

Anlage 2

weitergehende Erläuterungen

zum Forschungsvorhaben

Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung in Trennsystemen- Umsetzung des Trennerlasses

Stand: November 2011



INHALT

1	DERZEITIGER KENNTNISSTAND	1
1.1	Allgemein anerkannte Regeln der Technik	1
1.2	Verschmutzung und Behandlung von Niederschlagsabflüssen	1
1.2.1	Gewässerbelastung durch Niederschlagsabflüsse	1
1.2.2	Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen	3
1.2.3	Maßnahmen zur Behandlung von Niederschlagswasser in Trenngebieten	7
1.2.4	Wirksamkeit zentraler Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung	10
1.2.5	Dezentrale und zentrale Behandlung von Straßenabflüssen	10
1.2.6	Dezentrale Behandlung von Niederschlagsabflüssen	14
2	VERGLEICHBARKEIT DER STOFFLICHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON DEZENTRALEN UND ZENTRALEN ANLAGEN	17
2.1	Dokumentation der Variantenuntersuchung	18
2.1.1	Nullvariante	18
2.1.2	Variante 1: Verschiedene Flächenanteile Kat. I / II infolge Abkopplung	20
2.1.3	Variante 2: Variation der Konzentrationswerte (Sensitivitätsbetrachtung)	22
2.1.4	Variante 3: Variation der Gesamtwirkungsgrade (dezentral bzw. zentral) um - 10%-Punkte (Sensitivitätsbetrachtung)	26
2.1.5	Variante 4: Einfluss der RKB _{oD} -Entleerung zur Kläranlage (Sensitivitätsbetrachtung)	28
2.2	Datenbeispiel zur Vergleichsmethodik	30
3	KOSTENVERGLEICH VON DEZENTRALEN UND ZENTRALEN BEHANDLUNGSMASSNAHMEN	31
3.1	Grundlagen der Kostenschätzung	31
3.2	Investitions- und Betriebskosten für ein RKB	33
3.3	Investitions- und Betriebskosten für dezentrale Behandlungssysteme	34
3.4	Vergleich der Projektkostenbarwerte	35
3.5	Sensitivitätsuntersuchung der Kosten	37
3.6	Kostengrundlage	39
4	ERHEBUNG ÜBER REGENWASSERBESEITIGUNG IN NRW	44
4.1	Einleitung	44
4.2	Vorgehen	44
4.3	Ergebnisse der Umfrage	45
4.3.1	Beteiligungsquote	45
4.3.2	Allgemeine Angaben zu Niederschlagswasserbehandlungsanlagen	46
4.3.3	Angaben zu Erfahrungen mit dezentralen Behandlungsanlagen	47
4.3.4	Einschätzung von Chancen und Risiken	49
4.3.5	Erfahrungen und Kenntnisstand zu speziellen Verfahren	50
4.4	Ergebnisse aus den vertiefenden Interviews	53
4.5	Zusammenfassung	53
4.6	Fragebogen	54

5	DATENBLÄTTER DER DEZENTRALEN BEHANDLUNGSANLAGEN	59
5.1	Geotextil-Filtersack, Fa. Paul Schreck	59
5.2	Separationsstraßenablauf ACO Tiefbau	62
5.3	Lamellenklärer, Mall GmbH	65
5.4	CENTRIFOEL® ROVAL GmbH	66
5.5	INNOLET® Filterpatrone 300 x 500, Funke Kunststoffe GmbH	69
5.6	3P Hydrosystem 3P Filtertechnik GmbH	72
6	LITERATURVERZEICHNIS	75

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Mögliche Maßnahmen zur Ableitung, Versickerung oder Behandlung von gering, mäßig und hoch belastetem Niederschlagswasser (KA: Kläranlage, MW: Mischwasser, RKB: Regenklärbecken, RW: Regenwasser, SW: Schmutzwasser); aus: [Schmitt und Dierschke, 2009]	9
Abbildung 2: Verfahrenskombinationen zur Reinigung von Straßenabflüssen nach [Uhl, 2007]	14
Abbildung 3: Nullvariante: Parameter AFS, alle Gebiete	18
Abbildung 4: Nullvariante: Parameter CSB, alle Gebiete	18
Abbildung 5: Nullvariante: Parameter MKW, alle Gebiete	19
Abbildung 6: Nullvariante: Parameter Zn, alle Gebiete	19
Abbildung 7: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter AFS	20
Abbildung 8: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter CSB	20
Abbildung 9: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter MKW	21
Abbildung 10: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter Zn	21
Abbildung 11: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter AFS, MG fiktiv	22
Abbildung 12: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter CSB, MG fiktiv	22
Abbildung 13: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter MKW, MG fiktiv	23
Abbildung 14: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter Zn, MG fiktiv	23
Abbildung 15: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter AFS, Marienburg	24
Abbildung 16: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter CSB, Marienburg	24
Abbildung 17: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter MKW, Marienburg	25
Abbildung 18: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter Zn, Marienburg	25
Abbildung 19: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezentral): alle Parameter, MG fiktiv	26
Abbildung 20: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral): alle Parameter, MG fiktiv	26
Abbildung 21: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezentral): alle Parameter, Marienburg	27

Abbildung 22: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral): alle Parameter, Marienburg	27
Abbildung 23: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA): alle Parameter, Schilfweg	28
Abbildung 24: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA): alle Parameter, MG fiktiv	28
Abbildung 25: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA): alle Parameter, Marienburg	29
Abbildung 26: Datenbeispiel zum methodischen Vergleich TU Kaiserslautern	30
Abbildung 27: spezifische Nettobaukosten von RKB in Massivbauweise (Preisstand: Ende 2007) [BezReg Köln, 2009]	32
Abbildung 28: mögliche Lage des RKBs in Porz-Lind	33
Abbildung 29: Vergleich der Projektkostenbarwerte der Varianten 0, 3 und 4	38
Abbildung 30: Teilnehmer der Umfrage zu Erfahrungen	46
Abbildung 31: zentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen in Betrieb	47
Abbildung 32: Erfahrungen mit dezentralen Behandlungsanlagen	48
Abbildung 33: Planung dezentraler Behandlungsanlagen	48
Abbildung 34: Chancen von dezentralen Behandlungsanlagen	49
Abbildung 35: Risiken von dezentralen Behandlungsanlagen	50
Abbildung 36: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalischen Verfahren	51
Abbildung 37: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalisch-chemischen Verfahren	52
Abbildung 38: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalisch-chemisch biologischen Verfahren	52

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1:	Prozentuale Aufteilung der Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen in NRW – Stand 2008 [MKULNV, 2010]	2
Tabelle 2:	Belastung der Niederschlagswasserabflüsse der Kategorie II [MUNLV, 2004]	4
Tabelle 3:	Belastung der Niederschlagswasserabflüsse der Kategorie III [MUNLV, 2004]	5
Tabelle 4:	Median, Quantile und Extrema der frachtgewogenen Gesamtmittelwerte bei Messprogrammen an Straßenabflüssen [Kasting, 2003]	6
Tabelle 5:	Stofffrachten in NRW [Uhl et al., 2006]	7
Tabelle 6:	Behandlung des Niederschlagswasserabflusses [MUNLV, 2004]	10
Tabelle 7:	Behandlungsmaßnahmen für Straßenabflüsse mit Wirkungsweise und Reinigungsleistung, verändert nach Uhl [2007]	12
Tabelle 8:	Variantenübersicht	17
Tabelle 9:	Kostenansatz für RKB mit $V < 50 \text{ m}^3$	32
Tabelle 10:	Investitionskosten für das RKB (netto)	34
Tabelle 11:	erforderliche Anzahl der dezentralen Systeme	34
Tabelle 12:	Investitionskosten der dezentralen Systeme (netto)	35
Tabelle 13:	Betriebskosten der dezentralen Systeme (netto)	35
Tabelle 14:	Nutzungsdauern der Anlagenteile	36
Tabelle 15:	Projektkostenbarwerte der Behandlungsmaßnahmen	36
Tabelle 16:	Vergleich der Projektkostenbarwerte verschiedener Varianten	37
Tabelle 17:	Investitionskosten für ein RKB	39
Tabelle 18:	Betriebskosten für ein RKB [Grüning, et al.; Alt et al.]	39
Tabelle 19:	Betriebskosten für die Sinkkästen	39
Tabelle 20:	Investitionskosten für den Geotextil-Filtersack	40
Tabelle 21:	Investitionskosten für den SSA	40
Tabelle 22:	Investitionskosten für den Centrifool	40
Tabelle 23:	Investitionskosten für die Innolet Filterpatrone	41
Tabelle 24:	Betriebskosten für den Geotextil-Filtersack	41
Tabelle 25:	Betriebskosten für den SSA	42
Tabelle 26:	Betriebskosten für den Centrifool	42
Tabelle 27:	Betriebskosten für die Innolet Filterpatrone	43

Tabelle 28:	Ergebnis der Laborversuche	59
Tabelle 29:	Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind	60
Tabelle 30:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL 7) mit Au = 140 m ²	60
Tabelle 31:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL15) mit Au = 255 m ²	60
Tabelle 32:	Wiederholungshäufigkeiten	60
Tabelle 33:	Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind	61
Tabelle 34:	Ergebnis der Laborversuche	62
Tabelle 35:	Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind	63
Tabelle 36:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL4) mit Au = 400 m ²	63
Tabelle 37:	Wiederholungshäufigkeiten	63
Tabelle 38:	Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind	64
Tabelle 39:	Ergebnis der Laborversuche	65
Tabelle 40:	Ergebnis der Laborversuche	66
Tabelle 41:	Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind	67
Tabelle 42:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL2) mit Au = 380 m ²	67
Tabelle 43:	Wiederholungshäufigkeiten	67
Tabelle 44:	Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind	68
Tabelle 45:	Ergebnis der Laborversuche	69
Tabelle 46:	Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind	70
Tabelle 47:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL 10) mit Au = 200 m ²	70
Tabelle 48:	Wiederholungshäufigkeiten	70
Tabelle 49:	Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind	71
Tabelle 50:	Ergebnis der Laborversuche	72
Tabelle 51:	Ergebnis der Betriebsüberwachung in Königswinter	73
Tabelle 52:	Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Königswinter	73
Tabelle 53:	Wiederholungshäufigkeiten	73
Tabelle 54:	Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Königswinter	74

1 DERZEITIGER KENNTNISSTAND

1.1 Allgemein anerkannte Regeln der Technik

Allgemein anerkannte Regeln der Technik sind Regeln, die in der Wissenschaft als theoretisch richtig erkannt sind und feststehen, in der Praxis bei dem nach neuestem Erkenntnisstand vorgebildeten Techniker durchweg bekannt sind und sich aufgrund fortdauernder praktischer Erfahrung bewährt haben. Bau und Betrieb von Abwasseranlage müssen diesen entsprechen. Sie geben den allgemeinen Kenntnisstand wieder. Das Arbeitsblatt DWA-A 100 „Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung“ enthält die übergeordnete Zielsetzung, den Wasserhaushalt gegenüber dem unbebauten Zustand möglichst wenig zu verändern, das heißt den Wasserkreislauf nach Möglichkeit örtlich zu schließen. Dieser Leitsatz wird auch im neuen WHG festgelegt.

Dieser Grundsatz wird in den folgenden Veröffentlichungen der DWA umgesetzt. Das Arbeitsblatt ATV-A 105 „Wahl des Entwässerungsverfahrens“ [ATV, 1997] unterscheidet – allerdings ohne die konkrete Benennung von Bewertungskriterien – in „nicht behandlungsbedürftiges“ und „behandlungsbedürftiges“ Niederschlagswasser. In DWA-A 138 [DWA, 2005] und in DWA-M 153 [DWA, 2007] wird eine Klassifizierung der Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen nach Herkunftsflächen vorgenommen. Nach DWA-A 138 resultieren daraus Vorgaben für die Zulässigkeit und Art der Versickerung. In DWA-M 153 werden in Verknüpfung mit einer groben Klassifizierung der Belastbarkeit des „Zielgewässers“ notwendige Behandlungsmaßnahmen vor der Einleitung abgeleitet. Für die Behandlung von Niederschlagswasser, das in der Mischkanalisation zusammen mit Schmutzwasser abgeleitet wird, gilt das Arbeitsblatt ATV-A 128 [ATV, 1992].

Diese Regeln werden durch die Erlasse des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz ergänzt und teilweise modifiziert. Sie sind bei der Planung, Bau und Betrieb der zentralen und dezentralen Behandlungsanlagen einzuhalten. Wenn davon abgewichen wird, muss es begründet werden.

1.2 Verschmutzung und Behandlung von Niederschlagsabflüssen

1.2.1 Gewässerbelastung durch Niederschlagsabflüsse

Mit dem zwischenzeitlich weitgehend erfolgten Ausbau der kommunalen Kläranlagen weisen die Stoffbilanzen der Flussgebiete die niederschlagsbedingten Abflüsse – als Mischwasser- oder Niederschlagsabfluss – als einen Haupteintragspfad in die Gewässer aus. Ihr prozentualer Anteil ist naturgemäß von den spezifischen Gegebenheiten einzelner Flusseinzugsgebiete abhängig und variiert für die betrachteten Stoffe bzw. Stoffparameter entsprechend ihren vorrangigen Herkunftsbereichen.

Beispielhaft kann die Bilanzierung der Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen in Nordrhein-Westfalen, Stand 2006, ange-

führt werden (Tabelle 1), in der die Abflüsse von Außerortsstraßen nicht enthalten sind. Danach liegt der Anteil niederschlagsbedingter Abflüsse beim TOC (organische Kohlenstoffverbindungen) und Gesamt-Phosphor bei über 50 %, bei Stickstoff und AOX immerhin bei ca. ¼ der Gesamteinträge aus dem Siedlungsbereich.

Tabelle 1: Prozentuale Aufteilung der Gewässerbelastungen aus kommunalen und industriellen Einleitungen in NRW – Stand 2008 [MKULNV, 2010]

	TOC-Fracht %	N _{ges} – Fracht %	P _{ges} – Fracht %	AOX-Fracht %
Kommunale Kläranlagen	27	54	33	32
Industrielle Direkteinleiter	11	18	7	43
Mischwasserüberläufe	12	6	15	8
Regenwasserabflüsse aus Trennsystemen	25	10	22	9
Straßenabflüsse	23	9	20	8
Summe Niederschlagsbedingte Abflüsse	58	24	58	25

Die Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands für den Zeitraum 1993-1997 [UBA, 1999] weist für die „urbanen Flächen“ beim Phosphor einen Anteil von 10,8 % und beim Stickstoff einen Anteil von 4,2 % am Gesamteintrag einschließlich der diffusen Quellen aus (zum Vergleich: kommunale und industrielle Kläranlagen 33,9 % (P) bzw. 28,4 % (N)).

Die erheblichen Beiträge niederschlagsbedingter Siedlungsabflüsse zur Gewässerbelastung mit Schadstoffen werden auch in verschiedenen Beiträgen zum Workshop des Umweltbundesamtes „Emissionsminderungsmaßnahmen für prioritäre Stoffe in der Wasserrahmenrichtlinie – Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen“ [Hillenbrand, 2006] sowie in den Untersuchungen von Welker [2005] betont.

