		
NW388	20770	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2765590000100			1,102	1,0594		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_286950000200			1,070	0,9430		
NW395	20795	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_278290000200			0,998	0,9954		
NW396	20803	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2785790000300			1,034	0,9565		
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_462710000200			1,175	0,9167		
NW398	40134	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_464700000100			1,001	0,8117		
NW399	40137	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_466710000100			1,000	0,6875		
NW400	40100	DE	NW	JA	JA	JA	HE_Q_44950055			1,012	1,6280		
NW401	40112	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_452950000100			1,033	0,9686		
NW402	40117	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_456930000100			1,175	0,9760		
NW403	40156	DE	NW	JA	JA	JA	NI_Q_4765103			1,003	1,4072		
NW404	20838	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_9286190000100			0,984	0,9709		
NW405	20837	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_9286291000300			1,005	0,8557		
NW406	30013	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_317100000100			1,097	1,0041		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100			0,998	1,0600		
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108		1,004	1,0000	-1,0000	
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400			1,004	1,0390		
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550			1,009	1,0580		
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804			1,014	1,0000		
RP07	20621	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26200505			1,015	1,3300		
RP08	20688	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400			1,009	0,9990		
RP09	20598	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25800600			1,002	1,1150		
RP10	20274	DE	HE	JA	JA	JA	BW_Q_23900200			1,008	1,0000		
RP11	20638	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1373130			1,006	1,0000		
RP13	20530	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25460409			1,000	1,1220		
RP14	20702	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_27160406			0,994	1,1160		
SH09	50917	DE	SH	NEIN	JA	NEIN	SH_Q_114117			1,552	0,7000		
SL01	20648	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_264002200			1,107	0,9600		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umsrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umsrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umsrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
SL02	20668	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_26400550			1,039	1,0000		
SL05	20666	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1102220			1,026	1,0000		
SL06	20646	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1062220			1,054	1,0000		
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020			1,371	1,1700		
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560			1,043	1,1000		
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010			1,001	1,0000		
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100			1,917	0,9990		
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135			0,997	1,0100		
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051			1,042	0,9990		
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192			0,999	1,2400		
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060			1,002	1,0160		
SN12	50523	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_582060			1,034	1,0000		
SN13	50528	DE	SN	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_583200			0,998	1,0170		
SN14	50261	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_567470			1,001	1,0500		
SN17	50275	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_562070			1,081	1,0320		
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410			1,002	1,0000		
SN19	50321	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_577571			1,058	1,0000		
ST02	50492	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_502070			1,004	1,0100		
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060			1,006	1,3180		
ST06	50440	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570810			1,006	1,0000		
ST07	50482	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570930			0,986	1,0000		

Gütemessstellen Phosphor (n 167)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 155)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 138)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 126)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360			1,010	1,0185		
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900			0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf		
ST11	50752	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_594050			1,044	1,0000		
TH02	40022	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_420170			1,063	1,0000		
TH06	50387	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_570330			1,006	1,0000		
TH07	50339	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_576520			1,068	1,0000		
TH09	50411	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_573110			1,062	1,0000		
TH10	40010	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_420020			1,263	1,0000		
TH11	50382	DE	TH	JA	NEIN	NEIN	TH_Q_570270			1,102	1,0000		

10.4.3 Messstellen für Cadmium

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800		1,001	0,9278	
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000		1,001	0,9961	
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500		0,998	1,0000	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_23700600		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800 500		1,000	0,7400	
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465		1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_240640 03		1,001	1,0600	
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_243003 04		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240100 04		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_242015 01		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_560015 02		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100358 01		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100940 06		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_134079 02		1,000	1,0500	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16008506		1,028	1,0000	
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18008008		0,994	1,0000	
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_18005702		0,992	1,0000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11609000		1,002	1,0000	
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508		1,009	1,0000	
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24900108		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259		1,000	1,0000	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
HE08	20279	DE	HE	JA	JA	JA	HE_Q_23942300		0,998	1,0500	
HE10	40054	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42700100		1,083	1,0000	
HE12	40074	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42800502		1,147	1,0000	
HE13	40109	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,000	1,0000	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101		1,084	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_9286162		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125		1,120	1,0000	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NI37	40321	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4965116		1,481	1,0000	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100		1,011	0,9976	
NW041	20725	DE	NW	NEIN	NEIN	NEIN	NW_Q_2725910000100		1,217	1,1619	
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2747900000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2769510000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100		1,001	0,9789	
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100		0,999	0,9999	
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4670000000100		0,999	0,8989	
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_3390020		1,011	0,9961	
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2829100000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010		0,999	1,0102	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2768900000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2765590000100		1,102	1,0594	
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2869500000200		1,070	0,9430	
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2782900000200		0,998	0,9954	
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4627100000200		1,175	0,9167	
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100		1,000	0,6875	
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,012	1,6280	
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100		1,033	0,9686	
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103		1,003	1,4072	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	
RP13	20530	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25460409		1,000	1,1220	
RP14	20702	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_27160406		0,994	1,1160	
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220		1,054	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	

Gütemessstellen Cadmium (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 72)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 91)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570810		1,006	1,0000	
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930		0,986	1,0000	
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360		1,010	1,0185	
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.4 Messstellen für Chrom

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800		1,001	0,9278	
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000		1,001	0,9961	
BB05	50570	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500		0,998	1,0000	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_23700600		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800500		1,000	0,7400	
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465		1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24064003		1,001	1,0600	
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24300304		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24010004		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24201501		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_56001502		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10035801		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10094006		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_13407902		1,000	1,0500	
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16008506		1,028	1,0000	
BY18	10263	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16607001		1,041	1,0000	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BY19	10267	DE	BY	NEIN	NEIN	NEIN	BY_Q_1640490		1,538	1,0000	
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_1800800		0,994	1,0000	
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_1800040		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1800570		0,992	1,0000	
BY28	10182	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1005630		1,005	1,0000	
BY39	10285	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1600650		1,035	1,1000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1160900		1,002	1,0000	
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1320800		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_1720750		1,009	1,0000	
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_2490010		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_2487005		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_2478425		1,000	1,0000	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
HE08	20279	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_23942300		0,998	1,0500	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI08	40239	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4833101		1,084	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_9286162		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125		1,120	1,0000	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100		1,011	0,9976	
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_274790000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2769510000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100		1,001	0,9789	
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100		0,999	0,9999	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_467000000100		0,999	0,8989	
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_3390020		1,011	0,9961	
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_282910000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010		0,999	1,0102	
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_276890000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_276559000100		1,102	1,0594	
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_286950000200		1,070	0,9430	
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_278290000200		0,998	0,9954	
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_462710000200		1,175	0,9167	
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_466710000100		1,000	0,6875	
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,012	1,6280	
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_452950000100		1,033	0,9686	
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103		1,003	1,4072	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	
SH09	50917	DE	SH	NEIN	NEIN	NEIN	SH_Q_114117		1,552	0,7000	
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220		1,054	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	

Gütemessstellen Chrom (n 114)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 71)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 67)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 46)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570810		1,006	1,0000	
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930		0,986	1,0000	
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360		1,010	1,0185	
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.5 Messstellen für Kupfer

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800		1,001	0,9278	
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500		0,998	1,0000	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_23700600		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800 500		1,000	0,7400	
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465		1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240640 03		1,001	1,0600	
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_243003 04		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240100 04		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_242015 01		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_560015 02		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100358 01		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100940 06		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_134079 02		1,000	1,0500	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16008506		1,028	1,0000	
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18008008		0,994	1,0000	
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_18005702		0,992	1,0000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11609000		1,002	1,0000	
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508		1,009	1,0000	
BY903	20318	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24143008		1,003	1,4000	
BY906	20377	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24263000		1,005	1,0500	
HB01	40276	DE	HB	JA	JA	JA	NI_Q_49100101		0,999	1,0100	
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24900108		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259		1,000	1,0000	
HE08	20279	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_23942300		0,998	1,0500	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101		1,084	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_9286162		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125		1,120	1,0000	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
NI20	40163	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4769112		1,049	1,0000	
NI29	40167	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_47900107		1,008	1,0000	
NI34	40201	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4886175		0,998	1,2600	
NI39	40334	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4983103		1,207	3,0900	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100		1,011	0,9976	
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2747900000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2769510000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100		1,001	0,9789	
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100		0,999	0,9999	
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4670000000100		0,999	0,8989	
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_3390020		1,011	0,9961	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2829100000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010		0,999	1,0102	
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2768900000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2765590000100		1,102	1,0594	
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2869500000200		1,070	0,9430	
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2782900000200		0,998	0,9954	
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4627100000200		1,175	0,9167	
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100		1,000	0,6875	
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,012	1,6280	
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100		1,033	0,9686	
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103		1,003	1,4072	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	
RP11	20638	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1373130		1,006	1,0000	
RP13	20530	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25460409		1,000	1,1220	
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220		1,054	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570810		1,006	1,0000	
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930		0,986	1,0000	
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360		1,010	1,0185	
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
ST11	50752	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_594050		1,044	1,0000	

Gütemessstelle Kupfer (n 118)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 78)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 94)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 54)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Gütemessstelle (n 118)
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	JA	JA	JA	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.6 Messstellen für Quecksilber

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800			1,001	0,9278		
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000			1,001	0,9961		
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000			1,390	0,9983		
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591			1,051	0,9555		
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000			0,993	0,9753		

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209			1,021	0,9979		
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500			0,998	1,0000		
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329			1,044	1,0300		
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200			0,992	1,0000		
BW05	20167	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	RP_Q_23700600			1,000	1,0300		
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690			0,998	1,0900		
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500			0,997	1,0500		
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427			1,005	1,2400		
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427			0,996	1,0000		
BW101	20182	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_420			0,999	1,0000		
BW131	10013	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_120			1,005	1,0000		
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125			1,009	1,3800		
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341			0,979	1,0200		
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24900108			1,002	1,0000		
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201			0,997	1,0000		
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055			1,001	1,1500		

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abfluss pegel 2	Zugeordneter Abfluss pegel 3	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abfluss pegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abfluss pegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abfluss pegel 3
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259			1,000	1,0000		
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010			1,230	1,0250		
MV02	50830	DE	MV	NEIN	JA	NEIN	MV_Q_59810	MV_Q_598310	MV_Q_59848	1,102	1,2800	1,6900	1,1500
MV03	82037	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_44022			1,103	1,0000		
MV06	60575	DE	MV	JA	NEIN	NEIN	MV_Q_49010			1,007	1,0000		
MV07	82017	DE	MV	JA	JA	JA	MV_Q_45061			0,999	1,5034		
MV12	82047	DE	MV	NEIN	JA	NEIN	MV_Q_43411			1,020	1,1000		
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105			1,350	1,0000		
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101			1,084	1,0000		
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154			1,005	1,0000		
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102			1,050	1,0000		
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142			1,005	1,3680		
NI16	20852	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_9286162			1,165	1,0100		
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102			1,042	1,0000		
NI18	50859	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_5945125			1,120	1,0000		
NI37	40321	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4965116			1,481	1,0000		
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080			1,000	0,9987		
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100			1,011	0,9976		

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2736790000200			1,004	0,9941		
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2747900000200			1,063	0,9873		
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2769510000100			1,013	0,9301		
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2789770000100			1,001	0,9789		
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100100			0,999	0,9999		
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4670000000100			0,999	0,8989		
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010			0,999	1,0102		
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2765590000100			1,102	1,0594		
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2782900000200			0,998	0,9954		
NW396	20803	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2785790000300			1,034	0,9565		
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4627100000200			1,175	0,9167		
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100			1,000	0,6875		
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055			1,012	1,6280		

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100			1,033	0,9686		
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103			1,003	1,4072		
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100			0,998	1,0600		
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108		1,004	1,0000	-1,0000	
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400			1,004	1,0390		
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550			1,009	1,0580		
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804			1,014	1,0000		
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505			1,015	1,3300		
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400			1,009	0,9990		
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600			1,002	1,1150		
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200			1,107	0,9600		
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550			1,039	1,0000		
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220			1,026	1,0000		

Gütemessstellen Quecksilber (n 80)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 53)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 54)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 28)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Zugeordneter Abflusspegel 3	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 3
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220			1,054	1,0000		
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010			1,001	1,0000		
SN06	50280	DE	SN	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_566100			1,917	0,9990		
SN08	50284	DE	SN	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_560051			1,042	0,9990		
SN11	50147	DE	SN	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_501060			1,002	1,0160		
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070			1,004	1,0100		
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060			1,006	1,3180		
ST06	50440	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_570810			1,006	1,0000		
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930			0,986	1,0000		
ST09	50353	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_576900			0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf		
ST11	50752	DE	ST	NEIN	NEIN	NEIN	ST_Q_594050			1,044	1,0000		
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170			1,063	1,0000		
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330			1,006	1,0000		
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020			1,263	1,0000		
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270			1,102	1,0000		

10.4.7 Messstellen für Nickel

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800		1,001	0,9278	
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5821000		1,001	0,9961	
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_23700600		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006-2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009-2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006-2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800 500		1,000	0,7400	
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465		1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240640 03		1,001	1,0600	
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_243003 04		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240100 04		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_242015 01		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_560015 02		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100358 01		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100940 06		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_134079 02		1,000	1,0500	
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_140080 06		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_160085 06		1,028	1,0000	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18008008		0,994	1,0000	
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_18005702		0,992	1,0000	
BY28	10182	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10056302		1,005	1,0000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11609000		1,002	1,0000	
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508		1,009	1,0000	
HE011	20510	DE	HE	JA	JA	JA	BY_Q_24900108		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259		1,000	1,0000	
HE08	20279	DE	HE	JA	JA	JA	HE_Q_23942300		0,998	1,0500	
HE10	40054	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42700100		1,083	1,0000	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
HE12	40074	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42800502		1,147	1,0000	
HE13	40109	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,000	1,0000	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101		1,084	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_9286162		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125		1,120	1,0000	
NI37	40321	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4965116		1,481	1,0000	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100		1,011	0,9976	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27367 90000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27479 00000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27695 10000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27897 70000100		1,001	0,9789	
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100 100		0,999	0,9999	
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_46700 00000100		0,999	0,8989	
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_33900 20		1,011	0,9961	
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_28291 00000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27500 10		0,999	1,0102	
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27689 00000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27655 90000100		1,102	1,0594	
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_28695 00000200		1,070	0,9430	
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27829 00000200		0,998	0,9954	
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_46271 00000200		1,175	0,9167	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100		1,000	0,6875	
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,012	1,6280	
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100		1,033	0,9686	
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103		1,003	1,4072	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	
RP13	20530	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25460409		1,000	1,1220	
RP14	20702	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_27160406		0,994	1,1160	

Gütemessstellen Nickel (n 116)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220		1,054	1,0000	
SL07	20638	DE	SL	NEIN	NEIN	NEIN	SL_Q_1373130		1,006	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	NEIN	NEIN	NEIN	ST_Q_570810		1,006	1,0000	

Güte mess stellen Nickel (n 116)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 92)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 47)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 2
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930		0,986	1,0000	
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360		1,010	1,0185	
ST09	50353	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.8 Messstellen für Blei

Güte mess stellen Blei (n 117)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeord neter Abfluss pegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemesssstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemesssstelle zum Abflusspegel 2
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_660280 0		1,001	0,9278	
BB04	50534	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_582100 0		1,001	0,9961	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_5871500		0,998	1,0000	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_23700600		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800500		1,000	0,7400	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465	-	1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24064003		1,001	1,0600	
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24300304		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24010004		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24201501		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_56001502		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10035801		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_10094006		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_13407902		1,000	1,0500	
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_14008006		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_16008506		1,028	1,0000	
BY18	10263	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16607001		1,041	1,0000	
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18008008		0,994	1,0000	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_18000403		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_18005702		0,992	1,0000	
BY28	10182	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_10056302		1,005	1,0000	
BY39	10285	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_16006500		1,035	1,1000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_11609000		1,002	1,0000	
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508		1,009	1,0000	
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24900108		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259		1,000	1,0000	
HE08	20279	DE	HE	JA	JA	JA	HE_Q_23942300		0,998	1,0500	
HE10	40054	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42700100		1,083	1,0000	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
HE12	40074	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_42800502		1,147	1,0000	
HE13	40109	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,000	1,0000	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI08	40239	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4833101		1,084	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	
NI14	40326	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4965142		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_9286162		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_3691102		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_5945125		1,120	1,0000	
NI37	40321	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4965116		1,481	1,0000	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2710080		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_2729100000100		1,011	0,9976	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27367 90000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27479 00000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27695 10000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27897 70000100		1,001	0,9789	
NW162	40139	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_47100 100		0,999	0,9999	
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_46700 00000100		0,999	0,8989	
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_33900 20		1,011	0,9961	
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_28291 00000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27500 10		0,999	1,0102	
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27689 00000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27655 90000100		1,102	1,0594	
NW392	20900	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_28695 00000200		1,070	0,9430	
NW395	20795	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27829 00000200		0,998	0,9954	
NW397	40129	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_46271 00000200		1,175	0,9167	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW399	40137	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4667100000100		1,000	0,6875	
NW400	40100	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	HE_Q_44950055		1,012	1,6280	
NW401	40112	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_4529500000100		1,033	0,9686	
NW403	40156	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4765103		1,003	1,4072	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	
RP13	20530	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25460409		1,000	1,1220	
RP14	20702	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_27160406		0,994	1,1160	

Güte mess stellen Blei (n 117)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeord neter Abfluss pegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemesssstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemesssstelle zum Abflusspegel 2
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002 200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264005 50		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_110222 0		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_106222 0		1,054	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_570810		1,006	1,0000	
ST07	50482	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570930		0,986	1,0000	

Gütemessstellen Blei (n 117)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 69)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 96)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 48)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
ST09	50353	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.9 Messstellen für Zink

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
BB01	60293	PL		JA	NEIN	NEIN	BB_Q_6602800		1,001	0,9278	
BB05	50570	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5827000		1,390	0,9983	
BB06	50631	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_581591		1,051	0,9555	
BB08	60302	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	BB_Q_603000		0,993	0,9753	
BB11	50714	DE	BB	JA	JA	JA	BB_Q_5892209		1,021	0,9979	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 2
BB15	50653	DE	BB	NEIN	JA	NEIN	BB_Q_587150 0		0,998	1,0000	
BW01	20044	CH		JA	JA	JA	BW_Q_3329		1,044	1,0300	
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700 200		0,992	1,0000	
BW05	20167	DE	BW	JA	JA	JA	RP_Q_237006 00		1,000	1,0300	
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800 690		0,998	1,0900	
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800 500		0,997	1,0500	
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		1,005	1,2400	
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427		0,996	1,0000	
BW101	20182	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_420		0,999	1,0000	
BW131	10013	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_120		1,005	1,0000	
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125		1,009	1,3800	
BW21	20036	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_2341		0,979	1,0200	
BW24	20099	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_390		0,985	1,2000	
BW25	20202	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_23800 500		1,000	0,7400	
BW27	20233	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3465		1,001	1,0100	
BW28	20243	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_3470		1,002	1,0100	
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602		1,001	1,1200	
BY01	20483	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240640 03		1,001	1,0600	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 2
BY02	20399	DE	BY	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_243003 04		1,012	1,0600	
BY04	20337	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_240100 04		1,009	1,0400	
BY07	20371	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_242015 01		1,243	1,2000	
BY08	50367	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_560015 02		1,193	1,2300	
BY09	10096	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100358 01		1,007	1,0000	
BY11	10400	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_100940 06		0,997	1,0000	
BY151	10175	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_134079 02		1,000	1,0500	
BY16	10214	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_140080 06		1,015	1,0000	
BY17	10296	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_160085 06		1,028	1,0000	
BY20	10385	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_180080 08		0,994	1,0000	
BY21	10325	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_180004 03		1,010	1,0000	
BY27	10382	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_180057 02		0,992	1,0000	
BY28	10182	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_100563 02		1,005	1,0000	
BY40	10086	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_116090 00		1,002	1,0000	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 2
BY41	10155	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_13208000		1,440	1,0000	
BY43	10306	DE	BY	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_17207508		1,009	1,0000	
BY903	20318	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24143008		1,003	1,4000	
BY906	20377	DE	BY	JA	JA	JA	BY_Q_24263000		1,005	1,0500	
HB01	40276	DE	HB	JA	JA	JA	NI_Q_49100101		0,999	1,0100	
HE011	20510	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	BY_Q_24900108		1,002	1,0000	
HE02	40082	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_42900201		0,997	1,0000	
HE03	40036	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_41900206		0,997	1,0000	
HE05	20507	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24870055		1,001	1,1500	
HE07	20491	DE	HE	JA	NEIN	NEIN	HE_Q_24784259		1,000	1,0000	
HH03	50845	DE	HH	JA	JA	JA	NI_Q_5930010		1,230	1,0250	
NI07	40231	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_4813105		1,350	1,0000	
NI11	40192	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_4885154		1,005	1,0000	
NI13	40226	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_4829102		1,050	1,0000	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanz zeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanz zeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analyse gebiet	Umrechnungs faktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungs faktor Lage der Gütemess stelle zum Abflusspegel 2
NI14	40326	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_496514 2		1,005	1,3680	
NI16	20852	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_928616 2		1,165	1,0100	
NI17	30067	DE	NI	JA	NEIN	NEIN	NI_Q_369110 2		1,042	1,0000	
NI18	50859	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_594512 5		1,120	1,0000	
NI20	40163	DE	NI	JA	JA	JA	NI_Q_476911 2		1,049	1,0000	
NI29	40167	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_479001 07		1,008	1,0000	
NI34	40201	DE	NI	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_488617 5		0,998	1,2600	
NW01	20711	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27100 80		1,000	0,9987	
NW03	20735	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27291 00000100		1,011	0,9976	
NW06	20737	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27367 90000200		1,004	0,9941	
NW07	20752	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27479 00000200		1,063	0,9873	
NW091	20783	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_27695 10000100		1,013	0,9301	
NW13	20819	DE	NW	JA	JA	JA	NW_Q_27897 70000100		1,001	0,9789	
NW17	40138	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_46700 00000100		0,999	0,8989	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
NW181	30034	DE	NW	JA	NEIN	NEIN	NW_Q_3390020		1,011	0,9961	
NW211	20880	DE	NL	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2829100000100		1,043	0,9442	
NW300	20742	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2750010		0,999	1,0102	
NW338	20780	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2768900000100		1,009	0,9995	
NW388	20770	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2765590000100		1,102	1,0594	
NW396	20803	DE	NW	NEIN	JA	NEIN	NW_Q_2785790000300		1,034	0,9565	
RP01R	20599	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25700100		0,998	1,0600	
RP02	20512	DE	HE	JA	JA	JA	RP_Q_25100100	BY_Q_24900108	1,004	1,0000	-1,0000
RP03R	20694	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_26900400		1,004	1,0390	
RP05	20669	DE	RP	JA	JA	JA	SL_Q_26400550		1,009	1,0580	
RP06	20541	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25400804		1,014	1,0000	
RP07	20621	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26200505		1,015	1,3300	
RP08	20688	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_26900400		1,009	0,9990	
RP09	20598	DE	RP	NEIN	JA	NEIN	RP_Q_25800600		1,002	1,1150	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
RP11	20638	DE	SL	JA	JA	JA	SL_Q_1373130		1,006	1,0000	
RP13	20530	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_25460409		1,000	1,1220	
RP14	20702	DE	RP	JA	JA	JA	RP_Q_27160406		0,994	1,1160	
SL01	20648	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_264002200		1,107	0,9600	
SL02	20668	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_26400550		1,039	1,0000	
SL05	20666	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1102220		1,026	1,0000	
SL06	20646	DE	SL	JA	NEIN	NEIN	SL_Q_1062220		1,054	1,0000	
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020		1,371	1,1700	
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560		1,043	1,1000	
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010		1,001	1,0000	
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100		1,917	0,9990	
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135		0,997	1,0100	
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051		1,042	0,9990	
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192		0,999	1,2400	
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060		1,002	1,0160	
SN14	50261	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_567470		1,001	1,0500	
SN17	50275	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562070		1,081	1,0320	
SN18	50265	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_564410		1,002	1,0000	
SN19	50321	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_577571		1,058	1,0000	