Die besondere Relevanz der Stoffeinträge durch Niederschlagsabflüsse wird für ausgewählte Schwermetalle auch im UBA-Forschungsbericht „Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden“ hervorgehoben. Neben Ansätzen der Vermeidung durch Ersatzstoffe und modifizierte Materialien werden explizit Maßnahmen zur Abtrennung der Problemstoffe durch Behandlung der belasteten Wasserströme und konkret zur Begrenzung des Schwermetalleintrags über das Regenwasser eingefordert [UBA, 2005].

Die angemessene Reduzierung der Schmutz- und Schadstoffeinträge durch Niederschlagsabflüsse von Siedlungs- und Verkehrsflächen ist vor diesem Hintergrund dringend geboten. Dies gilt in besonderem Maße bei der Er-

schließung neuer Siedlungs- und Verkehrsflächen sowie sonstigen städtebaulichen Umnutzungen bebauter Flächen, bei denen sich ein Handlungsspielraum zur Umsetzung geeigneter Maßnahmen und Anlagen der Behandlung von Niederschlagsabflüssen ergibt [UBA, 2007].

1.2.2 Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen

Eine ausführliche Erörterung der Verschmutzung von Niederschlagsabflüssen erfolgt in Kapitel 4 des Hauptberichtes. Eine Einschätzung darüber, welche stofflichen Belastungen in den Niederschlagsabflüssen der unterschiedlichen Flächenkategorien auftreten können, geben die Tabelle 2 und Tabelle 3. Im Trenngebietserlass ist den Niederschlagsabflüssen der Kategorien II und III die Art der zu erwartenden Belastungen zugeordnet.

Tabelle 2: Belastung der Niederschlagswasserabflüsse der Kategorie II [MUNLV, 2004]

Schwach belastetes Niederschlagswasser (Kategorie II)	Art der zu erwarteten Belastung				
	MKW	Sauerstoff zehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten (keine Metalldächer)	ortsspezifisch				
Befestigte Flächen mit schwachem Kfz-Verkehr (fließend und ruhend), z.B. Wohnstraßen mit Park- und Stellplätzen; Zufahrten zu Sammelgaragen; sonstige Parkplätze, soweit nicht die Voraussetzungen der Kategorie III ¹⁾ vorliegen	+			+	
Zwischengemeindlichen Straßen- und Wegeverbindungen (nach [Uhl, 2007] bis etwa 2.000 Kfz/d)	++			+	
Einkaufsstraßen, Marktplätze, Flächen, auf denen Freiluftveranstaltungen stattfinden		++	+		
Hof- und Verkehrsflächen in Mischgebieten, Gewerbe- und Industriegebieten mit geringem Kfz-Verkehr, keinem Umgang mit wassergefährdeten Stoffen und keinen sonstigen Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität	++			+	+
Landwirtschaftliche Hofflächen, soweit nicht unter Kategorie III aufgeführt ²⁾	+	+	+		
Start- und Landebahnen von Flughäfen ohne Winterbetrieb (Enteisung)					+

1) Großparkplätze als Dauerparkplätze mit häufiger Frequentierung

2) Flächen, auf denen mit Jauche und Gülle, Stalldung oder Silage umgangen wird, z. B. Lager-, Abfüll-, und Umschlagplätze für diese Stoffe

Tabelle 3: Belastung der Niederschlagswasserabflüsse der Kategorie III [MUNLV, 2004]

Stark belastetes Niederschlagswasser (Kategorie III)	Art der zu erwarteten Belastung				
	MKW	Sauerstoff zehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Flächen, auf denen mit Wasser gefährdenden Stoffen i. S. des § 19 g Abs. 5 WHG umgegangen wird, z.B. Lager-, Abfüll- und Umschlagplätze für diese Stoffe	+++	+	+++	+++	+++
Flächen, auf denen mit Jauche und Gülle, Stallung oder Silage umgegangen wird, z.B. Lager-, Abfüll- und Umschlagplätze für diese Stoffe		+++	+++		
Flächen mit starkem Kfz-Verkehr (fließend und ruhend), z.B. Hauptverkehrsstraßen, Fernstraßen sowie Großparkplätze als Dauerparkplätze mit häufiger Frequentierung	++			++	+
Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten, soweit nicht unter Kategorie II fallend	++	+	+	+	+
Flächen mit großen Tieransammlungen, z.B. Viehhaltungsbetriebe, Reiterhöfe, Schlachthöfe, Pelztierfarmen	+	+++	+++		
Start- und Landebahnen von Flughäfen im Winterbetrieb (Enteisung) sowie Flächen, auf denen eine Betankung oder Enteisung oder Wäsche der Flugzeuge erfolgt	+++		+++	+	+
Befestigte Gleisanlagen			++		++
Verkehrsflächen von Abwasserbehandlungs- und Abfallentsorgungsanlagen (z.B. Deponiegelände, Umschlaganlagen, Kompostierungsanlagen, Zwischenlager)	+	++	++	++	++
Flächen zur Lagerung und Zwischenlagerung industrieller Reststoffe und Nebenprodukte, von Recyclingmaterial, Asche	+	+	+	++	++

Die Verschmutzung von Straßenabflüssen ist in verschiedenen Projekten detailliert gemessen worden. Erhobene Konzentrationswerte sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Median, Quantile und Extrema der frachtgewogenen Gesamtmittelwerte bei Messprogrammen an Straßenabflüssen [Kasting, 2003]

Parameter	Anzahl Messprogramme	Einheit	Minimum	25% Quantil	Median	75 % Quantil	Maximum
AFS	10	mg/l	85	125	155	234	564
Chlorid	10	mg/l	7	84	120	157	357
BSB ₅	4	mg/l	9		1		18
CSB	10	mg/l	37	77	99	121	141
NH ₄ -N	10	mg/l	0,20	0,50	0,60	0,76	2,31
P _{ges}	6	mg/l	0,25	0,29	0,31	0,34	0,49
Cadmium	10 ¹⁾	µg/l	< 1	1,7	3,6	5,5	6,4
Chrom	7 ¹⁾	µg/l	< 5	6,3	15	23,3	24,2
Blei ²⁾	10	mg/l	0,06	0,09	0,18	0,29	0,34
Kupfer	10	mg/l	0,04	0,07	0,11	0,12	0,14
Nickel	6 ¹⁾	mg/l	< 0,01		0,026		0,057
Quecksilber	4 ¹⁾	µg/l	< 0,2		0,4		
Zink	10	mg/l	0,25	0,33	0,46	0,52	0,62
PAK (TVO)	7	µg/l	0,24	2,08	2,54	2,79	3,39
PAK (EPA)	2	µg/l	4,4		5,19		5,98
MKW H ₁₈ ³⁾	8 ¹⁾	mg/l	0,005	0,21	1,44	4,75	7,02
pH-Wert	4	-	7,1		7,35		7,6

1) bei einigen Messprogrammen wurde die Bestimmungsgrenze unterschritten

2) die Bleikonzentration ist durch Einführung des bleifreien Benzins gesunken: Mittelwert seit 1993: 0,08 mg/l

3) in den jüngsten Messprogrammen deutliche Abnahme der MKW, < 0,1 bis 0,25 mg/l

Interessant ist auch die in Tabelle 5 gezeigte Verteilung der jährlichen Ton- nagen verschiedener Schadstoffe im Abfluss von klassifizierten Straßen und Gemeinde- und sonstigen Straßen außerhalb von Ortslagen [Uhl et al., 2006]. Allerdings fehlen hier Angaben zu innerörtlichen Gemeindestraßen, die einen Großteil der Gesamtverkehrsfläche in Deutschland ausmachen.

Tabelle 5: Stofffrachten in NRW [Uhl et al., 2006]

Parameter		klassifizierte Straßen			Gemeinde- und sonstige Straßen
		innerhalb Ortslagen	außerhalb Ortslagen	gesamt	außerhalb Ortslagen
AFS	t/a	8.476	18.865	27.341	5.476
Chlorid	t/a	6.562	14.605	21.167	4.240
BSB ₅	t/a	766	1.704	2.469	495
CSB	t/a	2.947	6.559	9.505	1.413
NH ₄ -N	t/a	33	73	106	21
P _{ges}	t/a	17	38	55	11
Cadmi- um	kg/a	197	438	635	127
Chrom	kg/a	820	1.826	2.646	530
Blei	kg/a	4.375	9.737	14.111	2.826
Kupfer	kg/a	6.015	13.388	19.403	3.886
Nickel	kg/a	1.422	3.164	4.586	919
Queck- silber	kg/a	22	49	71	14
Zink	t/a	25	56	81.140	16.252
PAK	kg/a	139	309	448	90
MKW	t/a	9	21	30	6

1.2.3 Maßnahmen zur Behandlung von Niederschlagswasser in Trenngebieten

In Abbildung 1 sind mögliche Maßnahmen zur Behandlung und Ableitung von Niederschlagswasser ins Grundwasser oder in Oberflächengewässer für un- unterschiedliche Herkunftsbereiche dargestellt.

a) Gering belastetes Niederschlagswasser kann und soll demnach in den Boden versickert (1) oder in ein ortsnahes Oberflächengewässer eingeleitet werden.

b) Mäßig belastetes Niederschlagswasser muss vor einer Versickerung behandelt werden. Das kann dezentral durch eine

- Versickerung über eine ausreichend dimensionierte bewachsene Bodenzone (2) oder
- Reinigung in zugelassenen Anlagen (3)

erfolgen. Mäßig belastetes Niederschlagswasser kann aber auch **möglichst ortsnah** in ein Oberflächengewässer abgeleitet werden, nachdem es mittels

- zugelassenen Anlagen (4) gereinigt wurde („**dezentrale Behandlung**“).

Zentral oder semizentral kann

- eine Reinigung in einem Regenklärbecken (5) mit oder ohne Abscheider und/oder in nach dem Stand der Technik bemessenen Anlagen erfolgen.

c) Stark belastetes Niederschlagswasser muss vor Einleiten in ein Oberflächengewässer einer mechanisch-biologischen Behandlung unterzogen werden. Dies kann dezentral

- mittels eines zugelassenen Verfahrens zur Einleitung in ein Oberflächengewässer erfolgen (7).

Es kann je nach Verschmutzung mit oder ohne Vorbehandlung in einen Regenwasserkanal eingeleitet werden, dem eine Reinigung in einer

- Anlage nach dem Stand der Technik (z.B. Regenklärbecken mit oder ohne Abscheider (5) und weitergehenden Reinigung in einem Retentionsbodenfilter (als mechanisch-biologische Behandlung) (6)

folgt. Weiterhin ist die

- Ableitung von stark belastetem Niederschlagswasser in den Schmutz- oder Mischwasserkanal und Reinigung in einer mechanisch-biologischen Abwasserreinigungsanlage möglich.

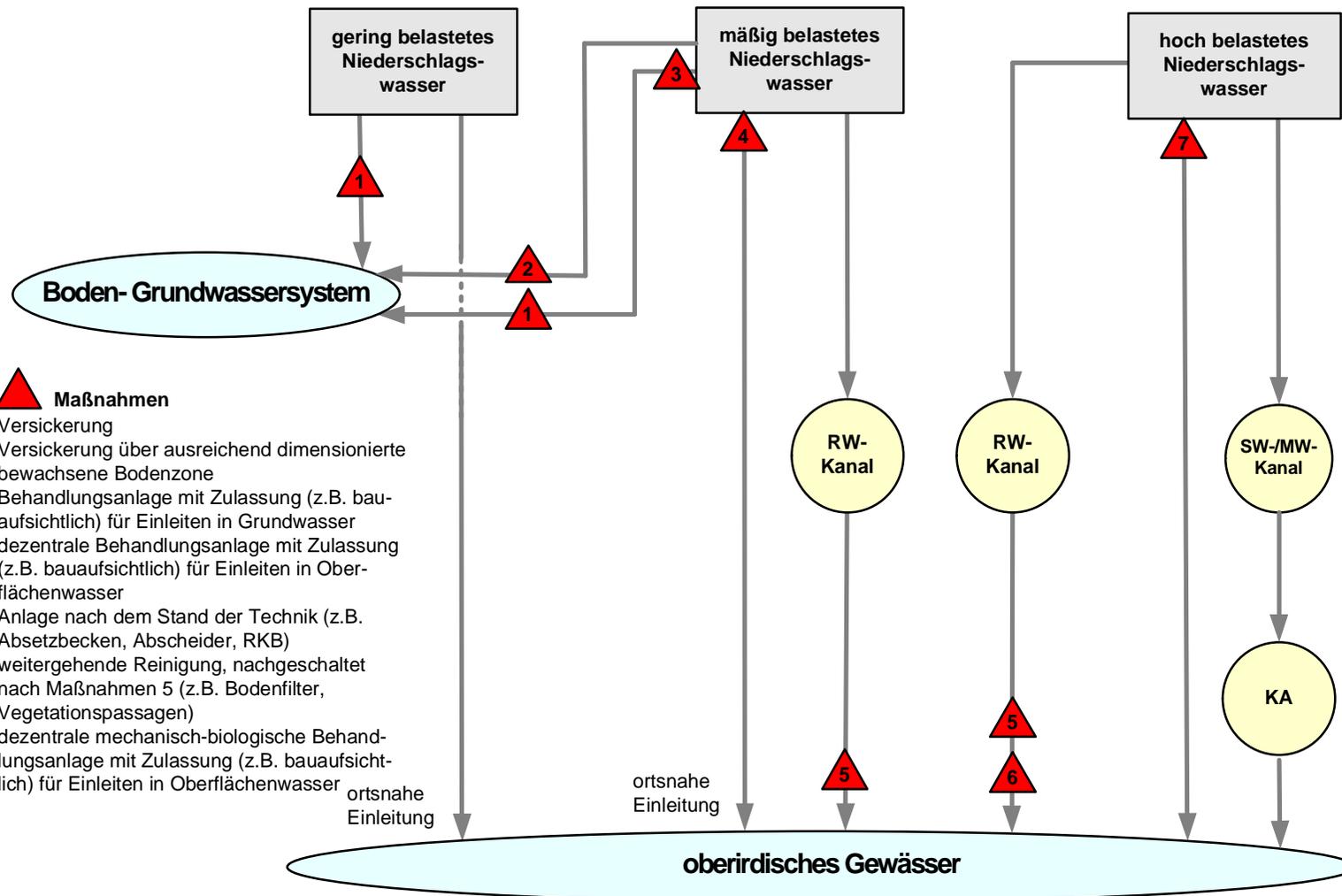


Abbildung 1: Mögliche Maßnahmen (zur Ableitung, Versickerung oder Behandlung von gering, mäßig und hoch belastetem Niederschlagswasser (KA: Kläranlage, MW: Mischwasser, RKB: Regenklärbecken, RW: Regenwasser, SW: Schmutzwasser); aus: [Schmitt und Dierschke, 2009]

1.2.4 Wirksamkeit zentraler Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung

Im Trenngebietserlass [MUNLV, 2004] werden in Anlage 2 die in Tabelle 6 wiedergegebenen qualitativen Reinigungsleistungen der verschiedenen Regenwasserbehandlungsanlagen dargestellt.

Tabelle 6: Behandlung des Niederschlagswasserabflusses [MUNLV, 2004]

Art der Regenwasserbehandlung	Reinigungsleistung				
	MKW	Sauerstoff zehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Abscheideanlage	++			+	
ständig gefüllte Regenklärbecken	+	+		+	
nicht ständig gefüllte Regenklärbecken					
- mit Drosselabfluss oder nur zeitweiligem Drosselabfluss zur Beckenentleerung nach Regenende	+	+	+	+	+
- mit ständigem Drosselabfluss	++	+	++	+	++
Bodenfilter, biologisch wirksam	+++	+++	+++	+++	++

Grad der Reinigungsleistung: + gering
 ++ mittel
 +++ hoch

Eine ausführliche Erörterung des Kenntnisstandes zur Reinigungswirkung von Regenklärbecken und Retentionsbodenfiltern erfolgt in Kapitel 7 und 8 des Hauptberichtes.

1.2.5 Dezentrale und zentrale Behandlung von Straßenabflüssen

Derzeit wird ein Handbuch für die Behandlung von klassifizierten überörtlichen Straßen im inner- und außerörtlichen Bereich sowie nicht klassifizierten Straßen und Wegen im außerörtlichen Bereich erarbeitet [Uhl et al., 2006]; [Uhl, 2007], in dem konkrete Behandlungsmaßnahmen und ihre Wirkungsweise auf die Reinigung von Straßenabflüssen beurteilt werden, die in Tabelle 7 wiedergegeben werden. Auch wenn sich diese unmittelbar nur auf klassi-

fizierte Straßen beziehen, erlauben sie Rückschlüsse auf die Wirkungsweise und Wirksamkeit von Behandlungsanlagen für Niederschlagsabflüsse aus Siedlungsgebieten.

Reinigungsleistung 0: keine
 1: gering

 4: hoch

Tabelle 7: Behandlungsmaßnahmen für Straßenabflüsse mit Wirkungsweise und Reinigungsleistung, verändert nach Uhl [2007]

Kürzel	Erläuterung	Wirkungsweise	Reinigungsleistung		
			partikuläre Stoffe	gelöste Stoffe	MKW
Versickerungsanlagen					
VA1	Versickerung über Böschung oder ebene Fläche (belebte Bodenzone ≥ 20 cm)	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2	2
VA2	Versickerungsgraben/-mulde (belebte Bodenzone ≥ 20 cm)	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2	2
VA3	Mulden-Rigolen-Element ohne Ableitung (belebte Bodenzone ≥ 20 cm)	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2	2
VA4	Versickerungsbecken sowie Absetzbecken und Leichtstoffabscheider (belebte Bodenzone ≥ 20 cm)	Dichttrennung, Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2	2-3
VA5	Flächenförmige Versickerung über wasserdurchlässige Befestigung, die den DIBt-Zulassungsgrundsätzen entsprechen	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	1-2	2
Anlagen zur Teilversickerung und Ableitung					
A1	Teilversickerung in Straßenböschung und Sammlung über Straßenseitengräben mit Absetzfunktion	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung, Sedimentation	1	1	2
A2	Teilversickerung in Straßenböschung und Sammlung über Straßenseitengräben ohne gezielte Absetzfunktion	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	0-1	1	1-2
A3	Teilversickerung in Mulden-Rigolen-System und Ableitung (belebte Bodenzone ≥ 20 cm)	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2	2
A4	Flächenförmige Versickerung über wasserdurchlässige Befestigung, die den DIBt-Zulassungsgrundsätzen entsprechen und Ableitung	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	1-2	2

Tabelle 7: (Fortsetzung) Behandlungsmaßnahmen für Straßenabflüsse mit Wirkungsweise und Reinigungsleistung, verändert nach Uhl [2007]

Kürzel	Erläuterung	Wirkungsweise	Reinigungsleistung		
			partikuläre Stoffe	gelöste Stoffe	MKW
Abscheider					
AL1	Abscheider nach RiStWag	Dichttrennung	1	0	2
AL2	Abscheider nach RiStWag mit optimiertem Zulauf	Dichttrennung	2-3	0	2
Sedimentationsanlagen					
RKBoD1	Regenklärbecken ohne Dauerstau mit Drosselabfluss oder nur zeitweiligem Drosselabfluss zur Beckenentleerung nach Regenende (z.B. in ein vorhandenes Schmutzwasser- oder Mischsystem)	Dichttrennung	1	1	1
RKBoD2	Regenklärbecken ohne Dauerstau mit ständigem Drosselabfluss (z.B. in ein vorhandenes Schmutzwasser- oder Mischsystem)	Dichttrennung	1	2	2
RKBmD	Regenklärbecken mit Dauerstau	Dichttrennung	1	0	1
Filteranlagen					
RBF	Retentionsbodenfilter nach [MUNLV, 2003]	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	2-3	3-4
BF	Bodenfilterfläche/-strecke	Filtration, Sorption, biochemische Umwandlung	4	1-2	2
Dezentrale Behandlungsanlagen					
GN	Nassgullies	Dichttrennung			
GF	Gullies mit Filtereinrichtungen	Dichttrennung, Filtration, Sorption			

Auch im ESOG-Handbuch [Uhl, 2007] werden eine Unterteilung der Niederschlagsabflüsse in „unbelastetes, schwach und stark belastetes“ Niederschlagswasser vorgenommen und mögliche Reinigungsverfahren diesen Strömen zugeordnet.

Vorzugsweise sollen nach [Uhl, 2007] für die Versickerung oder Behandlung von schwach (mäßig nach Anhang Niederschlagswasser) belastetem Niederschlagswasser aus Straßenabflüssen nachfolgend aufgeführte Verfahren angewendet werden:

Versickerungsanlagen VA1 bis VA5

- Ableitung und Teilversickerung A1, A3, A4
- Abscheider AL1 und AL2
- Sedimentationsanlage RKBoD2
- Filteranlagen RBF, BF

Als sinnvolle Verfahrenskombinationen werden folgende Möglichkeiten genannt, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

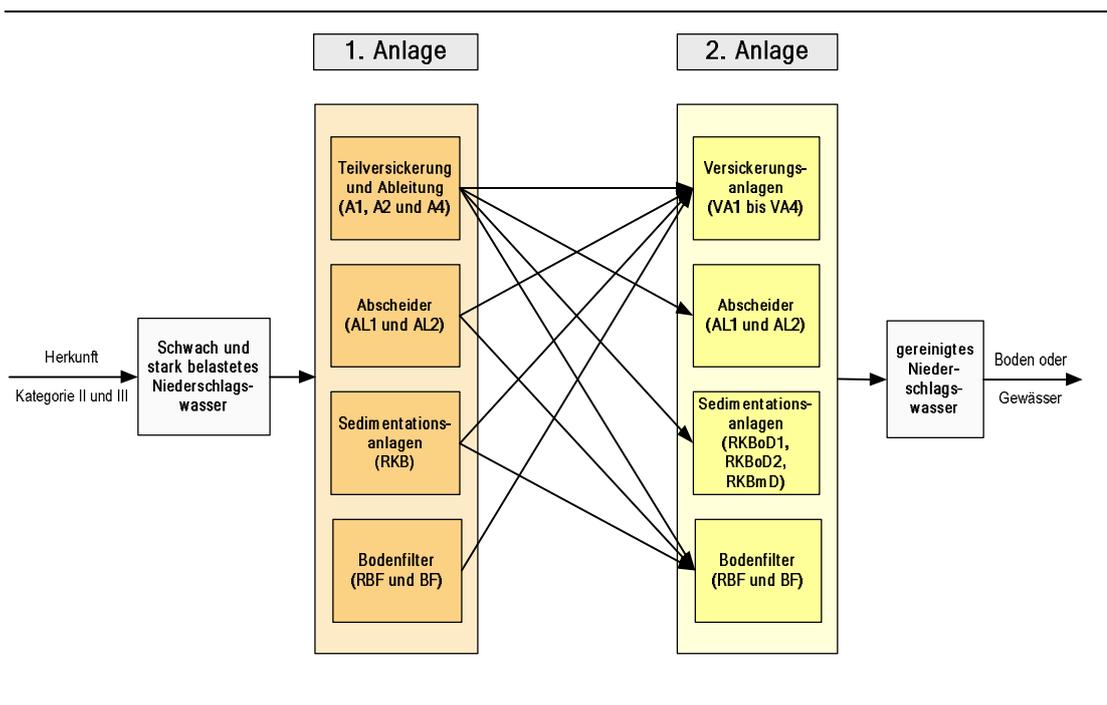


Abbildung 2: Verfahrenskombinationen zur Reinigung von Straßenabflüssen nach [Uhl, 2007]

1.2.6 Dezentrale Behandlung von Niederschlagsabflüssen

Je nach Herkunft und Verschmutzung des Niederschlagsabflusses sind unterschiedliche Maßnahmen der Behandlung vorzusehen bzw. möglich. Insbesondere sollen gemäß Trenngebietserlass NRW [MUNLV, 2004] und Entwurf „Anhang Niederschlagswasser“ [BLAG, 2008] zukünftig standardisierbare, dezentrale Verfahren herangezogen werden, die in einem Zulas-

sungsverfahren nachweisen konnten, dass hinsichtlich des Schadstoffrückhaltes und des dauerhaften Betriebs eine Vergleichbarkeit mit den herkömmlichen zentralen Behandlungsanlagen vorliegt.

Als entscheidende Vorteile dezentraler Anlagen sind zu nennen:

- kleinräumige Abstimmung der Behandlungsanlage und ihrer Wirkmechanismen auf die spezifische Belastungssituation der angeschlossenen Flächen bzw. der resultierenden Niederschlagsabflüsse und etwaige ortsspezifische betriebliche Erfordernisse
- hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit bei zukünftigen Veränderungen der Flächennutzung, zum Stoffaufkommen allgemein sowie im Kenntnisstand zur Abflussverschmutzung und Wirksamkeit der Behandlungsanlagen
- Aktivierung des Innovationspotenzials für effiziente Behandlungstechniken durch unternehmerische Initiativen und Entwicklungsarbeiten bei Vorliegen eines ausreichend großen „Marktes“ für zukünftige Anwendungen

Für Abflüsse von Metalldächern wurde von der TU Kaiserslautern im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt ein Prüfverfahren zur Zulassung geeigneter Anlagen zum Rückhalt der Schwermetalle, vorrangig Kupfer und Zink, entwickelt [Welker und Dierschke, 2009].

Derzeit werden in einem von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsvorhaben unter Federführung der DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Prüfverfahren zur bauartlichen Zulassung dezentraler, standardisierbarer Behandlungsanlagen für belastete Niederschlagsabflüsse entwickelt [DWA, 2010].

Grüning und Hoppe berichten über eine vergleichende Untersuchung zentraler und dezentraler Behandlungsanlagen. Dort wurden in Parallelschaltung ein Regenklärbecken und ein Filtersystem größenproportional mit „identischer“ Belastung der Niederschlagsabflüsse beschickt und der erzielte Stoffrückhalt gegenübergestellt [Grüning und Hoppe, 2007]. Hermann et al. berichten über die Behandlung von hoch belastetem Straßenabwasser in der Schweiz mit einem mehrstufigem Verfahren, bestehend aus Lamellenabscheider und kombinierter Sand/Adsorber-Schicht. Ziel war es, über Partikelabtrennung und Adsorption gelöster Schwermetalle einen möglichst weitgehenden Stoffrückhalt zu erzielen. In einem Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule wurde der Schadstoffrückhalt in Straßensammlern mittels Filterschacht untersucht [Kaufmann, 2006].

Eine Darstellung zentraler und dezentraler Verfahren zur Behandlung belasteter Niederschlagsabflüsse findet sich bei Sommer [2007]. Schwerpunkt bildet die dezentrale Behandlung von Straßenabflüssen mit Entwicklung eigener Anlagen mit Stoffrückhalt durch Mechanismen der Sedimentation und Filtration [Sommer, 2007].

Umfangreiche Erhebungen zur Belastung von Niederschlagsabflüssen unterschiedlicher Herkunftsflächen und Bewertungen zur Wirkungsweise und

Wirksamkeit dezentraler Behandlungsanlagen werden in [Helmreich, 2010] vorgenommen.

Die Erkenntnisse aus den vorstehenden Quellen und Untersuchungsprogrammen werden bei den weitergehenden Bewertungen der stofflichen Leistungsfähigkeit zentraler und dezentraler Anlagen in Kapitel 5 aufgegriffen und eingearbeitet.

2 VERGLEICHBARKEIT DER STOFFLICHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT VON DEZENTRALEN UND ZENTRALEN ANLAGEN

Tabelle 8: Variantenübersicht

	Flächenanteile Kat. I / II	Trenngebiet 820 Schilfweg Köln Porz-Lind		Fiktives Mischgebiet		Trenngebiet 107 Diepenbeekallee (Köln-Weiden)		Trennsystem 301 Marienburg	
		40% / 60%	50% / 50%	87% / 13%	25% / 75%				
Variante	dez. Behandlungsanlage	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack	Innolet	Filtersack
Nullvariante									
0	Nullvariante	X	X	X	X	X	X	X	X
Abkopplung Flächenkategorie I und IIa (nicht behandlungsbedürftiger Flächenanteil)									
1A	-25% Abkopplungsanteil	X	X	X	X			X	X
1B	-50% Abkopplungsanteil	X	X	X	X			X	X
1C	-100% Abkopplungsanteil	X	X	X	X			X	X
Variation Konzentrationswerte Stoffaufkommen (alle 4 Parameter)									
2A	C _{xxx} -50% in Kat. I			X	X			X	X
2B	C _{xxx} +50% in Kat. I			X	X			X	X
2C	C _{xxx} -50% in Kat. II			X	X			X	X
2D	C _{xxx} +50% in Kat. II			X	X			X	X
Variation der Wirkungsgrade									
3A	η_{dez} -10%-Punkte			X	X			X	X
3B	η_{RKB} -10%-Punkte			X	X			X	X
Kläranlageneinfluss bei zentraler Behandlung (RKBoD); Variation Entleerungsanteile zur KA									
4A	15%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X
4B	20%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X
4C	25%-Vol.anteil zur KA	X	X	X	X			X	X