Gütemessstellen Zink (n 110)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 76)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 86)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 52)	Zugeordneter Abflusspegel 1	Zugeordneter Abflusspegel 2	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 1	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel 2
ST02	50492	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_502070		1,004	1,0100	
ST03	50230	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_553060		1,006	1,3180	
ST06	50440	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_570810		1,006	1,0000	
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930		0,986	1,0000	
ST08	50430	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_573360		1,010	1,0185	
ST09	50353	DE	ST	JA	JA	JA	ST_Q_576900		0,961	+ 0,09 m³/s (MNQ Reide) bzw. + 0,288 m³/s (MQ Reide) je nach Bedarf	
ST11	50752	DE	ST	NEIN	JA	NEIN	ST_Q_594050		1,044	1,0000	
TH02	40022	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_420170		1,063	1,0000	
TH06	50387	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570330		1,006	1,0000	
TH07	50339	DE	TH	JA	JA	JA	TH_Q_576520		1,068	1,0000	
TH10	40010	DE	TH	JA	JA	JA	TH_Q_420020		1,263	1,0000	
TH11	50382	DE	TH	NEIN	JA	NEIN	TH_Q_570270		1,102	1,0000	

10.4.10 Messstellen für PAK₉

Gütemessstellen PAK ₉ (n 19)	Analysegebiet ID	Staat	Bundesland	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 14)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 14)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 10)	Zugeordneter Abflusspegel	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel
BW041	20118	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23700200	0,992	1,0000
BW06	20259	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800690	0,998	1,0900

Gütemessstellen PAK ₉ (n 19)	Analyse gebiet ID	Staat	Bundes land	gültig im Bilanzzeitraum 2006 2008 (n 14)	gültig im Bilanzzeitraum 2009 2011 (n 14)	gültig im Zeitraum 2006 2011 (n 10)	Zugeordneter Abflusspegel	Faktor Analysegebiet	Umrechnungsfaktor Lage der Gütemessstelle zum Abflusspegel
BW07	20222	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_23800500	0,997	1,0500
BW08	20200	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427	1,005	1,2400
BW09	20196	DE	BW	JA	NEIN	NEIN	BW_Q_427	0,996	1,0000
BW20	10037	DE	BW	JA	JA	JA	BW_Q_125	1,009	1,3800
BW30	20457	DE	BW	NEIN	JA	NEIN	BW_Q_44602	1,001	1,1200
HE011	20510	DE	HE	NEIN	JA	NEIN	BY_Q_24900108	1,002	1,0000
HH03	50845	DE	HH	NEIN	JA	NEIN	NI_Q_5930010	1,230	1,0250
SN02	50175	DE	BB	JA	NEIN	NEIN	SN_Q_553020	1,371	1,1700
SN03	50193	DE	BB	JA	JA	JA	SN_Q_554560	1,043	1,1000
SN04	50119	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501010	1,001	1,0000
SN06	50280	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_566100	1,917	0,9990
SN07	50279	DE	SN	NEIN	JA	NEIN	SN_Q_562135	0,997	1,0100
SN08	50284	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_560051	1,042	0,9990
SN10	60241	PL		JA	JA	JA	SN_Q_660192	0,999	1,2400
SN11	50147	DE	SN	JA	JA	JA	SN_Q_501060	1,002	1,0160
ST02	50492	DE	ST	NEIN	NEIN	NEIN	ST_Q_502070	1,004	1,0100
ST07	50482	DE	ST	JA	NEIN	NEIN	ST_Q_570930	0,986	1,0000

10.5 Gütemessstellen deren Einzugsgebiet vollständig in Deutschland liegt

Gütemessstelle	Analysegebiet ID	Bundesland
BB06	50631	BB
BB09	60452	BB
BB10	60267	BB
BB11	50714	BB
BB13	50586	BB
BB14	50653	BB
BB14	50653	BB
BB16	50666	BB
BB18	50203	BB
BB21	60467	BB
BW02	20063	BW
BW06	20259	BW
BW07	20222	BW
BW08	20200	BW
BW09	20196	BW
BW09	20196	BW
BW11	20176	BW
BW11	20176	BW
BW131	10013	BW
BW15	20023	BW
BW16	20017	BW
BW17	20025	BW
BW20	10037	BW
BW21	20036	BW
BW22	20049	BW
BW24	20099	BW
BW25	20202	BW
BW26	20215	BW
BW27	20233	BW
BW28	20243	BW
BW30	20457	BW
BW92	20086	BW
BY01	20483	BY
BY02	20399	BY
BY03	20387	BY
BY04	20337	BY
BY06	20418	BY
BY07	20371	BY
BY22	10379	BY
BY23	10387	BY

Gütemesssstelle	Analysegebiet ID	Bundesland
BY40	10086	BY
BY41	10155	BY
BY43	10306	BY
BY44	10114	BY
BY903	20318	BY
BY904	20348	BY
BY905	20355	BY
BY906	20377	BY
HB01	40276	HB
HB01	40276	HB
HE02	40082	HE
HE03	40036	HE
HE05	20507	HE
HE07	20491	HE
HE08	20279	HE
HE09	20576	HE
HE10	40054	HE
HE12	40074	HE
HE13	40109	HE
HE13	40109	HE
MV01	50786	MV
MV02	50830	MV
MV03	82037	MV
MV04	60539	MV
MV05	60550	MV
MV07	82017	MV
MV08	82027	MV
MV09	82034	MV
MV12	82047	MV
NI07	40231	NI
NI08	40239	NI
NI10	40170	NI
NI11	40192	NI
NI13	40226	NI
NI14	40326	NI
NI17	30067	NI
NI18	50859	NI
NI19	40309	HB
NI20	40163	NI
NI21	50807	NI
NI22	50942	NI
NI29	40167	NI
NI31	40250	NI

Gütemesssstelle	Analysegebiet ID	Bundesland
NI33	40183	NI
NI34	40201	NI
NI35	40305	NI
NI36	40287	NI
NI37	40321	NI
NI39	40334	NI
NW02	20826	NW
NW03	20735	NW
NW03	20735	NW
NW06	20737	NW
NW07	20752	NW
NW08	20744	NW
NW08	20744	NW
NW10	20770	NW
NW10	20770	NW
NW11	20776	NW
NW12	20765	NW
NW13	20819	NW
NW15	20814	NW
NW15	20814	NW
NW17	40138	NW
NW17	40138	NW
NW20	20889	NW
NW314	20734	NW
NW338	20780	NW
NW340	20714	NW
NW341	40064	NW
NW342	20817	NW
NW352	20806	NW
NW367	30006	NW
NW374	20832	NW
NW381	30021	NW
NW391	20738	NW
NW392	20900	NW
NW394	20767	NW
NW395	20795	NW
NW396	20803	NW
NW397	40129	NW
NW398	40134	NW
NW399	40137	NW
NW400	40100	NW
NW401	40112	NW
NW402	40117	NW

Gütemesssstelle	Analysegebiet ID	Bundesland
NW403	40156	NW
NW404	20838	NW
NW405	20837	NW
NW406	30013	NW
RP04	20602	RP
RP06	20541	RP
RP09	20598	RP
RP12	20148	RP
RP13	20530	RP
RP14	20702	RP
SH09	50917	SH
SH13	81017	SH
SH15	81027	SH
SL03	20655	RP
SL03	20655	RP
SN01	60198	SN
SN02	50175	BB
SN03	50193	BB
SN13	50528	SN
SN18	50265	SN
SN19	50321	SN
ST03	50230	ST
ST08	50430	ST
ST11	50752	ST
TH02	40022	TH
TH05	50389	TH
TH09	50411	TH
TH10	40010	TH

10.6 Planungseinheiten

10.6.1 Änderungen der ursprünglichen Zuweisung nach Land

ID AU	Neuzuweisung zu ID PE	Ursprüngliche Zuweisung zu PE	Land
20902	MAA_NORD	DRH_DEL, MAA_NORD	DE_NW
40038	FUL_PE04	FUL_PE04, UM_PE01, UM_PE02	DE_BY
50147	MES_ES2	MES_ES1, MES_ES2, MES_SE	DE_SN
50227	MES_SE	MES_ES2, MES_SE	DE_SN
50497	MEL_PE07	ALL_PE04, HAV_PE04, MEL_PE02, MEL_PE03, MEL_PE07	DE_ST
50893	TEL_KAB	TEL_IES, TEL_KAB, TEL_TES	DE_HH

10.6.2 Übersicht der Planungseinheiten

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU vollständig	Anzahl AU teilweise
ALL_PE01	Aller/Böhme	NI	Aller	1491,650	9	0
ALL_PE02	Aller/Örtze	NI	Aller	2280,290	20	0
ALL_PE03	Fuhse/Wietze	NI	Aller	1901,560	7	0
ALL_PE04	Aller/Quelle	NI, ST	Aller	1702,680	12	0
ALL_PE05	Oker	NI, ST	Aller	1819,870	11	0
AP_PE01	Altmühl	BY	Donau	3260,580	17	2
AP_PE02	Untere Paar/ Donaumoos	BY	Donau	1827,490	17	2
AP_PE03	Ilm/Abens	BY	Donau	1046,080	3	2
AP_PE04	Obere Paar	BY	Donau	563,030	1	0
ARB_PE10	Argen (BW)	BY, BW	Alpenrhein/Bodense e	442,740	4	0
ARB_PE11	Schussen	BW	Alpenrhein/Bodense e	828,330	6	0
ARB_PE12	Bodenseegebiet (BW) unterh. Schussen bis oberh. Eschenzer Hor	BW	Alpenrhein/Bodense e	1251,990	11	1
BO_PE01	Bodensee	BY	Alpenrhein/Bodense e	597,030	5	0
DON_PE60	Donau bis einschl. Donauversickerung	BW	Donau	1298,850	4	0
DON_PE61	Donau unterh. Donauversickerung bis einschl. Lauchert	BW	Donau	844,920	4	0
DON_PE62	Ablach-Kanzach	BW	Donau	1141,880	11	0
DON_PE63	Große Lauter	BW	Donau	1037,580	12	0
DON_PE64	Pfinz-Saalbach- Kraichbach	BY, BW	Donau	1675,280	14	0
DON_PE65	Donau (BW) unterh. Iller	BY, BW	Donau	2068,150	22	1
DRH_DEL	Deltarheinzufüsse NRW	NW	Deltarhein	135,600	1	0
DRH_ISS	Issel/Berkel NRW	NW	Deltarhein	1426,110	5	0
DRH_VEC	Vechte	NI, NW	Deltarhein	1810,440	16	0
EID_ABK	Arlau / Bongsieler Kanal	SH	Eider	3842,670	12	1
EID_EIT	Eider / Treene	SH	Eider	4417,410	11	1
EID_MIE	Miele	SH	Eider	1096,920	5	0
EMN_EMA	Ems-Ästuar	NI	Ems-Ästuar	334,860	4	1
EMN_EMA_00	Ems-Ästuar bis 12 sm	NI	Ems-Ästuar	159,380	0	0