2.1 Dokumentation der Variantenuntersuchung

2.1.1 Nullvariante

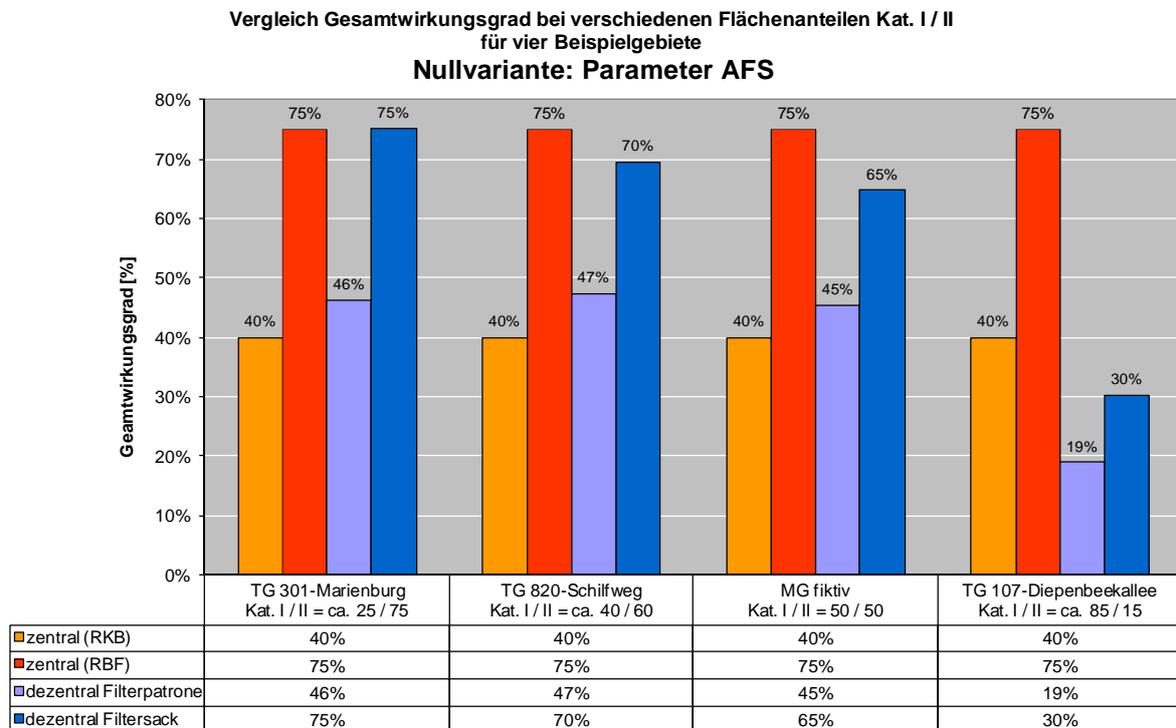


Abbildung 3: Nullvariante: Parameter AFS, alle Gebiete

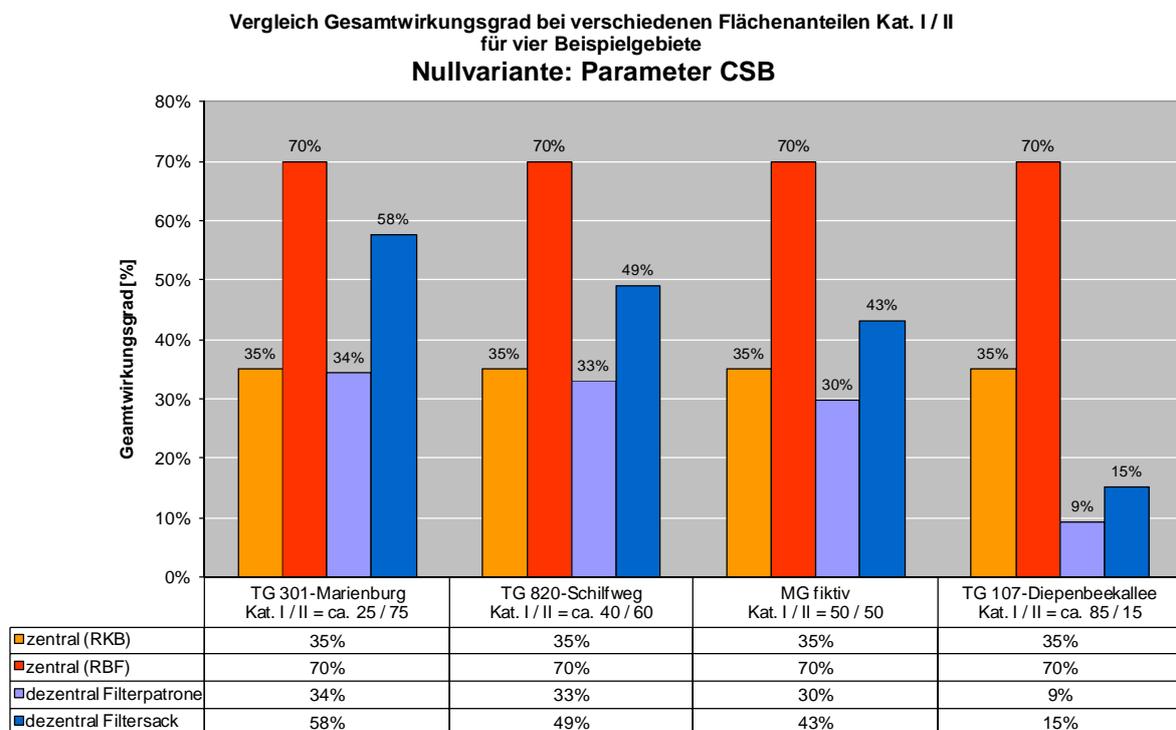


Abbildung 4: Nullvariante: Parameter CSB, alle Gebiete

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II für vier Beispielgebiete

Nullvariante: Parameter MKW

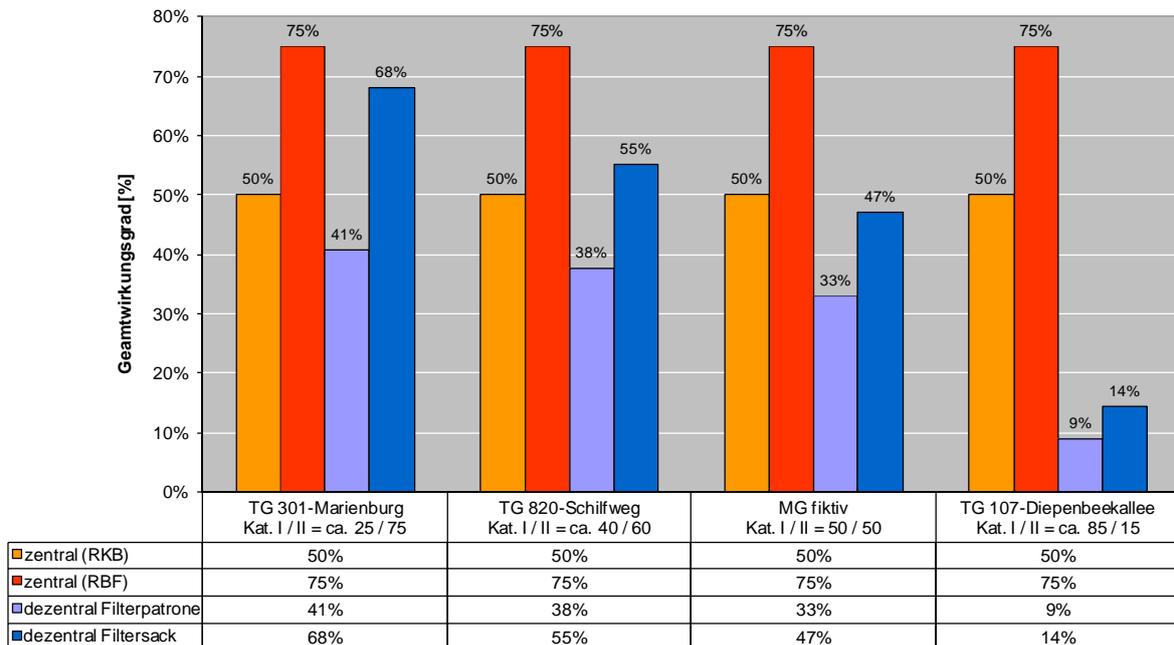


Abbildung 5: Nullvariante: Parameter MKW, alle Gebiete

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II für vier Beispielgebiete

Nullvariante: Parameter Zn (Schwermetalle)

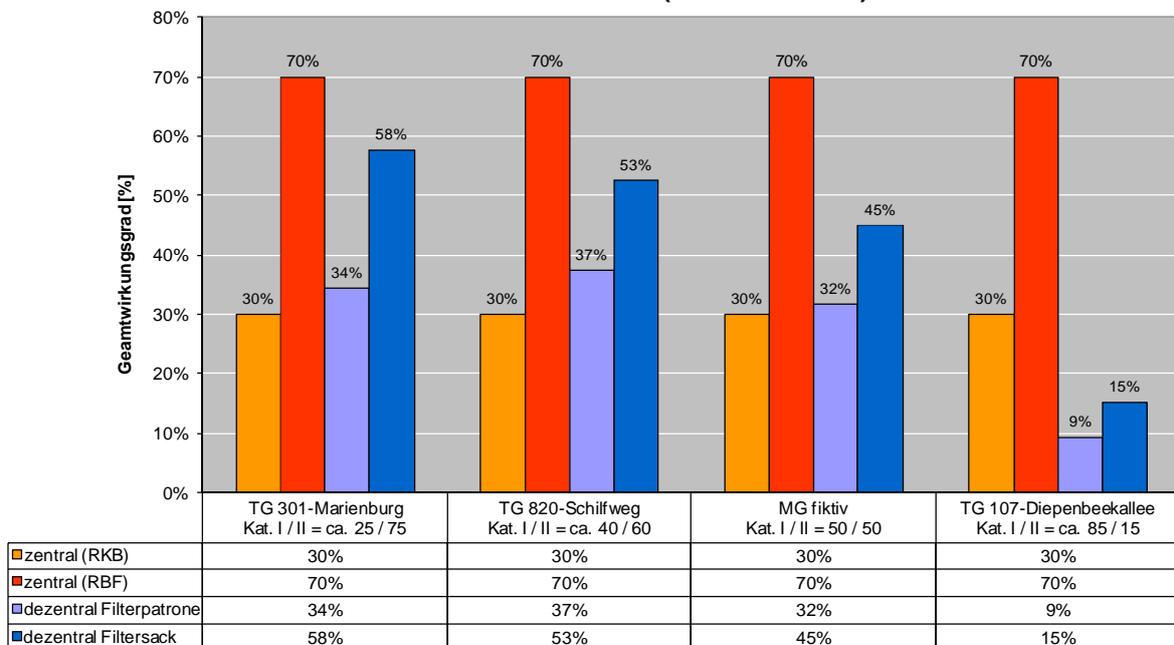


Abbildung 6: Nullvariante: Parameter Zn, alle Gebiete

2.1.2 Variante 1: Verschiedene Flächenanteile Kat. I / II infolge Abkopplung

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter AFS

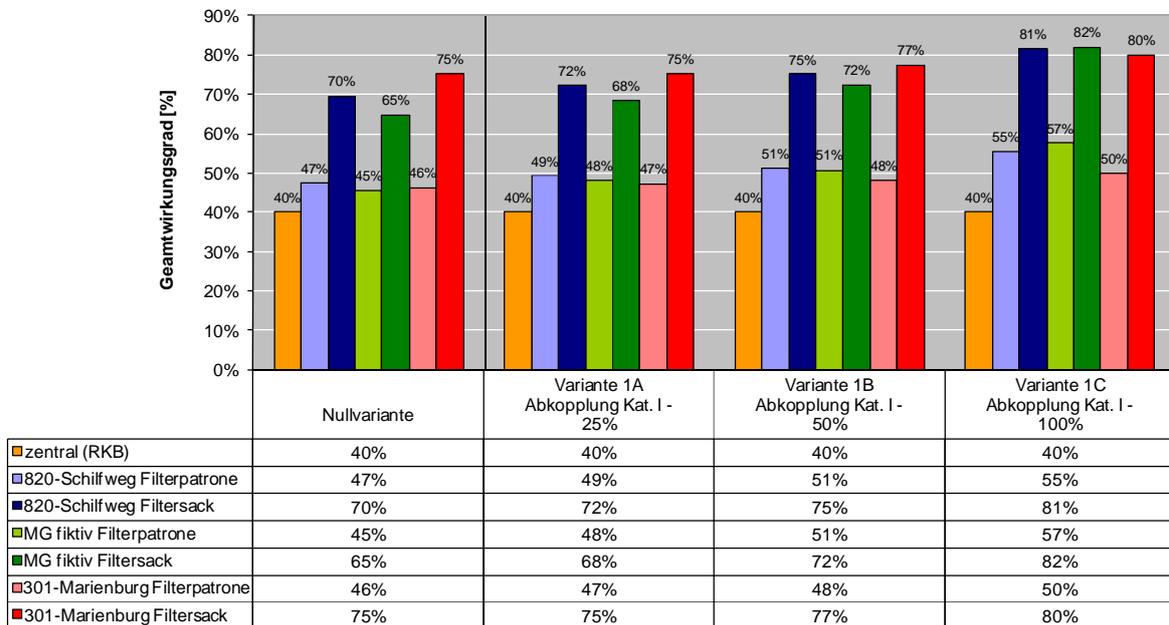


Abbildung 7: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter AFS

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter CSB

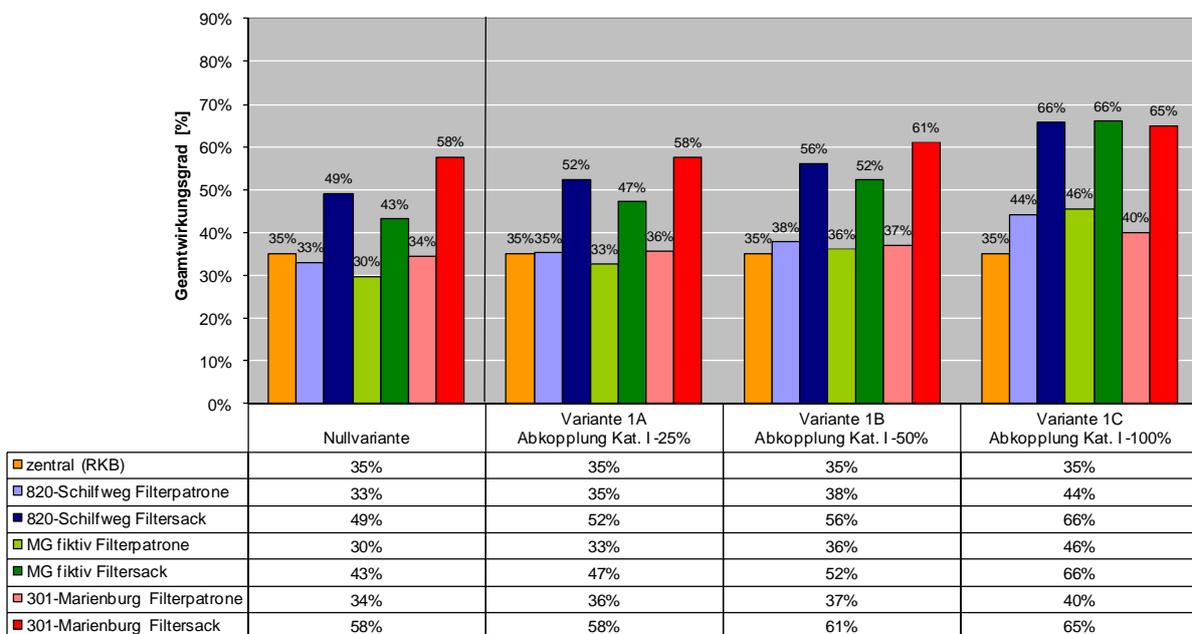


Abbildung 8: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter CSB

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter MKW

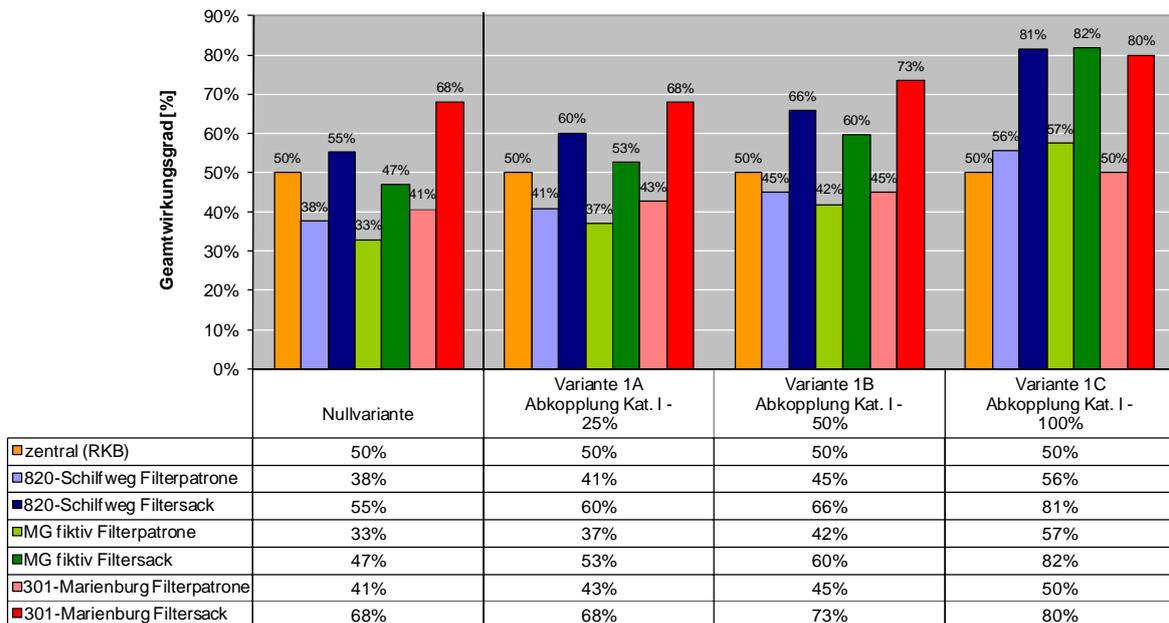


Abbildung 9: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter MKW

Vergleich Gesamtwirkungsgrad bei verschiedenen Flächenanteilen Kat. I / II infolge Abkopplung
Gebiete "820-Schilfweg", "MG fiktiv" und "301-Marienburg"
Varianten 1A - 1C: Parameter Zn (Schwermetalle)

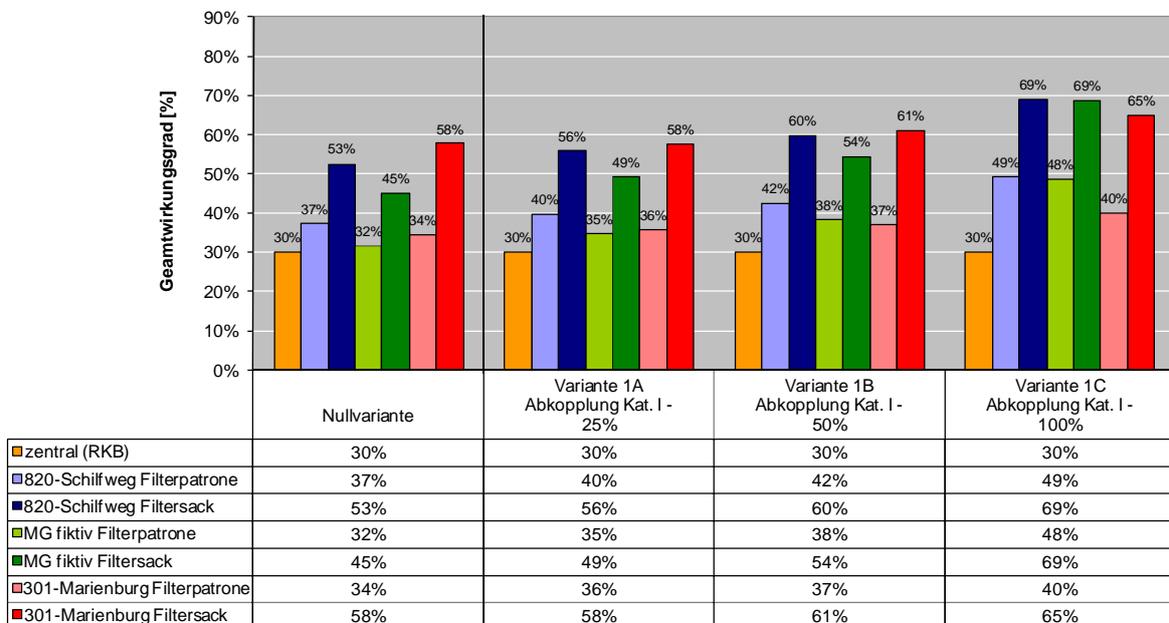


Abbildung 10: Variante 1(Flächenabkopplung): Parameter Zn

2.1.3 Variante 2: Variation der Konzentrationswerte (Sensitivitätsbetrachtung)

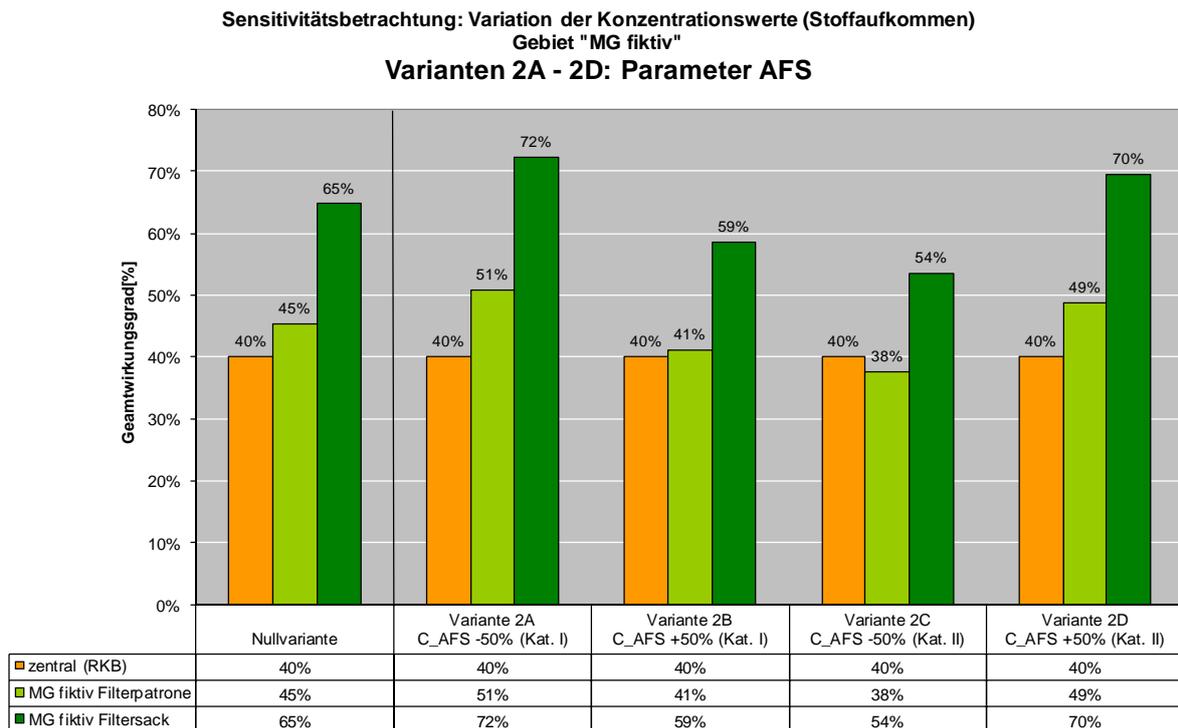


Abbildung 11: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter AFS, MG fiktiv

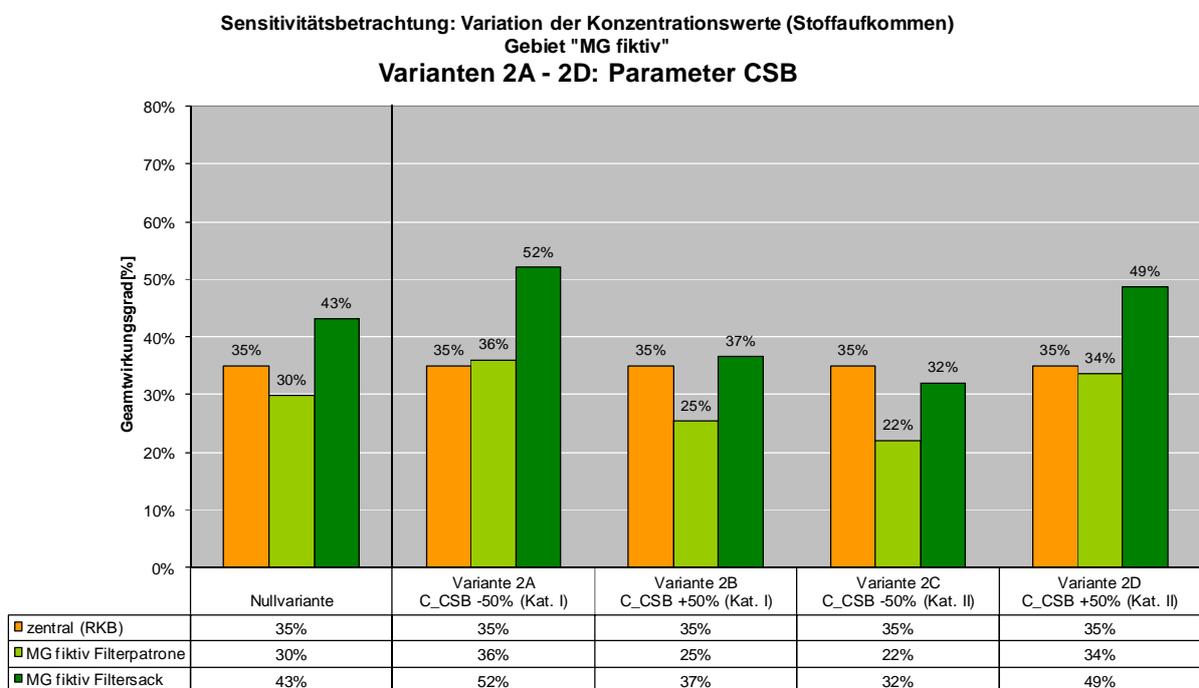


Abbildung 12: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter CSB, MG fiktiv

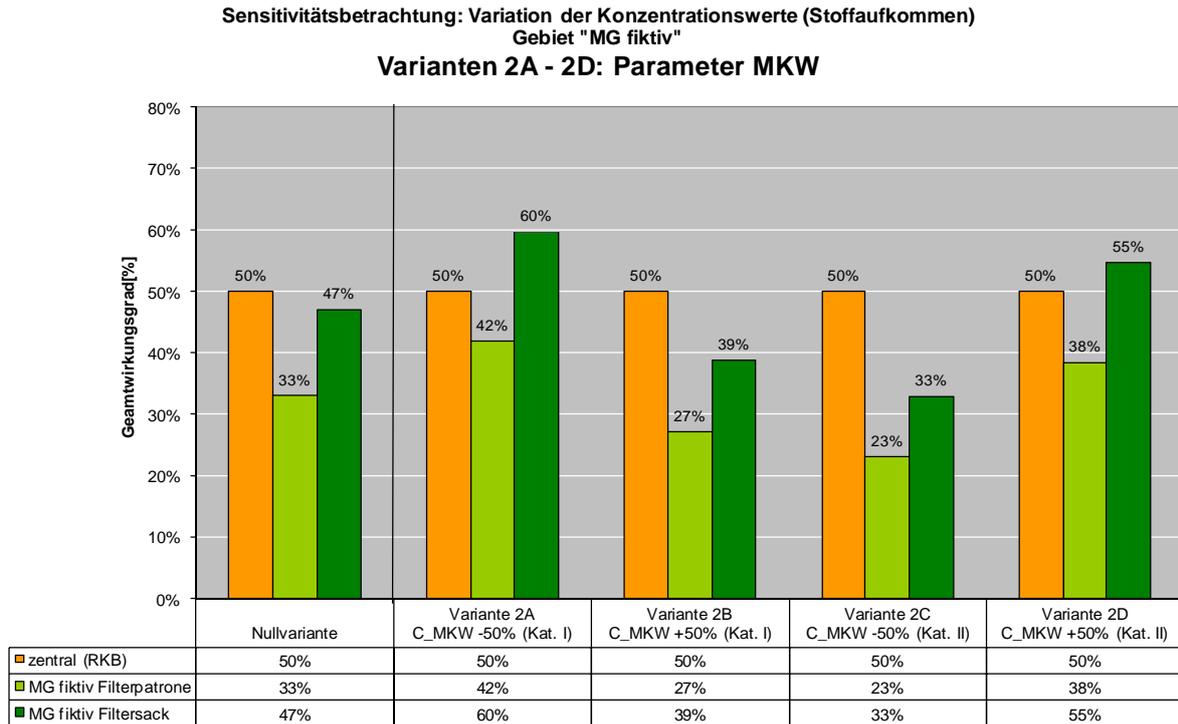


Abbildung 13: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter MKW, MG fiktiv

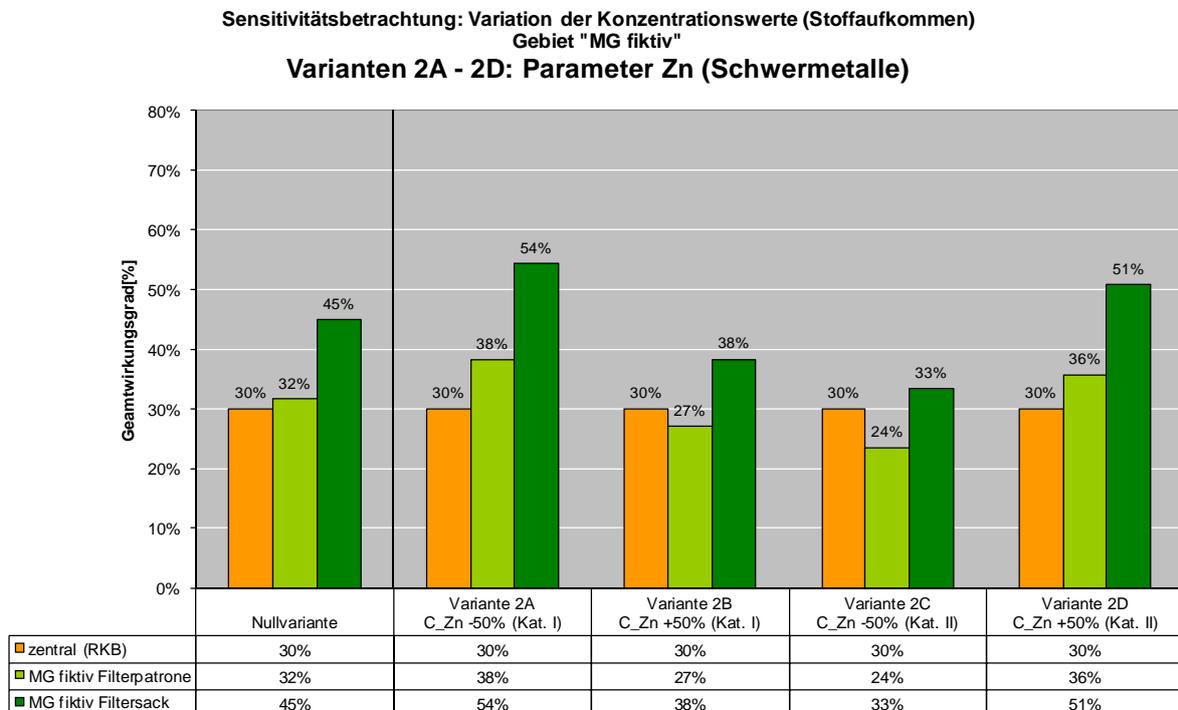


Abbildung 14: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter Zn, MG fiktiv