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teil weise
EMN_LED	Leda-Jümme	NI	Leda-Jümme	2163,220	17	0
EMN_UEM	Untere Ems	NI	Untere Ems	3431,800	22	2
EMN_UEM_00	Untere Ems bis 12 sm	NI	Untere Ems	1810,640	0	0
EMS_EMN	Ems/Nordradde	NI	Ems/Nordradde	1494,750	12	0
EMS_HAS	Hase	NI, NW	Hase	3093,830	21	0
EMS_OEM	Obere Ems	NI, NW	Obere Ems	4828,350	46	0
FUL_PE01	Diemel	HE, NW	Fulda/Diemel	1764,280	17	0
FUL_PE02	Eder	HE, NW	Fulda/Diemel	2060,320	16	0
FUL_PE03	Schwalm	HE	Fulda/Diemel	1298,760	7	0
FUL_PE04	Fulda	BY, HE, NI, TH	Fulda/Diemel	3586,480	23	1
HAV_PE01	Obere Havel	BB, BE, MV	Havel	3399,400	36	0
HAV_PE02	Rhin	BB, MV, ST	Havel	1743,030	16	0
HAV_PE03	Dosse-Jäglitz	BB, MV, ST	Havel	1434,490	9	0
HAV_PE04	Untere Havel	BB, BE, ST	Havel	4668,520	49	0
HAV_PE05	Plane-Buckau	BB, ST	Havel	950,270	9	0
HAV_PE06	Nuthe	BB, BE	Havel	1801,640	13	0
HAV_PE07	Untere Spree 2	BB, BE	Havel	1523,220	17	2
HAV_PE08	Dahme	BB, BE	Havel	2099,160	12	0
HAV_PE09	Untere Spree 1	BB	Havel	1599,400	9	2
HAV_PE10	Mittlere Spree	BB	Havel	2479,950	24	2
HAV_PE11	Obere Spree	BB, SN	Havel	2083,740	14	1
HRH_PE20	Hochrhein (BW) Eschenzer Horn bis oberh. Aare	BW	Hochrhein	1253,490	12	1
HRH_PE21	Hochrhein (BW) unterh. Aare bis einschl. Wiese	BW	Hochrhein	1085,650	6	0
IL_PE01	Unterer Lech	BY	Donau	553,960	2	0
IL_PE02	Mittlerer und Oberer Lech/Wertach	BY	Donau	2464,930	14	0
IL_PE03	Schmutter/Zusam/ Mindel/Günz	BY	Donau	3155,010	14	1
IL_PE04	Iller	BY	Donau	1534,560	12	1
IL_PE05	Untere Günz und Mindel/Kessel	BY	Donau	1029,190	19	1
IL_PE06	Wörnitz/Untere Eger	BY	Donau	1376,700	5	0
IN_PE01	Untere Donau	BY	Donau	1351,910	14	0

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teilweise
IN_PE02	Vils (Niederbayern)	BY	Donau	2546,130	16	1
IN_PE03	Rott	BY	Donau	1684,000	6	1
IN_PE04	Mittlerer Inn	BY	Donau	2101,150	9	0
IN_PE05	Tiroler Achen/Traun/Chiemsee/Alz	BY	Donau	1493,260	8	1
IN_PE06	Oberer Inn/Tegernsee	BY	Donau	1611,820	17	0
IN_PE07	Salzach/Saalach/Waginger-Tachingen-See	BY	Donau	1173,650	10	1
IS_PE01	Kleine und Große Laaber	BY	Donau	854,340	2	3
IS_PE02	Nördliche Donauzuflüsse (Straubing bis Deggendorf)	BY	Donau	727,530	4	3
IS_PE03	Untere Isar (ab Landshut)	BY	Donau	1524,880	8	4
IS_PE04	Amper/Ammersee/Starnberger See	BY	Donau	2483,770	14	0
IS_PE05	Mittlere Isar (Loisach bis Landshut)	BY	Donau	2008,660	9	0
IS_PE06	Ammer/Staffelsee	BY	Donau	711,640	3	0
IS_PE07	Obere Isar (bis Loisach)/Walchenseeloch/Kochelsee	BY	Donau	1713,750	11	0
LAN	Lausitzer Neiße	BB, SN	Lausitzer Neiße	1407,470	53	0
LEI_PE01	Leine/Westaue	NI	Leine	2281,670	15	1
LEI_PE02	Innerste	NI	Leine	1265,240	7	0
LEI_PE03	Leine/Ilme	HE, NI, TH	Leine	1783,310	9	1
LEI_PE04	Rhume	NI, TH	Leine	1192,100	13	0
MAA_NORD	Maas Nord NRW	NW	Maas	1760,990	11	0
MAA_SUED	Maas Sued NRW	NW	Maas	2236,020	16	0
MAI_PE01	Rodau, Gersprenz, Mümling	HE	Main	1108,900	3	5
MAI_PE02	Gewässer Vordertaunus und Nidda	HE	Main	2232,510	12	3
MAI_PE03	Kinzig	HE	Main	1053,730	5	2
MAI_PE50	Tauber (BW)	BY, BW	Main	1185,600	11	2

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teilweise
MAI_PE51	Main (BW) unterh. Tauber	BY, BW, HE	Main	447,650	4	0
MEL_PE01	Nuthe	BB, ST	Mittelbe-Elde	547,620	5	0
MEL_PE02	Ehle	BB, ST	Mittelbe-Elde	530,730	2	0
MEL_PE03	Ohre	NI, ST	Mittelbe-Elde	1776,050	14	0
MEL_PE04	Tanger	ST	Mittelbe-Elde	466,590	3	0
MEL_PE05	Milde-Biese-Aland	NI, ST	Mittelbe-Elde	1910,220	10	0
MEL_PE06	Jeetze - Seege	NI, ST	Mittelbe-Elde	2420,890	22	2
MEL_PE07	Elbe von Saale bis Havel	BB, ST	Mittelbe-Elde	721,950	10	0
MEL_PE08	Elbe von Havel bis Geesthacht	BB, MV, NI, SH, ST	Mittelbe-Elde	231,530	11	3
MEL_PE09	Stepenitz-Karthane-Löcknitz	BB, MV, NI, ST	Mittelbe-Elde	2242,040	13	1
MEL_PE10	Elde-Müritz	BB, MV, NI	Mittelbe-Elde	2693,180	19	1
MEL_PE11	Sude	MV, NI, SH	Mittelbe-Elde	3011,640	32	2
MES_ES1	Elbestrom 1	SN	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	2341,030	21	0
MES_ES2	Elbestrom 2	BB, SN, ST	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	3062,000	28	0
MES_FM	Freiberger Mulde	SN	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	2662,410	13	0
MES_SE	Schwarze Elster	BB, SN, ST	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	5655,220	72	0
MES_VM	Vereinigte Mulde	SN, ST	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	2055,720	18	0
MES_ZM	Zwickauer Mulde	SN, TH	Mulde-Elbe-Schwarze Elster	2272,920	13	0
MOD	Mittlere Oder	BB	Mittlere Oder	690,770	8	1
MOS_BLS	Blies	RP, SL	Mosel/Saar	1569,060	18	1
MOS_EFB	Elzbach/Flaumbach-Baybach	RP	Mosel/Saar	1245,280	3	5
MOS_KYL	KYLL	RP, NW	Mosel/Saar	846,420	2	2
MOS_MOS	Mosel	RP, SL	Mosel/Saar	779,820	6	7
MOS_PRI	Prims	RP, SL	Mosel/Saar	734,700	9	0
MOS_PSA	Pr²m/SauerSauer	RP, NW	Mosel/Saar	1343,250	11	1
MOS_RUS	Ruwer-Drohn/Salm-Lieser	RP	Mosel/Saar	1702,620	9	5
MOS_SAA	Saar	RP, SL	Mosel/Saar	1283,040	9	1
MRH_ALW	Alsenz-Wiesbach	RP	Mittelrhein	720,710	3	2
MRH_GLA	Glan	RP, SL	Mittelrhein	1225,440	7	2

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teilweise
MRH_LAH	Dill/Mittlere Lahn Nord/Untere Lahn	RP, NW, HE	Mittelrhein	5933,120	51	1
MRH_NAH	Nahe	RP, SL	Mittelrhein	2124,650	15	3
MRH_PE01	Ahr/Erft/Mittelrhein/Netze/Wisper	RP, NW, HE	Mittelrhein	2556,240	19	2
MRH_SAW	Saynbach/Wied	RP, NW	Mittelrhein	993,490	5	0
NEC_PE40	Neckar bis einschl. Starzel	BW	Neckar	1712,490	10	0
NEC_PE41	Neckar unterh. Starzel bis einschl. Fils	BW	Neckar	2249,870	18	0
NEC_PE42	Neckar unterh. Fils bis oberh. Enz	BW	Neckar	1626,660	7	0
NEC_PE43	Große Enz	BW	Neckar	327,660	1	1
NEC_PE44	Nagold	BW	Neckar	1144,440	4	1
NEC_PE45	Enz unterh. Nagold bis Mündung Neckar	BW	Neckar	756,250	7	1
NEC_PE46	Neckar unterh. Enz bis oberh. Kocher	BW	Neckar	663,480	7	1
NEC_PE47	Kocher	BW	Neckar	1960,890	11	1
NEC_PE48	Jagst	BW, BY	Neckar	1836,860	9	1
NEC_PE49	Neckar unterh. Kocher (ohne Jagst) bis Mündung Rhein	BY, BW, HE	Neckar	1660,320	16	2
NR_PE01	Waldnaab/Haidenaab	BY	Donau	1696,310	8	0
NR_PE02	Naab/Schwarze Laber	BY	Donau	2984,240	17	3
NR_PE03	Vils (Oberpfalz)	BY	Donau	1102,960	3	1
NR_PE04	Regen	BY	Donau	3638,180	16	7
NRH_EMR	Emscher	NW	Niederrhein	857,810	1	0
NRH_ERF	Erft	NW	Niederrhein	1799,240	11	0
NRH_LIP	Lippe	NW	Niederrhein	4889,700	31	0
NRH_RHE	Rheingraben-Nord	NW	Niederrhein	3194,140	20	0
NRH_RUH	Ruhr	NW	Niederrhein	4484,940	23	0
NRH_SIE	Sieg	HE, NW, RP	Niederrhein	2876,770	25	0
NRH_WUP	Wupper	NW	Niederrhein	810,820	3	0
OM_PE01	Oberer Main/Itz	BY, TH	Main	2271,420	22	2
OM_PE02	Roter und Weißer Main/Rodach/Steinach	BY, TH	Main	2171,920	21	0

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teil weise
ORH_ISE	Isenach-Eckbach	RP	Oberrhein	708,760	6	2
ORH_PE14	Oberer Oberrhein	BW, RP	Oberrhein	154,800	9	7
ORH_PE30	Kander-Möhlin	BW	Oberrhein	683,890	2	0
ORH_PE31	Elz-Dreisam	BW	Oberrhein	1613,580	8	0
ORH_PE32	Kinzig	BW	Oberrhein	1426,090	12	0
ORH_PE33	Acher-Rench	BW	Oberrhein	922,020	7	1
ORH_PE34	Murg-Alb	BW, RP	Oberrhein	1127,590	7	3
ORH_PE35	Pfinz-Saalbach-Kraichbach	BW, RP	Oberrhein	1613,540	13	7
ORH_PE36	Oberrhein unterh. Neckarmündung	BW, HE, RP	Oberrhein	2069,210	25	6
ORH_SLZ	Selz-Pfrimm	RP	Oberrhein	1111,830	5	3
ORH_SPY	Speyerbach	RP	Oberrhein	783,600	6	3
ORH_SQW	Sauerbach/Queich-Klingbach/Wieslauter	BW, RP	Oberrhein	1274,900	9	3
PE_BWSMAI	Bundeswasserstraße Main	BY, HE	Main	336,440	2	5
RE_PE01	Untere Regnitz/Aisch	BY	Main	1764,340	10	4
RE_PE02	Obere Regnitz/Zenn/Schwabach	BY	Main	1089,200	9	3
RE_PE03	Rednitz/Rezat/Untere Pegnitz	BY	Main	2312,840	15	1
RE_PE04	Wiesent/östliche Regnitzzuflüsse	BY	Main	1240,310	8	5
RE_PE05	Mittlere und obere Pegnitz	BY	Main	1116,750	2	1
SAL_BOD	Bode von Quelle bis Großer Graben	NI, ST, TH	Saale	1248,200	12	0
SAL_BOM	Bode von Großer Graben bis Mündung	ST	Saale	718,180	5	0
SAL_EGE	Eger	BY	Eger und Untere Elbe	912,230	1	0
SAL_GER	Gera	TH	Saale	1077,400	5	0
SAL_GGR	Großer Graben	NI, ST	Saale	850,180	10	0
SAL_HEL	Helme	NI, ST, TH	Saale	1310,920	14	0
SAL_ILM	Ilm	ST, TH	Saale	1031,590	2	0
SAL_MSA	Mittlere Saale	ST, TH	Saale	1448,620	7	0
SAL_OUN	Obere Unstrut	TH	Saale	863,350	3	0