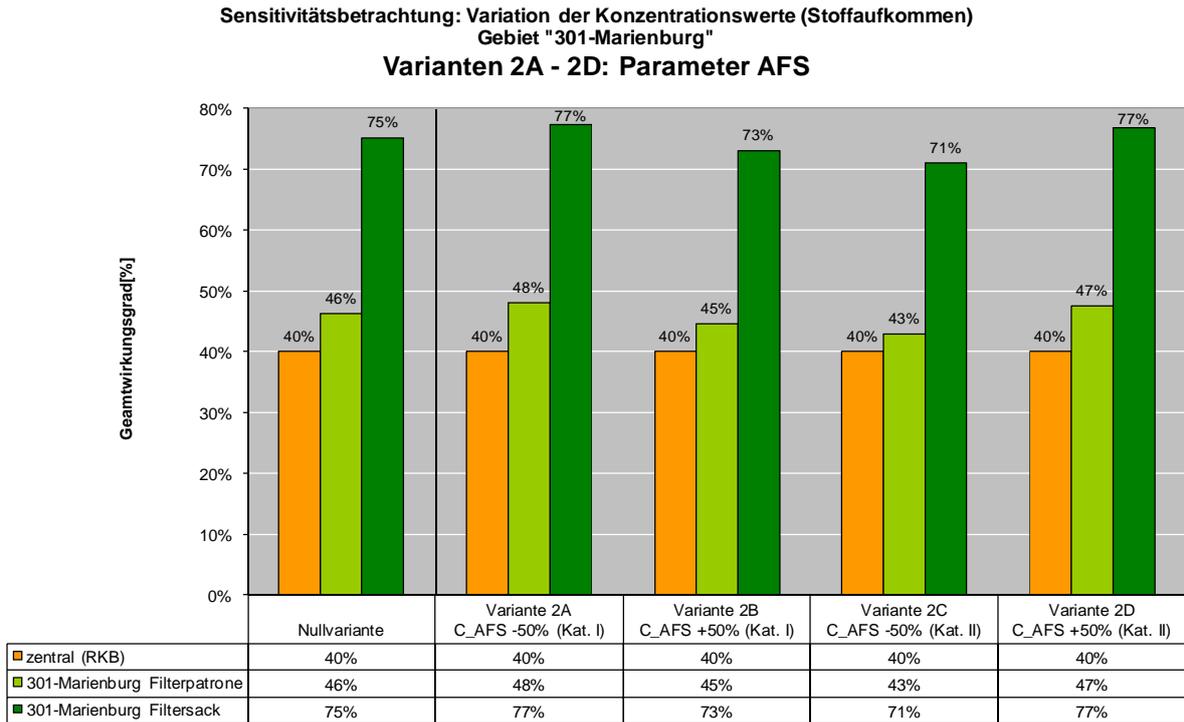


Abbildung 15: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter AFS, Marienburg

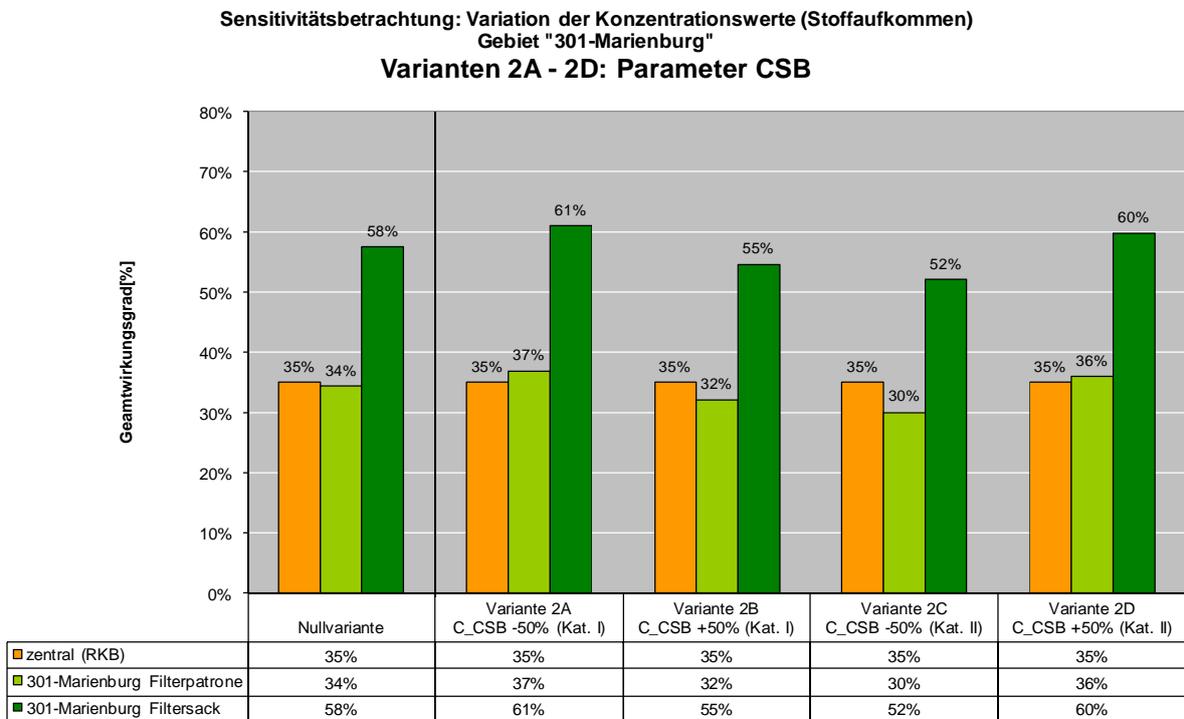


Abbildung 16: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter CSB, Marienburg

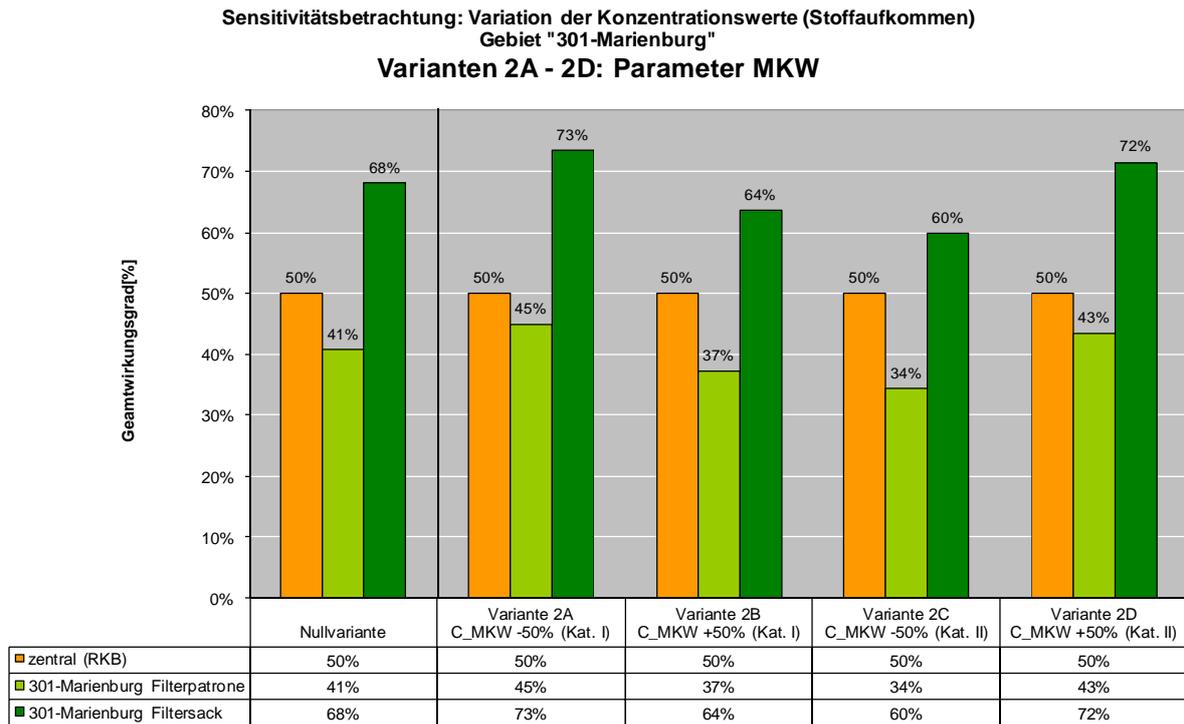


Abbildung 17: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter MKW, Marienburg

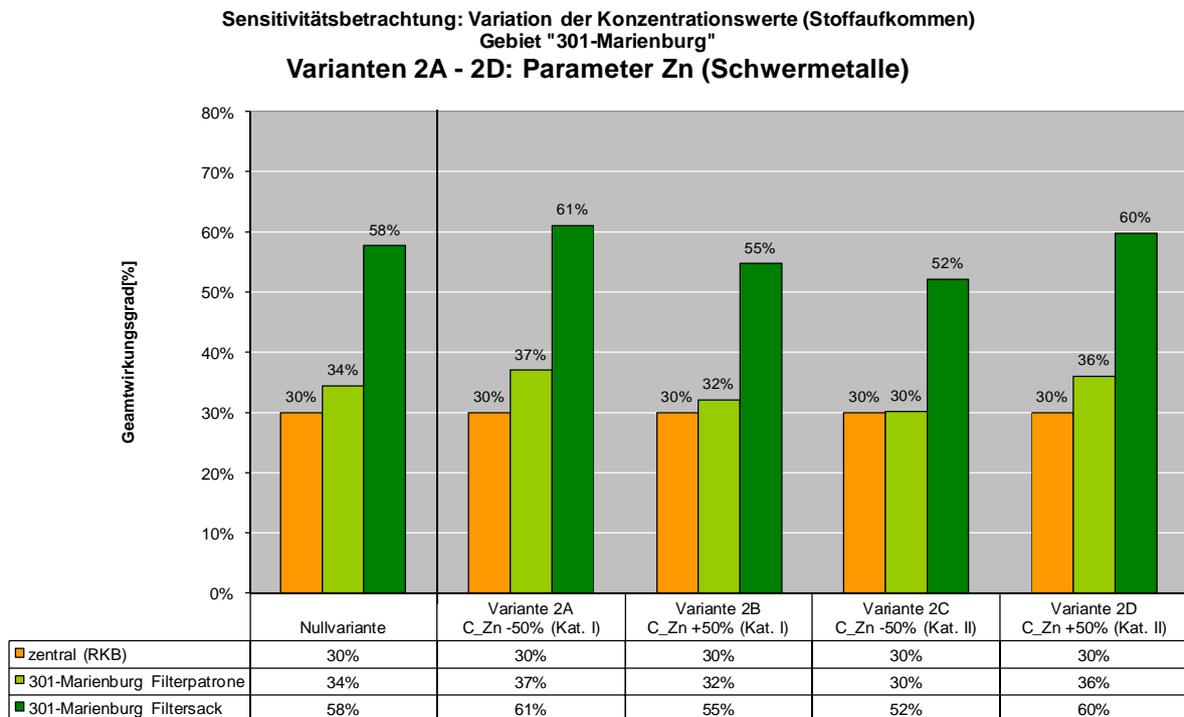


Abbildung 18: Variante 2 (Variation der Konzentrationswerte): Parameter Zn, Marienburg

2.1.4 Variante 3: Variation der Gesamtwirkungsgrade (dezentral bzw. zentral) um -10%-Punkte (Sensitivitätsbetrachtung)

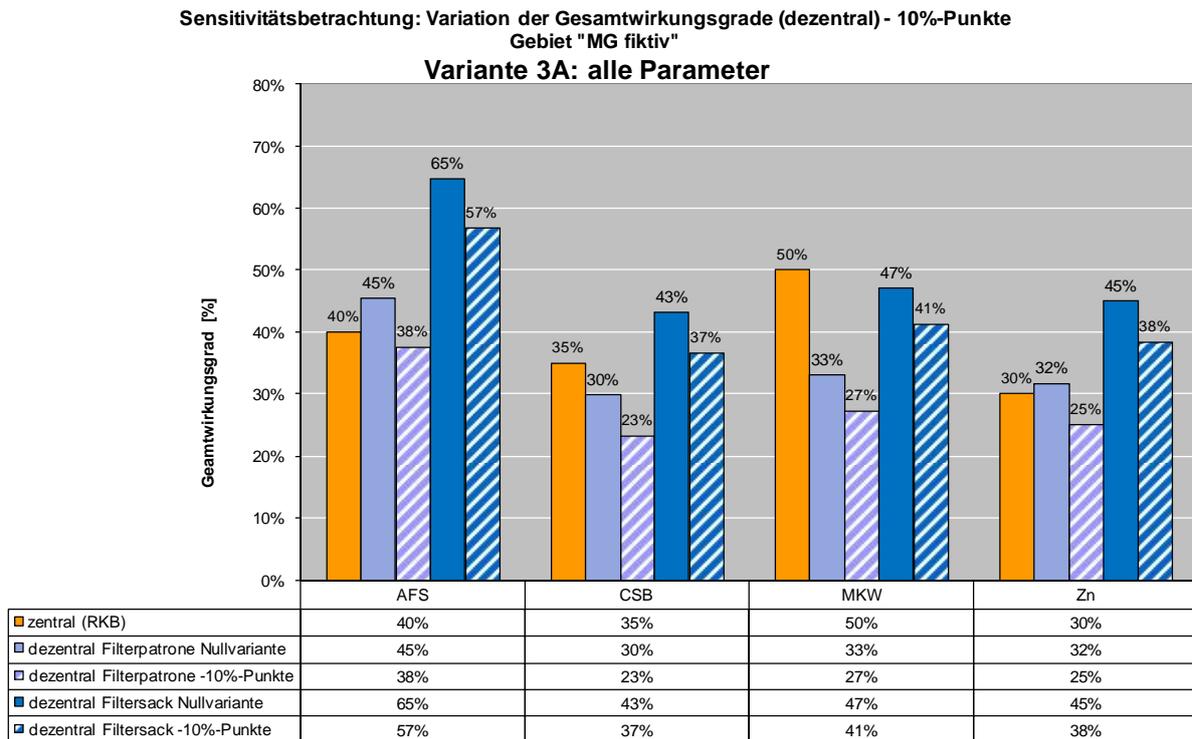


Abbildung 19: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezentral): alle Parameter, MG fiktiv

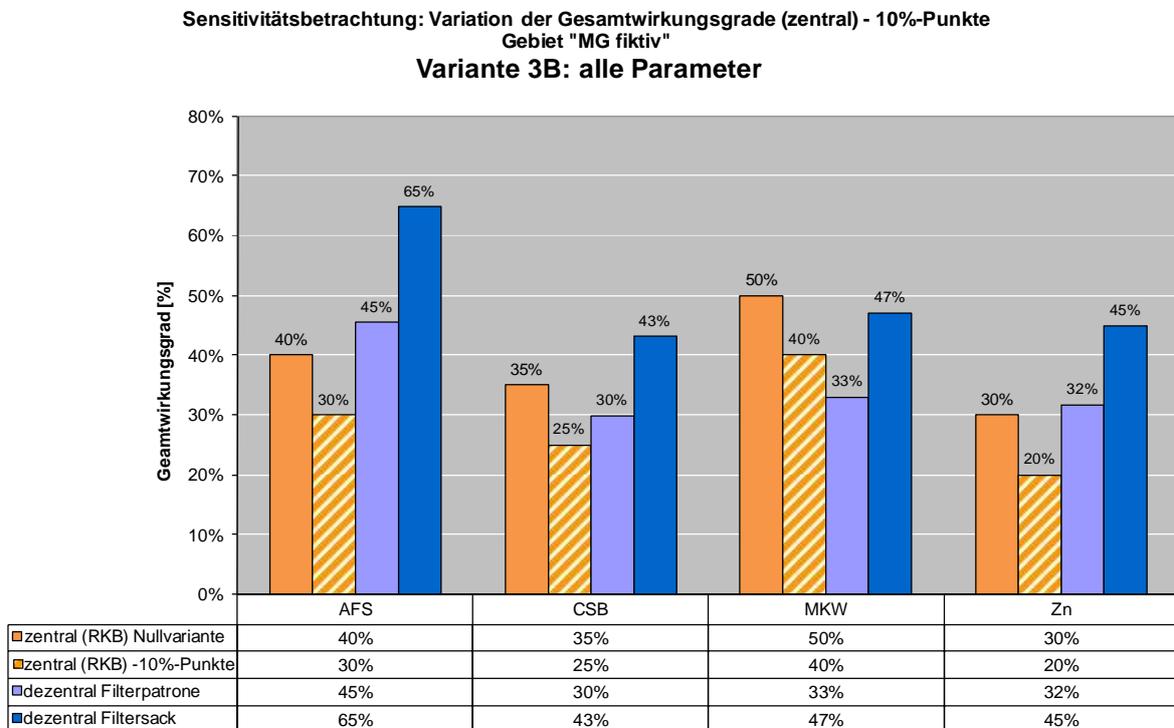


Abbildung 20: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral): alle Parameter, MG fiktiv

**Sensitivitätsbetrachtung: Variation der Gesamtwirkungsgrade (dezentral) - 10%-Punkte
Gebiet "301-Marienburg"**

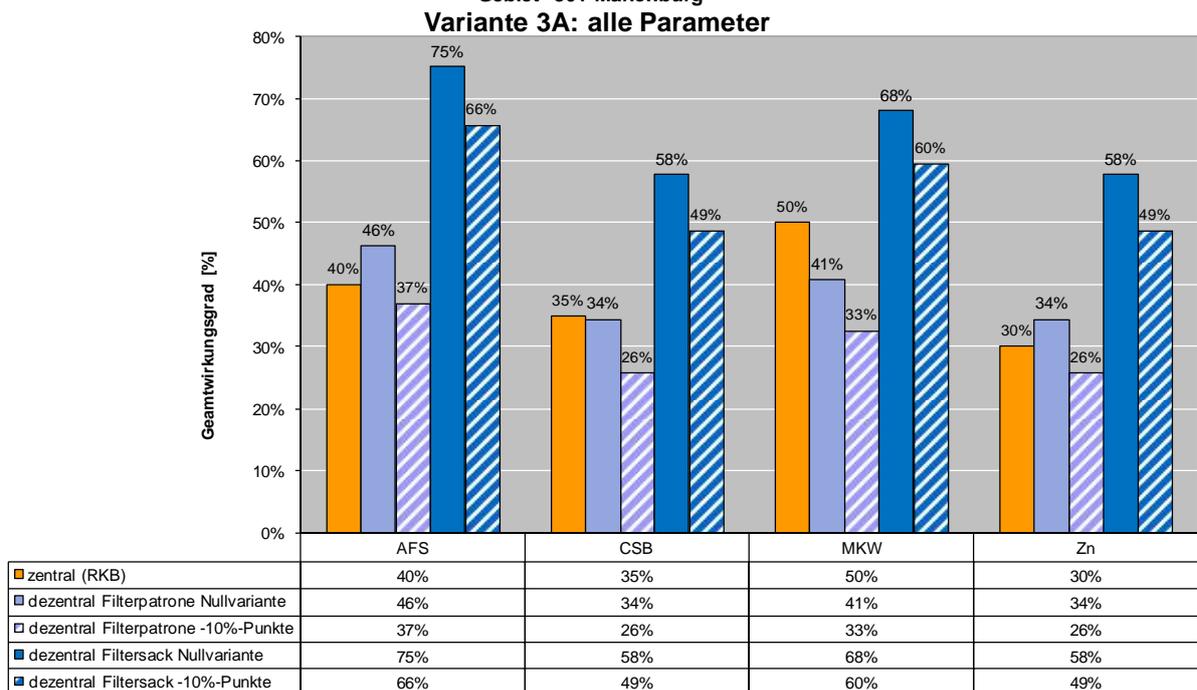


Abbildung 21: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade dezentral):
alle Parameter, Marienburg

**Sensitivitätsbetrachtung: Variation der Gesamtwirkungsgrade (zentral) - 10%-Punkte
Gebiet "301-Marienburg"**

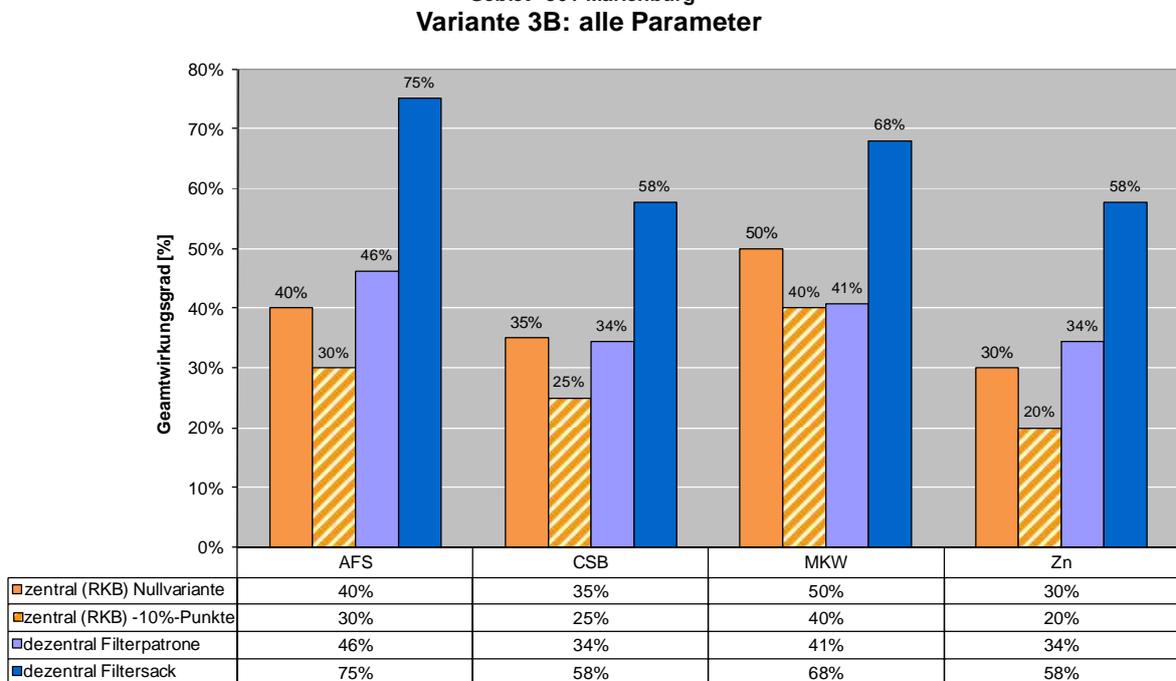


Abbildung 22: Variante 3 (Variation der Gesamtwirkungsgrade zentral):
alle Parameter, Marienburg

2.1.5 Variante 4: Einfluss der RKBoD-Entleerung zur Kläranlage (Sensitivitätsbetrachtung)

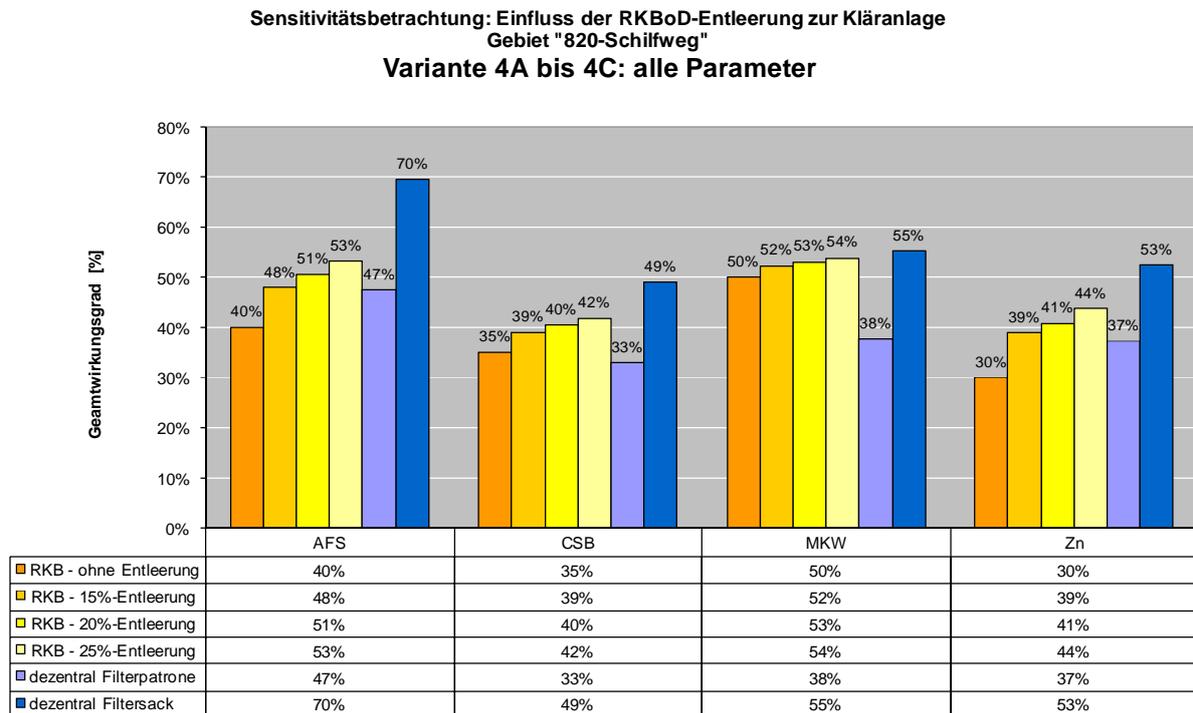


Abbildung 23: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA):
alle Parameter, Schilfweg

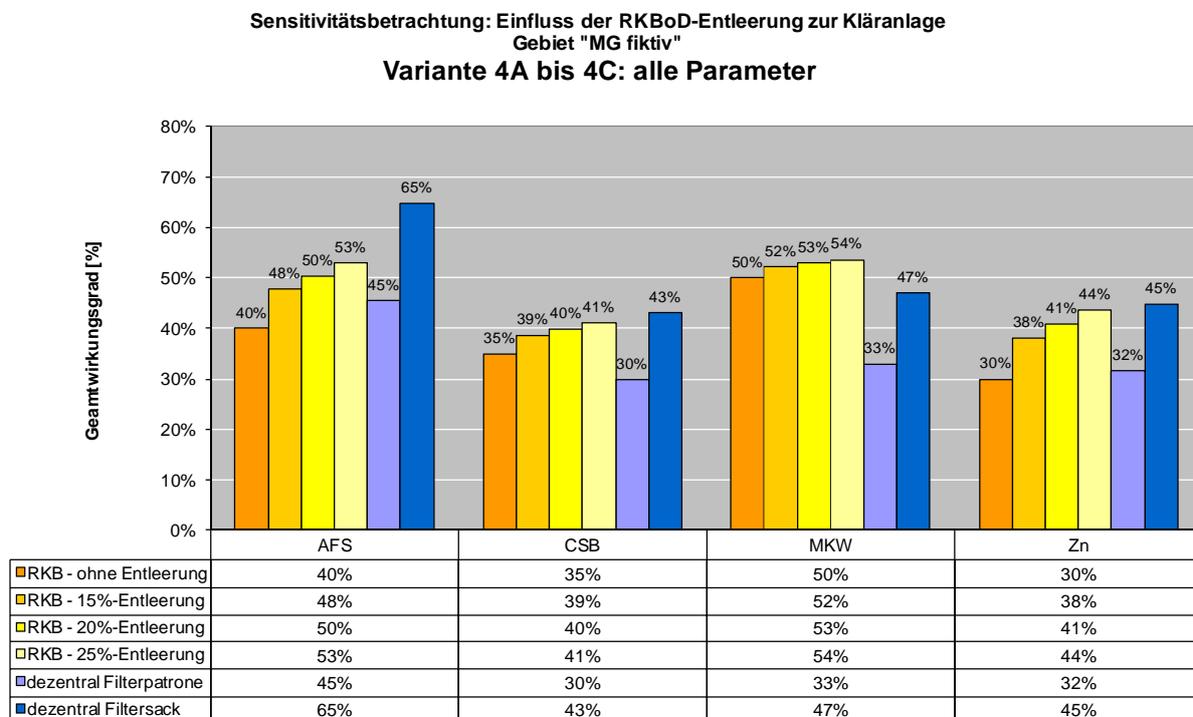


Abbildung 24: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA):
alle Parameter, MG fiktiv

**Sensitivitätsbetrachtung: Einfluss der RKBoD-Entleerung zur Kläranlage
Gebiet "301-Marienburg"
Variante 4A bis 4C: alle Parameter**

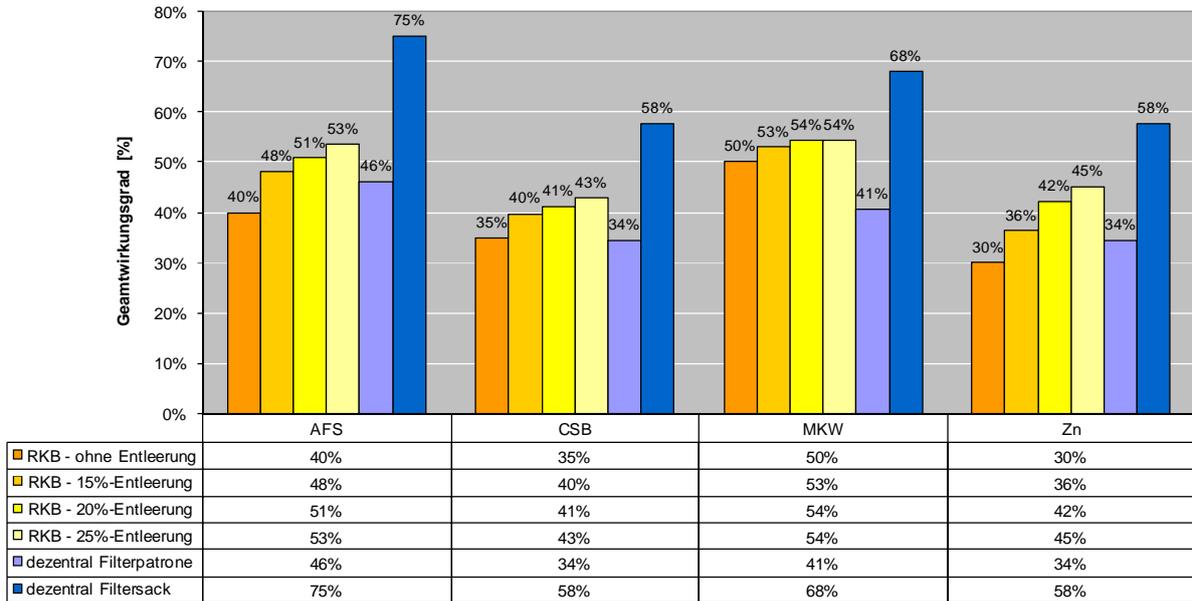


Abbildung 25: Variante 4 (Einfluss der RKBoD-Entleerung zur KA):
alle Parameter, Marienburg