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teil weise
SAL_OWE	Obere Weiße Elster / Eger	SN, TH	Saale	990,770	8	1
SAL_OWE_SN	Sächsische Weiße Elster / Eger	BY, SN, TH	Saale	1277,620	10	0
SAL_SAL	Saale/Obere Saale	BY, SN, TH	Saale	1950,600	17	0
SAL_SCH	Schwarza	TH	Saale	505,030	3	0
SAL_SEL	Selke	ST, TH	Saale	482,550	3	0
SAL_SEW	Saale von Weiße Elster bis Wipper	ST	Saale	1140,980	7	0
SAL_SIE	Saale von Ilm bis Weiße Elster	SN, ST, TH	Saale	1236,510	13	0
SAL_SWI	Saale von Wipper bis Mündung	SN, ST	Saale	1144,460	12	0
SAL_UNS	Mittlere und Untere Unstrut	ST, TH	Saale	2457,750	15	0
SAL_UWE	Untere Weiße Elster / Pleiße	SN, ST, TH	Saale	1298,850	14	1
SAL_UWE_SN	Sächsische Weiße Elster / Pleiße	SN, ST, TH	Saale	1788,870	18	0
SAL_WIS	Wipper	ST	Saale	621,220	3	0
SAL_WIU	Bode/Wipper	TH	Saale	671,930	3	0
STH	Stettiner Haff	BB, MV	Stettiner Haff	3912,010	31	4
STR_KOG	Kossau / Oldenburger Graben	SH	Schlei/Trave	4109,020	19	1
STR_SLE	Schlei	SH	Schlei/Trave	1618,770	11	0
STR_STEP	Stepenitz	MV, SH	Schlei/Trave	760,380	7	0
STR_SWE	Schwentine	SH	Schlei/Trave	759,780	3	0
STR_TRA	Trave	MV, SH	Schlei/Trave	1968,100	12	1
TEL_HAD	Hadeln	NI	Tide-Elbe	623,150	5	0
TEL_IES	Ilmenau/Este/Seeve	HH, NI, ST	Tide-Elbe	3975,790	31	3
TEL_KAB	Krückau-Alster-Bille	HH, SH	Tide-Elbe	1937,510	18	5
TEL_LAS	Lühe/Aue-Schwinge	HH, NI	Tide-Elbe	700,920	7	0
TEL_NOK	Nord-Ostsee-Kanal	SH	Tide-Elbe	1721,430	11	1
TEL_OST	Oste	NI	Tide-Elbe	1740,590	10	0
TEL_STR	Stör	SH	Tide-Elbe	1969,580	12	2
TEL_TES	Tideelbestrom	HH, NI, SH	Tide-Elbe	3210,210	8	7
TWE_PE01	Weser bis 12 sm	NI	Tide-Weser	288,030	0	0
TWE_PE02	Unterweser	NI, HB	Tide-Weser	4726,690	31	1
TWE_PE03	Hunte	NI, NW	Tide-Weser	2589,830	19	1
TWE_PE04	Weser/Ochtum	NI, HB	Tide-Weser	917,660	11	0

ID PE	Name	Land	Koordinierungsraum	Fläche [km²]	Anzahl AU voll ständig	Anzahl AU teil weise
TWE_PE05	Wümme	NI, HB	Tide-Weser	2190,360	19	0
UM_PE01	Mainzuflüsse von Gemünden bis Kahl	BY, HE	Main	2635,400	37	8
UM_PE02	Fränkische Saale	BY, HE, TH	Main	2138,770	16	2
UM_PE03	Mainzuflüsse von Volkach bis Gemünden/Tauber	BY	Main	3174,640	17	6
UM_PE04	Mainzuflüsse von Bamberg bis Volkach	BY	Main	943,170	4	1
UOD	Untere Oder	BB, MV	Untere Oder	3693,950	26	5
WB_PE01	Berounka	BY	Berounka	51,070	3	0
WER_PE01	untere Werra	BY, HE, NI, TH	Werra	2748,540	21	2
WER_PE02	Hörsel	TH	Werra	770,690	3	1
WER_PE03	Obere Werra	TH, BY	Werra	1968,250	11	1
WES_PE01	Große Aue	NI, NW	Weser	1515,470	13	1
WES_PE02	Weser/Meerbach	NI, HB, NW	Weser	1935,640	18	1
WES_PE03	Werre	NI, NW	Weser	1484,100	10	0
WES_PE04	Weser/Emmer	NW, NI	Weser	1498,270	12	1
WES_PE05	Weser/Nethe	HE, NI, NW	Weser	1983,160	16	0
WM_PE01	Obere Moldau	BY	Obere Moldau	72,880	1	0
WP_KGO	Küstengebiet Ost	MV	Warnow/Peene	6450,520	25	0
WP_KGW	Küstengebiet West	MV	Warnow/Peene	1530,130	7	0
WP_OSEE	1- bis 12-Seemeilen-Zone WP	MV	Warnow/Peene	4770,190	0	0
WP_PEE	Peene	MV	Warnow/Peene	5089,040	37	1
WP_WAR	Warnow	MV	Warnow/Peene	3314,070	16	0

10.6.3 Übersicht der Teilflächen die nicht eindeutig einer Planungseinheit zugeordnet werden können

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
10068	DON_PE65	138,037	0,222	0,16	0,01
10068	IL_PE03	138,037	103,090	74,68	3,27
10068	IL_PE04	138,037	5,506	3,99	0,36
10068	IL_PE05	138,037	29,228	21,17	2,84
10164	AP_PE01	65,787	1,418	2,16	0,04

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
10164	AP_PE02	65,787	38,695	58,82	2,12
10164	AP_PE03	65,787	25,015	38,02	2,39
10164	NR_PE04	65,787	0,654	0,99	0,02
10182	AP_PE01	260,984	0,161	0,06	0,00
10182	AP_PE02	260,984	0,643	0,25	0,04
10182	AP_PE03	260,984	0,235	0,09	0,02
10182	IS_PE01	260,984	0,773	0,30	0,09
10182	NR_PE02	260,984	65,227	24,99	2,19
10182	NR_PE04	260,984	193,959	74,32	5,33
10184	NR_PE02	6,234	5,267	84,48	0,18
10184	NR_PE04	6,234	0,966	15,50	0,03
10215	NR_PE02	33,604	17,076	50,81	0,57
10215	NR_PE04	33,604	16,527	49,18	0,45
10237	IS_PE01	1,801	0,692	38,44	0,08
10237	IS_PE03	1,801	0,802	44,51	0,05
10237	NR_PE04	1,801	0,308	17,12	0,01
10238	IS_PE01	203,327	0,369	0,18	0,04
10238	IS_PE02	203,327	103,292	50,80	14,20
10238	IS_PE03	203,327	98,483	48,44	6,46
10238	NR_PE04	203,327	1,162	0,57	0,03
10243	IS_PE02	184,851	80,173	43,37	11,02
10243	IS_PE03	184,851	104,677	56,63	6,86
10245	IN_PE02	212,162	0,379	0,18	0,01
10245	IS_PE02	212,162	112,838	53,18	15,51
10245	IS_PE03	212,162	96,616	45,54	6,34
10245	NR_PE04	212,162	2,330	1,10	0,06
10362	IN_PE03	7,662	1,107	14,45	0,07
10362	IN_PE05	7,662	5,074	66,22	0,34
10362	IN_PE07	7,662	1,482	19,35	0,13
20038	ARB_PE12	49,649	34,436	69,36	2,75
20038	HRH_PE20	49,649	12,839	25,86	1,02
20106	ORH_PE33	0,495	0,339	68,54	0,04
20106	ORH_PE34	0,495	0,164	33,09	0,01
20122	ORH_PE34	3,089	0,812	26,28	0,07
20122	ORH_PE35	3,089	2,260	73,17	0,14
20123	ORH_PE14	37,942	16,127	42,50	10,42
20123	ORH_PE35	37,942	0,116	0,31	0,01
20123	ORH_SQW	37,942	21,698	57,19	1,70
20124	ORH_PE14	1,661	0,561	33,75	0,36
20124	ORH_PE34	1,661	0,190	11,42	0,02
20124	ORH_PE35	1,661	0,913	54,99	0,06

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
20130	ORH_PE14	104,605	16,174	15,46	10,45
20130	ORH_SQW	104,605	88,431	84,54	6,94
20148	ORH_PE14	67,82	17,988	26,52	11,62
20148	ORH_PE35	67,82	0,794	1,17	0,05
20148	ORH_SPY	67,82	1,760	2,60	0,22
20148	ORH_SQW	67,82	47,253	69,67	3,71
20158	ORH_PE14	21,119	9,461	44,80	6,11
20158	ORH_PE35	21,119	0,024	0,11	0,00
20158	ORH_SPY	21,119	11,643	55,13	1,49
20166	ORH_ISE	21,806	4,511	20,69	0,64
20166	ORH_PE14	21,806	6,772	31,05	4,37
20166	ORH_PE35	21,806	0,153	0,70	0,01
20166	ORH_PE36	21,806	0,041	0,19	0,00
20166	ORH_SPY	21,806	10,333	47,39	1,32
20167	NEC_PE49	43,768	9,365	21,40	0,56
20167	ORH_PE14	43,768	0,010	0,02	0,01
20167	ORH_PE35	43,768	34,395	78,58	2,13
20208	NEC_PE43	1,583	0,582	36,75	0,18
20208	NEC_PE44	1,583	0,940	59,41	0,08
20208	NEC_PE45	1,583	0,061	3,87	0,01
20234	NEC_PE46	6,655	0,023	0,35	0,00
20234	NEC_PE47	6,655	0,144	2,17	0,01
20234	NEC_PE48	6,655	0,754	11,32	0,04
20234	NEC_PE49	6,655	5,731	86,12	0,35
20266	ORH_ISE	25,121	19,869	79,09	2,80
20266	ORH_PE36	25,121	5,249	20,89	0,25
20283	ORH_PE36	41,006	10,193	24,86	0,49
20283	ORH_SLZ	41,006	30,821	75,16	2,77
20355	NR_PE03	636,02	0,479	0,08	0,04
20355	RE_PE02	636,02	3,043	0,48	0,28
20355	RE_PE03	636,02	109,971	17,29	4,75
20355	RE_PE04	636,02	0,741	0,12	0,06
20355	RE_PE05	636,02	521,785	82,04	46,72
20372	RE_PE01	68,335	0,257	0,38	0,01
20372	RE_PE02	68,335	9,710	14,21	0,89
20372	RE_PE04	68,335	58,364	85,41	4,71
20378	RE_PE01	45,827	6,763	14,76	0,38
20378	RE_PE02	45,827	0,044	0,10	0,00
20378	RE_PE04	45,827	39,024	85,16	3,15
20380	RE_PE01	26,014	4,231	16,27	0,24
20380	RE_PE04	26,014	21,782	83,73	1,76

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
20386	OM_PE01	59,758	3,903	6,53	0,17
20386	RE_PE01	59,758	13,115	21,95	0,74
20386	RE_PE04	59,758	42,742	71,53	3,45
20391	UM_PE03	65,028	24,065	37,01	0,76
20391	UM_PE04	65,028	40,967	63,00	4,34
20406	OM_PE01	2,727	0,594	21,78	0,03
20406	UM_PE02	2,727	2,134	78,24	0,10
20429	UM_PE01	0,342	0,170	49,65	0,01
20429	UM_PE02	0,342	0,102	29,77	0,00
20429	UM_PE03	0,342	0,072	20,92	0,00
20430	UM_PE01	163,955	71,328	43,50	2,71
20430	UM_PE03	163,955	92,624	56,49	2,92
20436	UM_PE01	176,184	61,963	35,17	2,35
20436	UM_PE03	176,184	114,227	64,83	3,60
20438	MAI_PE50	73,56	1,081	1,47	0,09
20438	UM_PE01	73,56	34,178	46,46	1,30
20438	UM_PE03	73,56	38,299	52,06	1,21
20441	MAI_PE50	51,239	0,227	0,44	0,02
20441	UM_PE01	51,239	14,354	28,01	0,54
20441	UM_PE03	51,239	36,650	71,53	1,15
20470	MAI_PE01	19,277	13,763	71,40	1,24
20470	UM_PE01	19,277	5,506	28,56	0,21
20476	MAI_PE01	20,229	0,271	1,34	0,02
20476	PE_BWSMAI	20,229	7,037	34,79	2,09
20476	UM_PE01	20,229	12,921	63,88	0,49
20487	MAI_PE01	59,597	12,665	21,25	1,14
20487	MAI_PE03	59,597	1,653	2,77	0,16
20487	PE_BWSMAI	59,597	45,173	75,80	13,43
20487	UM_PE01	59,597	0,108	0,18	0,00
20496	MAI_PE01	191,096	50,354	26,35	4,54
20496	MAI_PE02	191,096	1,797	0,94	0,08
20496	MAI_PE03	191,096	1,002	0,52	0,10
20496	PE_BWSMAI	191,096	137,948	72,19	41,00
20508	MAI_PE01	122,982	32,395	26,34	2,92
20508	MAI_PE02	122,982	38,532	31,33	1,73
20508	MRH_LAH	122,982	0,075	0,06	0,00
20508	PE_BWSMAI	122,982	51,984	42,27	15,45
20510	MAI_PE02	162,908	119,149	73,14	5,34
20510	ORH_PE36	162,908	0,710	0,44	0,03
20510	PE_BWSMAI	162,908	43,058	26,43	12,80
20511	ORH_PE36	128,25	39,081	30,47	1,89

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
20511	ORH_SLZ	128,25	89,150	69,51	8,02
20514	MRH_ALW	60,049	0,104	0,17	0,01
20514	MRH_NAH	60,049	0,057	0,09	0,00
20514	MRH_PE01	60,049	0,225	0,38	0,01
20514	ORH_PE36	60,049	21,849	36,38	1,06
20514	ORH_SLZ	60,049	37,817	62,98	3,40
20531	MRH_ALW	71,931	16,154	22,46	2,24
20531	MRH_GLA	71,931	0,037	0,05	0,00
20531	MRH_NAH	71,931	55,759	77,52	2,62
20639	MOS_BLS	18,558	13,903	74,91	0,89
20639	MRH_GLA	18,558	4,655	25,08	0,38
20670	MOS_KYL	124,447	1,361	1,09	0,16
20670	MOS_MOS	124,447	84,789	68,13	10,87
20670	MOS_PSA	124,447	0,329	0,26	0,02
20670	MOS_RUS	124,447	37,873	30,43	2,22
20670	MOS_SAA	124,447	0,090	0,07	0,01
20676	MOS_KYL	157,911	0,489	0,31	0,06
20676	MOS_MOS	157,911	107,018	67,77	13,72
20676	MOS_RUS	157,911	50,402	31,92	2,96
20682	MOS_EFB	95,195	64,148	67,39	5,15
20682	MOS_MOS	95,195	30,043	31,56	3,85
20682	MOS_RUS	95,195	1,018	1,07	0,06
20684	MOS_EFB	331,493	211,469	63,79	16,98
20684	MOS_MOS	331,493	118,119	35,63	15,15
20684	MOS_RUS	331,493	1,136	0,34	0,07
20684	MRH_NAH	331,493	0,753	0,23	0,04
20688	MOS_EFB	282,027	158,860	56,33	12,76
20688	MOS_MOS	282,027	122,756	43,53	15,74
20688	MOS_RUS	282,027	0,428	0,15	0,03
20690	MOS_EFB	74,349	64,447	86,68	5,18
20690	MOS_MOS	74,349	9,896	13,31	1,27
20694	MOS_EFB	295,528	212,487	71,90	17,06
20694	MOS_MOS	295,528	78,028	26,40	10,01
20694	MRH_PE01	295,528	5,005	1,69	0,20
30106	EMN_EMA	11,152	1,938	17,38	0,58
30106	EMN_UEM	11,152	9,202	82,52	0,27
40012	WER_PE01	388,395	66,939	17,23	2,44
40012	WER_PE02	388,395	1,967	0,51	0,26
40012	WER_PE03	388,395	319,491	82,26	16,23
40018	FUL_PE04	3,279	2,172	66,24	0,06
40018	WER_PE01	3,279	1,104	33,66	0,04

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
40139	WES_PE02	50,705	15,077	29,73	0,78
40139	WES_PE04	50,705	35,637	70,28	2,38
40152	TWE_PE03	1,551	0,809	52,19	0,03
40152	WES_PE01	1,551	0,730	47,04	0,05
40190	LEI_PE01	351,886	283,891	80,68	12,44
40190	LEI_PE03	351,886	67,991	19,32	3,81
40356	EMN_UEM	4,697	1,589	33,82	0,05
40356	TWE_PE02	4,697	3,107	66,15	0,07
50339	SAL_OWE	172,298	40,254	23,36	4,06
50339	SAL_UWE	172,298	132,039	76,63	10,17
50533	HAV_PE10	88,881	62,353	70,15	2,51
50533	HAV_PE11	88,881	26,546	29,87	1,27
50558	HAV_PE09	198,643	53,654	27,01	3,35
50558	HAV_PE10	198,643	144,979	72,98	5,85
50568	HAV_PE07	53,444	14,333	26,82	0,94
50568	HAV_PE09	53,444	39,123	73,20	2,45
50575	HAV_PE07	192,58	161,046	83,63	10,57
50575	UOD	192,58	31,518	16,37	0,85
50759	MEL_PE08	2,35	0,147	6,26	0,06
50759	MEL_PE09	2,35	0,425	18,10	0,02
50759	MEL_PE10	2,35	1,777	75,61	0,07
50787	MEL_PE06	70,35	58,402	83,02	2,41
50787	MEL_PE08	70,35	11,947	16,98	5,16
50809	MEL_PE06	203,475	98,106	48,22	4,05
50809	MEL_PE08	203,475	63,745	31,33	27,53
50809	MEL_PE11	203,475	0,067	0,03	0,00
50809	TEL_IES	203,475	41,560	20,42	1,05
50843	MEL_PE11	3,173	0,359	11,32	0,01
50843	TEL_KAB	3,173	2,072	65,32	0,11
50843	TEL_TES	3,173	0,747	23,54	0,02
50876	TEL_KAB	16,164	11,413	70,61	0,59
50876	TEL_TES	16,164	4,752	29,40	0,15
50888	TEL_IES	92,008	39,035	42,43	0,98
50888	TEL_TES	92,008	52,970	57,57	1,65
50889	TEL_IES	100,501	67,902	67,56	1,71
50889	TEL_KAB	100,501	1,467	1,46	0,08
50889	TEL_TES	100,501	31,137	30,98	0,97
50901	TEL_KAB	2,494	1,373	55,06	0,07
50901	TEL_TES	2,494	1,123	45,05	0,03
50907	TEL_KAB	40,044	0,132	0,33	0,01
50907	TEL_STR	40,044	34,518	86,20	1,75

ID AU	ID PE	Fläche gesamt [km²]	Fläche in PE [km²]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche des AU [%]	Anteil der Teilfläche an Gesamtfläche der PE [%]
50907	TEL_TES	40,044	5,395	13,47	0,17
50923	TEL_NOK	71,56	15,956	22,30	0,93
50923	TEL_STR	71,56	50,501	70,57	2,56
50923	TEL_TES	71,56	5,101	7,13	0,16
60304	MOD	104,043	93,084	89,47	13,48
60304	UOD	104,043	8,422	8,10	0,23
60465	STH	12,007	5,331	44,40	0,14
60465	UOD	12,007	6,676	55,60	0,18
60468	STH	18,71	6,960	37,20	0,18
60468	UOD	18,71	11,747	62,78	0,32
60469	STH	26,875	4,100	15,26	0,10
60469	UOD	26,875	22,768	84,72	0,62
60536	STH	130,997	21,869	16,69	0,56
60536	WP_PEE	130,997	109,147	83,32	2,14
72017	EID_ABK	229,142	184,477	80,51	4,80
72017	EID_EIT	229,142	44,678	19,50	1,01
81012	STR_KOG	7,062	5,165	73,14	0,13
81012	STR_TRA	7,062	1,895	26,83	0,10

10.6.4 Manuelle Änderungen der Zuordnung der Einleitstellen der kommunalen Kläranlagen ≥ 2.000 EW in den Teilflächen nach Rückmeldung aus den Ländern

EU_pl_key	ID AU	Ursprüngliche Zuordnung IWG KIT zu ID PE	Neue Zuordnung (nach Rückmeldung) zu ID PE
DETP_BYDEG-K0074	10243	IS_PE02	IS_PE03
DETP_BYKC-K0001	20386	OM_PE01	RE_PE01
DETP_BYDEG-K0035	10245	IN_PE02	IS_PE03

10.6.5 Ergebnisse der Eintragsmodellierung für Nährstoffe, Schwermetalle und PAK₁₆ als Mittelwert für den Zeitraum 2006-2011 auf der Ebene von Planungseinheiten

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
ALL_PE01	Aller/Böhme	1.370	71,3	14,6	261	854	4,26	1.290	336	3.810	39,8
ALL_PE02	Aller/Örtze	1.500	121	17,5	307	1.090	5,03	1.540	435	4.940	54,9
ALL_PE03	Fuhse/Wietze	1.720	97,3	24,7	686	2.440	7,98	2.060	1.180	17.000	115
ALL_PE04	Aller/Quelle	1.430	95,5	18,5	537	1.260	5,83	1.610	686	6.190	56,1
ALL_PE05	Oker	1.970	109	47,9	1.660	2.620	10,1	2.370	2.400	14.900	101
AP_PE01	Altmühl	3.180	199	42,8	3.480	2.310	8,36	4.610	4.920	13.100	60,9
AP_PE02	Untere Paar/Donaumoos	3.660	157	33,1	1.120	1.820	8,78	2.690	1.560	21.500	66
AP_PE03	Ilm/Abens	2.120	76,6	18,6	689	934	5,47	1.600	844	4.370	30,9
AP_PE04	Obere Paar	1.320	43,4	9,61	253	483	2,84	830	300	2.190	16,1
ARB_PE10	Argen (BW)	1.180	35,2	11,1	188	534	2,86	1.020	202	2.400	15,6
ARB_PE11	Schussen	2.500	81	21,2	373	1.130	5,26	1.950	452	5.060	36,1
ARB_PE12	Bodenseegebiet (BW) unterh. Schussen bis oberh. Eschenzer Hor	4.040	143	46,6	943	2.970	15,3	3.170	1.300	13.800	230
BO_PE01	Bodensee	1.280	44,3	18,6	225	750	4,12	1.380	985	4.530	28,1
DON_PE60	Donau bis einschl. Donauversickerung	2.160	76,8	22,9	1.330	1.510	5,01	3.380	1.480	7.530	41,5
DON_PE61	Donau unterh. Donauversickerung bis einschl. Lauchert	1.000	70,5	11,9	437	745	2,55	1.380	733	3.560	20,9
DON_PE62	Ablach-Kanzach	1.670	74,3	14,2	308	743	3,54	1.340	367	3.280	22,9
DON_PE63	Große Lauter	1.570	112	16	672	985	4,14	1.810	768	3.720	20,1
DON_PE64	Pfinz-Saalbach-Kraichbach	3.020	111	25,5	520	1.340	7,29	2.260	540	6.250	42
DON_PE65	Donau (BW) unterh. Iller	4.070	185	39,3	1.820	2.260	11,1	4.190	1.720	10.600	57,1
DRH_DEL	Deltarheinzufüsse NRW	267	9,6	1,91	37,1	114	0,499	189	55,5	453	4,24
DRH_ISS	Issel/Berkel NRW	4.040	147	23,1	519	1.600	6,08	2.260	653	7.030	54,2

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
DRH_VEC	Vechte	4.250	131	26,8	662	1.570	8,53	2.270	609	7.010	51,1
EID_ABK	Arlau / Bongsieler Kanal	5.800	128	50,9	1.300	2.210	20	3.810	568	9.620	44,8
EID_EIT	Eider / Treene	5.090	138	45,2	1.090	2.050	16,9	3.520	572	8.780	65,9
EID_MIE	Miele	1.420	28,8	13,3	350	595	5,33	988	152	2.910	12,9
EMN_EMA	Ems-Ästuar	64,4	3,17	0,449	6,12	34,1	0,0504	36,3	4,72	183	0,911
EMN_LED	Leda-Jümme	3.050	118	19,3	334	1.290	5,46	1.780	467	5.650	50,2
EMN_UEM	Untere Ems	3.070	251	32,5	692	1.980	11,1	2.590	680	9.120	80,6
EMS_EMN	Ems/Nordradde	2.090	91	14,4	237	1.620	3,84	1.280	440	4.790	57
EMS_HAS	Hase	4.700	174	33,4	866	2.450	9,41	3.030	1.380	11.600	103
EMS_OEM	Obere Ems	9.080	386	71,2	1.810	5.310	21,3	6.070	2.200	30.100	202
FUL_PE01	Diemel	2.270	122	23,1	1.500	1.480	5,74	2.420	1.670	7.210	36,5
FUL_PE02	Eder	2.780	135	29	1.880	2.070	6,7	3.290	1.820	9.060	52,3
FUL_PE03	Schwalm	1.750	85,9	16,8	1.580	1.170	3,88	2.450	1.040	5.120	24,8
FUL_PE04	Fulda	4.670	259	43,5	3.220	3.280	9,85	5.480	2.700	16.400	102
HAV_PE01	Obere Havel	1.700	105	30,8	484	2.410	8,52	1.730	974	13.600	234
HAV_PE02	Rhin	428	35,4	9,75	155	511	2,73	641	239	2.390	30,7
HAV_PE03	Dosse-Jäglitz	514	46,7	8,85	146	469	2,47	822	181	2.020	15,5
HAV_PE04	Untere Havel	3.700	199	48,1	722	4.500	12,3	2.570	1.570	27.200	301
HAV_PE05	Plane-Buckau	240	20,6	4,56	84,6	236	1,29	388	114	1.040	7,87
HAV_PE06	Nuthe	497	41,8	10,9	199	771	3,17	740	363	4.250	39
HAV_PE07	Untere Spree 2	1.980	137	29,3	422	4.110	6,61	1.440	1.380	29.600	197
HAV_PE08	Dahme	489	45,3	15,8	236	981	4,74	913	532	5.130	95,5
HAV_PE09	Untere Spree 1	385	29,4	7,96	128	460	2,44	508	242	2.230	31
HAV_PE10	Mittlere Spree	1.210	81,9	20,2	331	1.220	6,08	1.400	559	6.010	63,2
HAV_PE11	Obere Spree	2.400	77,5	36,4	947	1.520	11,4	2.010	1.320	7.450	76
HRH_PE20	Hochrhein (BW) Eschenzer Horn bis oberh. Aare	2.080	132	32,5	1.170	1.750	8,26	3.880	1.670	7.900	44,4

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
HRH_PE21	Hochrhein (BW) unterh. Aare bis einschl. Wiese	1.470	136	27,2	897	1830	6,71	2.890	1.130	7.200	51,6
IL_PE01	Unterer Lech	1.300	61,4	13,7	292	888	2,9	975	361	4.800	30,1
IL_PE02	Mittlerer und Oberer Lech/Wertach	4.880	205	54,8	910	3.060	14,3	4.580	1.660	15.300	122
IL_PE03	Schmutter/Zusam/ Mindel/Günz	5.900	213	52,8	1.190	2.640	16,1	4.400	1.420	12.400	84,5
IL_PE04	Iller	3.580	145	56,7	753	2.610	11,7	3.400	2.390	13.100	103
IL_PE05	Untere Günz und Mindel/Kessel	2.040	101	20,3	729	1.110	5,43	1.480	817	5.720	41,1
IL_PE06	Wörnitz/Untere Eger	2.240	103	20,8	1.610	1.240	6,32	1.970	1.250	5.440	37,4
IN_PE01	Untere Donau	3.490	156	36,9	575	1.520	8,44	3.290	1.950	9.380	44,1
IN_PE02	Vils (Niederbayern)	5.710	208	49,5	2.170	2.250	14,3	4.040	2.760	11.800	78,7
IN_PE03	Rott	2.410	135	26,2	1.460	1.390	8,43	2.200	1.420	6.400	53,9
IN_PE04	Mittlerer Inn	4.370	179	34,3	1.020	1.820	9,78	3090	1.290	8.210	68,3
IN_PE05	Tiroler Achen/Traun/Chiemsee/Alz	4.360	132	50	759	2.290	13,8	4.000	1.790	11.000	103
IN_PE06	Oberer Inn/Tegernsee	4.570	124	51,8	736	2.370	11,2	4.140	2.140	11.800	92,2
IN_PE07	Salzach/Saalach/Waginger-Tachinger See	3.300	126	64,5	829	2.660	14,8	3.730	2.940	14.700	91,2
IS_PE01	Kleine und Große Laaber	1.130	59,3	10,9	746	605	3,48	971	670	2.800	19
IS_PE02	Nördliche Donauzuflüsse (Straubing bis Deggendorf)	1.250	54,4	11	518	573	3,2	889	803	3.230	26,6
IS_PE03	Untere Isar (ab Landshut)	3.660	145	32,8	1.480	1.740	9,59	2.680	1.490	8.310	66,4
IS_PE04	Amper/Ammersee/Starnberger See	5.330	213	54,1	1.270	3.560	14,8	4.300	2.000	19.300	195
IS_PE05	Mittlere Isar (Loisach bis Landshut)	6.600	289	60,8	1.080	4.690	14,5	4.350	1.820	27.100	176
IS_PE06	Ammer/Staffelsee	1.400	41,2	22,6	273	880	4,57	1.460	1.010	5.270	40
IS_PE07	Obere Isar (bis Loisach)/Walchensee/Kochelsee	3.440	106	60	782	2.550	11,1	3.740	3.000	12.900	103
LAN	Lausitzer Neiße	1.460	62,4	26,8	813	1.200	5,68	1.520	1.000	5.820	54

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
LEI_PE01	Leine/Westaue	2.900	164	43,7	1.700	4.200	13,3	3.190	2.700	24.400	168
LEI_PE02	Innerste	1.600	90,3	25,5	2.020	1.860	7,97	2.000	2.440	8.460	63,1
LEI_PE03	Leine/Ilme	2.680	136	31,2	2.000	2.100	9,66	2.800	2.650	9.730	65,6
LEI_PE04	Rhume	1.610	86,5	25	2.470	1.900	6,34	2.230	2.100	7.330	51,8
MAA_NORD	Maas Nord NRW	2.430	108	22,4	560	2.230	5,47	1.860	984	13.000	94,5
MAA_SUED	Maas Sued NRW	4.020	162	35,5	1.370	3.290	8,83	3.320	1.720	19.900	111
MAI_PE01	Rodau, Gersprenz, Mümling	1.400	85,2	15,5	571	1.190	3,56	1.550	986	6.480	44,7
MAI_PE02	Gewässer Vordertaunus und Nidda	2.630	188	32,9	3.730	2.910	7,41	4.600	1.870	13.900	86,1
MAI_PE03	Kinzig	1.320	73,7	16,1	2.110	1.320	3,54	2.970	1.020	6.220	31,9
MAI_PE50	Tauber (BW)	1.620	118	20,9	1.850	1.690	5,25	2.640	1.860	5.610	26,4
MAI_PE51	Main (BW) unterh. Tauber	547	33,7	6,32	358	402	1,44	716	456	1.760	9,16
MEL_PE01	Nuthe	120	8,61	2,44	59,2	148	0,839	194	79	721	6,64
MEL_PE02	Ehle	263	12	3,18	117	286	2,34	211	135	1.680	11,8
MEL_PE03	Ohre	741	46,4	12	434	929	4,47	827	565	5.650	41
MEL_PE04	Tanger	165	11,4	2,41	51	138	0,765	224	64,4	635	4,81
MEL_PE05	Milde-Biese-Aland	1.140	44,7	14,8	432	769	5,91	1.060	367	3.790	27,3
MEL_PE06	Jeetze - Seege	1.170	64,8	16	410	823	5,62	1.310	407	3.690	37,1
MEL_PE07	Elbe von Saale bis Havel	646	37,7	9,73	273	890	3,03	471	414	5.710	94,8
MEL_PE08	Elbe von Havel bis Geesthacht	140	6,7	2,88	49,4	145	0,827	133	62,1	714	46,2
MEL_PE09	Stepenitz-Karthane-Löcknitz	1.230	77,1	14,7	275	761	4,49	1.310	294	3.300	23,7
MEL_PE10	Elde-Müritz	1.520	93,7	30,3	619	1.770	9,68	1.660	859	8.700	339
MEL_PE11	Sude	1.980	113	24,9	561	1.390	8,17	2.100	536	6.090	67,2
MES_ES1	Elbestrom 1	4.740	205	111	2.440	4.150	16,6	3.720	3.620	25.600	149
MES_ES2	Elbestrom 2	3.040	128	41,6	1.430	1.960	12,2	2.410	1.720	11.100	116
MES_FM	Freiberger Mulde	5.160	227	872	4.530	4.760	20,9	6.760	8.550	12.9000	90,2
MES_SE	Schwarze Elster	3.900	193	61,1	1.470	3.160	16,8	3.740	2.090	15.600	146
MES_VM	Vereinigte Mulde	1.430	75,6	25	738	1.290	7,76	1.270	935	6.870	61,2

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
MES_ZM	Zwickauer Mulde	5.490	256	116	4.490	4.620	23,5	6.160	5.550	26.700	112
MOD	Mittlere Oder	453	23,1	7,74	114	637	2,33	492	372	4.280	34,8
MOS_BLS	Blies	2.370	172	26,8	1.210	2.140	7,89	2.490	1.440	9.160	53,4
MOS_EFB	Elzbach/Flaumbach-Baybach	833	54	13,1	1.980	1.030	3,99	1.680	1.080	4.220	40,4
MOS_KYL	KYLL	1.170	44,9	11,7	709	762	3,18	1.300	496	3.010	17,9
MOS_MOS	Mosel	793	58,9	12,1	1.030	936	3,49	1.160	726	4.060	47,7
MOS_PRI	Prims	790	83,2	11,4	968	897	2,61	1.170	731	4.360	33,8
MOS_PSA	Pr ² m/SauerSauer	1.920	76,7	16,2	1.130	1.100	4,5	2.030	836	4.140	21,2
MOS_RUS	Ruwer-Drohn/Salm-Lieser	1.220	84,1	19,2	3.060	1.610	5,01	2.600	1.470	6.320	33,4
MOS_SAA	Saar	1.890	170	27,7	913	2.110	5,78	2.060	1.250	12.100	70,5
MRH_ALW	Alsenz-Wiesbach	662	48	9,73	924	664	3,21	1.200	835	3.300	15,1
MRH_GLA	Glan	1.570	99,5	18,7	1.720	1.440	5,21	2.470	1.350	7.260	37
MRH_LAH	Dill/Mittlere Lahn Nord/Untere Lahn	7.280	424	79,4	9.840	6.690	18,1	12.900	5.090	29.700	159
MRH_NAH	Nahe	2.140	118	26,7	3.880	2.090	7,24	3.100	1.630	8.420	44,7
MRH_PE01	Ahr/Erft/Mittelrhein/Nette/Wisper	2.020	123	34,7	4.720	2.670	7,36	3.740	2.470	12.200	117
MRH_SAW	Saynbach/Wied	1.430	61,6	15,5	3.010	1.550	3,85	2.410	1.400	6.480	30,2
NEC_PE40	Neckar bis einschl. Starzel	3.380	148	36	3.000	2.620	8,95	4.810	2.170	11.200	58,2
NEC_PE41	Neckar unterh. Starzel bis einschl. Fils	4.980	309	53,6	4.100	4.160	13,9	6.840	2.400	18.800	103
NEC_PE42	Neckar unterh. Fils bis oberh. Enz	4.440	257	44,2	2.970	4.010	11,2	4.140	1.740	19.400	116
NEC_PE43	Große Enz	370	12,6	5,3	162	299	1,14	543	234	1.270	8,49
NEC_PE44	Nagold	1.990	102	22,8	1.140	1.600	4,83	2.580	1.520	7.450	38,1
NEC_PE45	Enz unterh. Nagold bis Mündung Neckar	1.850	99,1	17,9	1.230	1.510	4,42	1.810	1.000	5.910	34,1
NEC_PE46	Neckar unterh. Enz bis oberh. Kocher	1.520	82,4	17,9	1.130	1.630	4,61	1.670	709	5.230	41,3
NEC_PE47	Kocher	4.960	194	42,2	3.400	2.850	12,2	4.580	1.510	10.400	52,9

Kennung Planungs- einheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
NEC_PE48	Jagst	4.140	165	39,2	2.960	2.820	10,9	4.700	2.370	9.540	44
NEC_PE49	Neckar unterh. Kocher (ohne Jagst) bis Mündung Rhein	2.890	156	31,7	1.740	2.350	7,48	3.330	1.660	10.200	80,3
NR_PE01	Waldnaab/Haidenaab	2.720	102	24,5	1.390	1.490	5,82	2.780	1.790	7.260	44,6
NR_PE02	Naab/Schwarze Laber	4.340	226	45	1.850	2.220	9,99	4.490	4.220	13.100	67,5
NR_PE03	Vils (Oberpfalz)	1.880	69	18,6	688	960	3,66	1.910	1.780	5.460	25,7
NR_PE04	Regen	5.290	193	42,2	1.800	2.460	10,5	4.160	4.340	14.700	94,5
NRH_EMR	Emscher	7.050	532	110	1.220	9.230	14,9	5.210	2.170	74.300	259
NRH_ERF	Erft	2.100	103	93	770	1.700	7,87	15.200	1.150	40.900	64,2
NRH_LIP	Lippe	9.690	471	128	3.480	7.900	32,5	7.680	3.820	62.400	253
NRH_RHE	Rheingraben-Nord	9.580	514	233	9.490	14.200	44,4	8.390	5.540	88.600	559
NRH_RUH	Ruhr	9.740	604	233	9.330	14.900	32,7	11.800	9.280	61.600	341
NRH_SIE	Sieg	5.340	320	72,8	7.920	6.670	16	8.360	5.810	30.200	159
NRH_WUP	Wupper	2.490	126	33,4	2.210	3.980	9,15	3.270	1.970	20.900	113
OM_PE01	Oberer Main/Itz	3.140	176	36,7	3.700	2.460	9,24	3.660	2.860	10.400	63,3
OM_PE02	Roter und Weißer Main/Rodach/Steinach	3.750	209	53,1	7.650	4.250	11,3	7.440	5.220	17.000	71,8
ORH_ISE	Isenach-Eckbach	1.940	137	9,23	403	4.940	3,11	3.220	414	10.900	30,3
ORH_PE14	Oberer Oberrhein	207	17,6	2,45	41	193	0,747	226	75,4	1.030	18,9
ORH_PE30	Kander-Möhlín	1.270	74,5	22	991	1.230	6,04	2.180	844	5.080	36,5
ORH_PE31	Elz-Dreisam	2.580	189	36,1	1.010	2.250	9,29	3.310	1.150	11.900	71,6
ORH_PE32	Kinzig	1.900	120	32,2	680	1.800	7,74	3.090	1.250	8.160	59,1
ORH_PE33	Acher-Rench	1.910	73,7	22,2	528	1.280	5,98	1.990	600	5.790	58,4
ORH_PE34	Murg-Alb	2.710	121	29,7	712	2.060	7,08	2.650	837	11.600	78
ORH_PE35	Pfinz-Saalbach-Kraichbach	2.730	162	35,2	1.510	2.520	10,1	2.990	1.410	12.000	111
ORH_PE36	Oberrhein unterh. Neckarmündung	3.590	222	42,6	1.010	3.510	10,5	3.060	1.480	19.700	206
ORH_SLZ	Selz-Pfrimm	1.330	72,9	16,8	882	1.160	6,04	1.510	873	7.830	37,7
ORH_SPY	Speyerbach	827	35,9	10,1	301	8.240	2,9	1.080	420	3.150	27,2

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
ORH_SQW	Sauerbach/Queich-Klingbach/Wieslauter	1.310	54,3	16,3	526	970	4,6	1.480	654	4.590	37,4
PE_BWSMAI	Bundeswasserstraße Main	2.000	131	14,1	230	1.660	2,51	1.200	465	11.100	93,3
RE_PE01	Untere Regnitz/Aisch	2.420	115	21,5	1.840	1.410	5,57	2.150	1.220	5.750	42
RE_PE02	Obere Regnitz/Zenn/Schwabach	2.220	111	19,4	1.060	1.480	4,31	1.700	906	7.130	56,9
RE_PE03	Rednitz/Rezat/Untere Pegnitz	4.290	207	36,6	2.380	2.830	7,74	3.080	1.800	14.400	92,2
RE_PE04	Wiesent/östliche Regnitzzuflüsse	2.100	114	28,2	1.860	1.430	5,33	2.960	2.660	7.700	32,4
RE_PE05	Mittlere und obere Pegnitz	1.650	71,3	19,6	1.570	1.170	3,9	2.340	2.050	6.440	27
SAL_BOD	Bode von Quelle bis Großer Graben	1.420	53,8	20,4	1.860	1.560	5,87	2.460	1.400	7.210	52,5
SAL_BOM	Bode von Großer Graben bis Mündung	844	26,8	8,04	417	493	3,23	564	400	2.430	20,8
SAL_EGE	Eger	1.750	51,2	15,5	938	905	3,79	1.660	1.070	4.350	19,9
SAL_GER	Gera	1.330	76,9	16,8	1.910	1.610	5,51	1.580	1.140	8.130	47
SAL_GGR	Großer Graben	845	47,2	12,5	803	749	4,74	1.000	809	3.440	22,1
SAL_HEL	Helme	1.400	62,8	22,4	1.840	1.420	7,44	1.960	1.470	6.660	45,3
SAL_ILM	Ilm	1.420	84,6	15,9	1.630	1.150	4,23	1.600	1.210	5.110	31,1
SAL_MSA	Mittlere Saale	2.030	97,5	21,2	1.270	1.380	6,03	1.820	1.680	6.740	41,4
SAL_OUN	Obere Unstrut	1.020	55,6	11,5	1.040	847	3,56	1.070	780	3.730	25
SAL_OWE	Obere Weiße Elster / Eger	1.720	77,1	18,4	1.890	1.330	6,94	1.680	1.300	6.190	32,7
SAL_OWE_SN	Sächsische Weiße Elster / Eger	2.390	84,5	36,4	2.890	1.910	9,15	2.590	2.190	8.740	37,3
SAL_SAL	Saale/Obere Saale	4.760	117	39,1	5.170	3.100	10,5	5.460	2.900	13.000	63,5
SAL_SCH	Schwarza	700	27,6	10,5	1.520	929	2,72	1.340	1.050	4.140	13,5
SAL_SEL	Selke	340	15,6	150	371	346	1,29	433	348	1.810	11,3
SAL_SEW	Saale von Weiße Elster bis Wipper	1.040	66,9	442	866	4.930	12	1.760	7.990	220.000	52,2
SAL_SIE	Saale von Ilm bis Weiße Elster	1.150	70,7	15,8	651	1.040	5,78	2.090	827	12.800	51,3
SAL_SWI	Saale von Wipper bis Mündung	1.060	41,4	10,8	1.740	722	6,29	888	706	3.610	36,8

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
SAL_UNS	Mittlere und Untere Unstrut	1.990	141	24,6	2.300	1.900	8,25	2.260	1.850	8.610	59,3
SAL_UWE	Untere Weiße Elster / Pleiße	1.810	90	20,6	1.020	1.310	8,59	1.360	937	6.830	44,6
SAL_UWE_SN	Sächsische Weiße Elster / Pleiße	2.670	127	53,3	1.170	3.000	13,3	2.070	1.480	18.000	95,8
SAL_WIS	Wipper	349	23,3	9,85	551	553	1,71	597	522	4950	16,2
SAL_WIU	Bode/Wipper	785	45	8,6	471	566	2,86	668	562	2.540	18,2
STH	Stettiner Haff	2.370	86	54,2	1.020	2.690	17,2	2.170	1.180	13.100	214
STR_KOG	Kossau / Oldenburger Graben	1.580	60,5	20,2	582	1.400	7,14	1.460	561	7.250	55,9
STR_SLE	Schlei	2.660	74,7	21,8	609	1.570	7,42	1.880	537	6.490	45,2
STR_STEP	Stepenitz	956	23,6	11,2	367	525	4,62	822	193	2.320	13,7
STR_SWE	Schwentine	739	30,3	9,57	217	654	2,8	671	305	3.130	48,2
STR_TRA	Trave	1.890	86,3	21,9	590	2.040	6,77	1.750	776	10.700	89,5
TEL_HAD	Hadeln	865	46	7,97	154	493	2,44	674	169	2.270	22,3
TEL_IES	Ilmenau/Este/Seeve	2.660	174	38	754	2.730	10,8	3.250	1.250	13.400	121
TEL_KAB	Krückau-Alster-Bille	2.520	120	40,4	894	4.310	14,6	2.530	1.560	29.100	192
TEL_LAS	Lühe/Aue-Schwinge	976	52,1	9,94	506	645	3,17	817	259	3.030	30,3
TEL_NOK	Nord-Ostsee-Kanal	3.290	133	33,7	937	2.020	12,7	3.050	618	8.930	86
TEL_OST	Oste	2.250	99,6	19,7	407	1.040	6,46	1.750	329	4.410	33,1
TEL_STR	Stör	3.470	131	37,3	980	1.930	14,5	2.780	632	8.500	59,8
TEL_TES	Tideelbestrom	2.770	138	15,9	226	2.470	2,41	1.870	342	11.400	77,3
TWE_PE02	Unterweser	6.010	256	51,5	4.050	3.870	15,9	4.080	1.250	19.900	158
TWE_PE03	Hunte	3.190	146	25,7	534	1.730	7,01	2.140	860	7.730	82,1
TWE_PE04	Weser/Ochtum	1.260	54,8	12,5	276	1.150	3,6	953	502	6.800	50
TWE_PE05	Wümme	2.670	197	26,5	441	1.960	7,39	2.390	716	10.100	74,1
UM_PE01	Mainzuflüsse von Gemünden bis Kahl	2.820	141	30,8	1.180	1.900	6,59	2.700	1.680	9.100	84,8
UM_PE02	Fränkische Saale	2.520	140	29,9	2.460	1.780	6,67	3.030	2.310	7.870	42,2
UM_PE03	Mainzuflüsse von Volkach bis Gemünden/Tauber	4.280	265	56	4.880	3.460	12,9	5.540	4.600	15.900	113

Kennung Planungseinheit	Name Planungseinheit	Nährstoff Einträge [t/a]		Schadstoff Einträge (Schwermetalle, PAK ₁₆) [kg/a]							
		Stickstoff	Phosphor	Cadmium	Chrom	Kupfer	Quecksilber	Nickel	Blei	Zink	PAK ₁₆
UM_PE04	Mainzuflüsse von Bamberg bis Volkach	1.230	70	13,6	1.060	923	3,29	1.290	897	3.960	43,7
UOD	Untere Oder	1.340	114	34,1	509	1.580	8,01	1.830	797	6.960	108
WB_PE01	Berounka	56,1	1,27	0,615	44,4	36,8	0,15	68,8	62,1	176	0,505
WER_PE01	untere Werra	3.410	173	34,5	2.210	4.470	9,49	3.850	2.790	16.100	61
WER_PE02	Hörsel	1.400	53,8	13,5	1.020	962	4,04	1.350	757	4.260	28,6
WER_PE03	Obere Werra	2.810	153	33,2	2.000	2.150	9,42	2.870	1.940	9.390	58,7
WES_PE01	Große Aue	1.360	74,1	12,8	332	741	3,54	1.130	359	3.230	22,2
WES_PE02	Weser/Meerbach	2.420	112	26,7	656	1.800	7,89	1.970	1.030	8.690	133
WES_PE03	Werre	3.350	191	40,3	1.700	3.080	10,1	3.130	1.900	16.800	117
WES_PE04	Weser/Emmer	2.000	131	30,1	2.130	1.910	7,97	2.280	1.880	8.610	76,9
WES_PE05	Weser/Nethe	2.740	144	32,5	1.980	2.010	8,19	2.890	2.210	9.200	74,8
WM_PE01	Obere Moldau	111	1,72	1,65	28,7	63	0,381	166	164	468	1,3
WP_KGO	Küstengebiet Ost	3.630	155	51,6	1.180	2.800	17,8	3.840	1.050	13.100	115
WP_KGW	Küstengebiet West	1.390	54,3	17,3	516	946	6,67	1.340	377	4.320	29,2
WP_PEE	Peene	3.350	93,1	46,1	1.180	2.220	17,6	3.230	754	10.400	120
WP_WAR	Warnow	3.120	140	40,8	1.000	2.650	13,8	3.110	1.020	14.100	112

10.7 Wirkung von ausgewählten Maßnahmen auf die Verminderung des Überschusses der Stickstoff-Flächenbilanz 2009-2011