2.2 Datenbeispiel zur Vergleichsmethodik

Vergleich dezentraler und zentraler Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung										
Modellgebiet:		Fiktives Mischgebiet, Flächenanteile Kat. I : II = 50 : 50								
Variante:		NULLVARIANTE								
Beschreibung:		Innolet-Filterpatrone mit 3P Hydrosystem								
Optionen:		Wirkungsgrade:		Mittelwert	Bilanz ohne KA-Ablauf	Abfiltrierbare Stoffe AFS				
Bez. Flächentyp	Kat.	A _{E,b} [ha]	Anteil [%]	Behandlung	dezentrale RWB-Maßnahme	C _{AFS} [mg/l]	B _{AFS} [kg/a]	η _{AFS} [-]	B _{AFS,RWB} [kg/a]	
Allgemeine Flächen										
D1	Dach	I	28,000	28,0%	nicht erforderlich	ohne	50	10.055	0,00	10.055
D2	Dach	II	8,500	8,5%	erforderlich	3P Hydrosystem	200	12.209	0,90	1.221
H1	Hoffläche (privat, sauber)	I	16,700	16,7%	nicht erforderlich	ohne	50	5.331	0,00	5.331
H2	Hoffläche (privat, verschmutzt)	II	11,000	11,0%	erforderlich	Innolet-Filterpatrone	200	14.045	0,50	7.022
Summe allgemeine Flächen			64,200	64,2%		19,500		41.640	0,43	23.629
Verkehrsflächen										
S1	Straße inkl. Gehweg	IIa	5,300	5,3%	nicht erforderlich	ohne	50	1.903	0,00	1.903
S2	Straße inkl. Gehweg	IIb	15,500	15,5%	erforderlich	Innolet-Filterpatrone	200	22.264	0,50	11.132
P1	Parkplatz	IIb	15,000	15,0%	erforderlich	Innolet-Filterpatrone	200	16.758	0,50	8.379
Summe Verkehrsflächen			35,800	35,8%		30,500		40.925	0,48	21.414
Summen			100,000	ha		50,000	ha	82.565		
Gesamtwirkungsgrad dezentral							η_{dez} = 45% 45.043			
Basisszenario: Zentrale Maßnahmen der Regenwasserbehandlung										
Gesamtwirkungsgrad zentral (RKBoD, alle Kategorien)					Bilanz ohne KA-Ablauf		η_{RKB} = 40% 49.539			
Gesamtwirkungsgrad zentral (RBF-Anlage)							η_{RBF} = 75% 20.641			

Abbildung 26: Datenbeispiel zum methodischen Vergleich TU Kaiserslautern

3 KOSTENVERGLEICH VON DEZENTRALEN UND ZENTRALEN BEHANDLUNGSMASSNAHMEN

3.1 Grundlagen der Kostenschätzung

Die Ermittlung der erforderlichen Anzahl an dezentralen Systemen erfolgt über die Ermittlung der angeschlossenen Flächen jedes Sinkkastens. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um Sinkkästen mit langer oder kurzer Bauform, sowie Sinkkästen mit Rechteckaufsatz 300 x 500 mm oder mit Quadrataufsatz 500 x 500 mm handeln kann. Entsprechend der Bauform des Sinkkastens muss die Ausführung des dezentralen Systems gewählt werden, wenn es sich dabei um Sinkkasteneinsätze wie den Filtersack oder die Innolet Patrone handelt. Entsprechend kleiner oder größer ist auch die theoretisch mögliche Anschlussfläche, was sich wiederum auf die Kontroll- und Reinigungshäufigkeit niederschlagen kann.

Des Weiteren erfordert der Einsatz einer Innolet Patrone eine lichte Bauhöhe von ca. 75 cm, wodurch der Sinkkasten mit kurzer Bauform ungeeignet ist und für einen Einsatz der Patrone ausgetauscht werden muss.

Für den Ansatz der Anlagen-, der Bau- und der Betriebskosten für die Systeme werden die Ergebnisse des Forschungsvorhabens (vgl. Kapitel 6.5 des Gesamtberichtes) verwendet. Dabei liegen die Kosten für den Einbau der Systeme mit einem Zeitaufwand von ca. 5 bis 10 Minuten einschließlich Reinigung des Laubeimers pro System bei ca. 9,50 € bis 19,00 €. Die Praxis zeigt aber, dass sich die Kosten wesentlich erhöhen können, wenn beispielsweise der Betonkragen des Sinkkastens repariert werden muss, der Laubeimer defekt ist und ausgetauscht werden muss oder es sich bei dem Sinkkasten um eine Sonderkonstruktion handelt, die keine Aufnahme von Sinkkasteneinsätzen zulässt.

Die Kosten für den Einbau und Anschluss des Centrifoel und des SSA werden auf 500 € geschätzt.

Der Austausch der Geotextil-Filtersäcke, der alle zwei Jahre erforderlich sein kann, wird in den Betriebskosten berücksichtigt, weshalb bei der Kostenvergleichsrechnung für dieses System keine Reinvestitionskosten anfallen.

Zur Abschätzung der Kosten eines Regenklärbeckens ohne Dauerstau wird das Nutzvolumen gemäß Trennerlass mit folgendem Ansatz bemessen:

- 10 m³/ha angeschlossener Fläche der Kategorie II und III (klärflichtig)
- 5 m³/ha angeschlossener Fläche der Kategorie I (nicht klärflichtig)

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung in kommunalen Trennsystemen am Beispiel des Regierungsbezirks Köln“ wurden die mit der Umsetzung von Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen verbundenen Baukosten für den Regierungsbezirk Köln abgeschätzt. Dies erfolgte u. a. auf der Grundlage der von [Kron, 2008] ermittelten Kosten (vgl. Abbildung 27), bei denen erkennbar

wird, dass die spezifischen Nettobaukosten für Beckenvolumina < 100 m³ deutlich ansteigen.

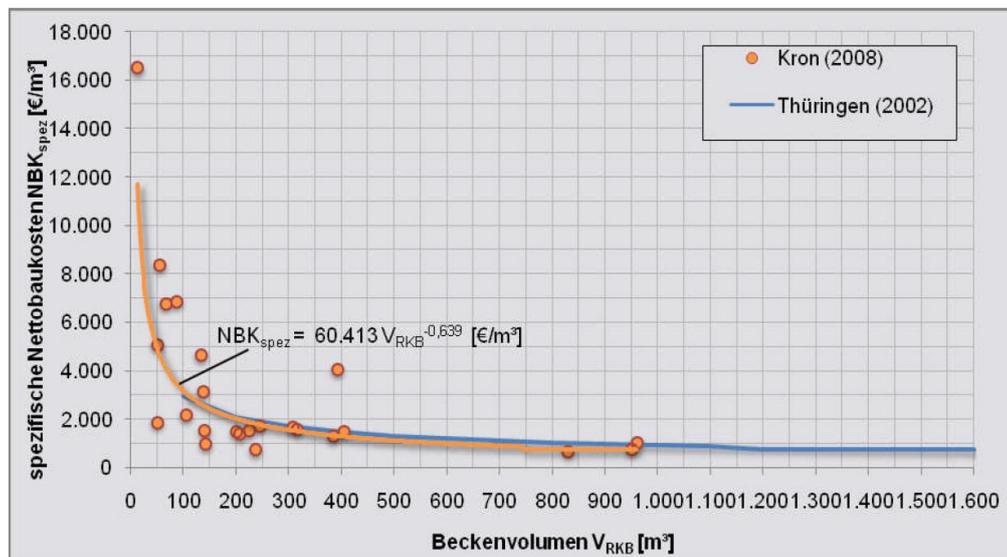


Abbildung 27: spezifische Nettobaukosten von RKB in Massivbauweise (Preisstand: Ende 2007) [BezReg Köln, 2009]

Auf dieser Grundlage wurden die Investitionskosten für RKB mit einem Volumen < 50 m³ mit folgendem pauschalen Ansatz berechnet:

Tabelle 9: Kostenansatz für RKB mit V < 50 m³

	einfache Verhältnisse	schwierige Verhältnisse
Investitionskosten	150.000 €	300.000 €
Baunebenkosten 8 %	12.000 €	24.000 €
Investitionskosten netto	162.000 €	324.000 €

Die Betriebskosten wurden in Kapitel 6.6.2 des Gesamtberichtes erläutert und für die Kostenvergleichsrechnung verwendet.

3.2 Investitions- und Betriebskosten für ein RKB

Die Einzugsgebietsdaten wurden bereits in Kapitel 6 des Gesamtberichtes eingehend dargestellt und erläutert. Bei einer Einzugsgebietsgröße von $A_u = 6,8$ ha setzen sich die Flächenanteile wie folgt zusammen:

$$A_{u, \text{ klärpflichtig}} = 0,88 \text{ ha}$$

$$A_{u, \text{ n. klärpflichtig}} = 3,40 \text{ ha}$$

Hieraus ergibt sich für das Regenklärbecken ein erforderliches Nutzvolumen von

$$V_{\text{erf}} = 0,88 \text{ ha} \cdot 10 \text{ m}^3/\text{ha} + 3,40 \text{ ha} \cdot 5 \text{ m}^3/\text{ha} = \mathbf{26 \text{ m}^3}.$$

Die mögliche Lage des Beckens befindet sich am Schilfweg vor der Einleitungsstelle (vgl. Abbildung 28). Bei der Fläche handelt es sich um ein Landschaftsschutzgebiet. Die Beckenentleerung kann in den ca. 300 m entfernten MW-Kanal DN 2500 erfolgen.

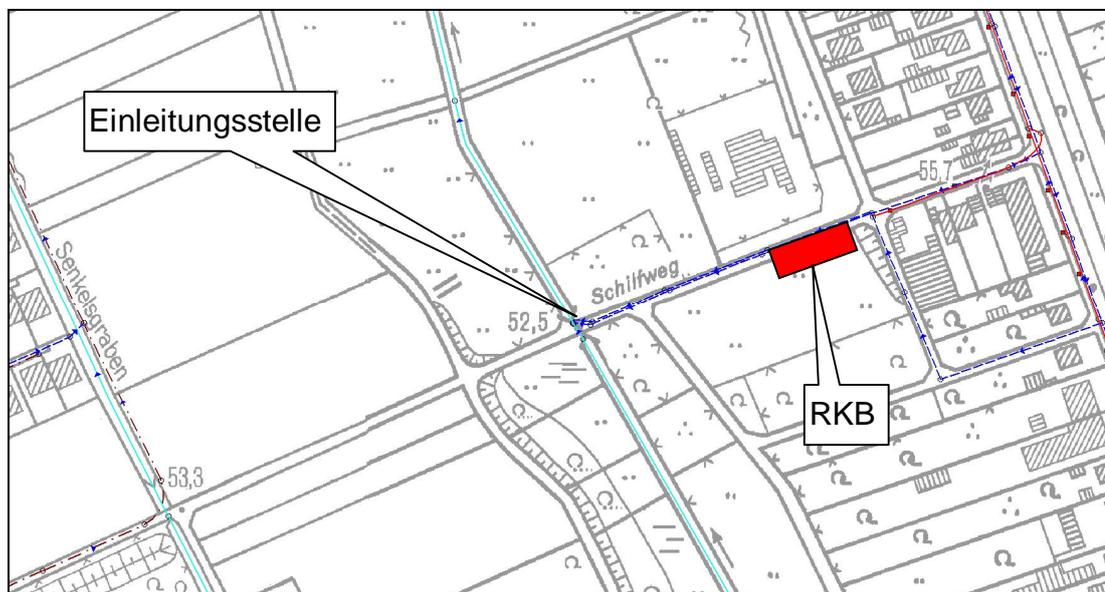


Abbildung 28: mögliche Lage des RKBs in Porz-Lind

Wie bereits in Kapitel 6.2.4 des Gesamtberichtes erläutert wurde, steht der Grundwasserspiegel besonders im Bereich des gewählten Standortes für das RKB sehr hoch (Flurabstand $< 2,0$ m). Da das Becken aber in unmittelbarer Nähe der Einleitungsstelle angeordnet werden kann und die Fläche unbebaut ist, wird der Kostenansatz für einfache Verhältnisse gemäß Tabelle 9 verwendet.

Tabelle 10: Investitionskosten für das RKB (netto)

Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
Kosten für das RKB	16	m ³	pschl.	162.000 €
Kosten für Kanalneubau DN 50	300	m	378 €	113.400 €
Kosten gesamt netto				275.400 €

Die Betriebskosten belaufen sich auf ca. **1.510 €/a** netto (vgl. Kapitel 3.6).

3.3 Investitions- und Betriebskosten für dezentrale Behandlungssysteme

In der klärpflichtigen Straßenfläche befinden sich 28 Sinkkästen, bei denen es sich größtenteils um Abläufe nach DIN 4052 mit Rechteckaufsatz 500 x 300 mm handelt und deren Anschlussfläche von 70 m² bis 585 m² variiert. Da es sich bei dem Filtersack und der Innolet® Patrone um Systeme handelt, die direkt in den Sinkkasten eingesetzt werden, muss hier aufgrund der Aufsatzgröße die bautechnisch kleinere Ausführung gewählt werden, deren Anschlussfläche ebenfalls kleiner ist. Außerdem handelt es sich bei 8 Sinkkästen um eine Ausführung mit kurzer Bauform. Diese Sinkkästen müssen für einen Einsatz der Innolet® Patrone (Bauhöhe der Patrone ca. 75 cm) ausgetauscht und gegen eine Ausführung mit langer Bauform ersetzt werden.

Bei Sinkkästen, deren Anschlussfläche größer als 250 m² ist, muss ggf. die Reinigung häufiger erfolgen.

Mit einer Größe der klärpflichtigen Fläche von $A_{u, \text{klärpflichtig}} = 0,88$ ha ergeben sich die in Tabelle 11 aufgeführten Anlagenanzahlen.

Tabelle 11: erforderliche Anzahl der dezentralen Systeme

System	mögliche Anschlussfläche	Anzahl Umbau der Sinkkästen	Anzahl Sinkkästen ohne Maßnahme
Geotextil-Filtersack	120 oder 300 bzw. 400 m ² ¹⁾	0	28
SSA	500 m ²	28	0
Centrifoel®	400 m ²	28	0
Innolet®	200 m ² oder 400 m ² ²⁾	8	20

1) jeweils für den Sinkkasten mit langer oder kurzer Bauform und Rechteckaufsatz bzw. in langer Bauform mit Quadrataufsatz

2) jeweils für den Sinkkasten mit langer Bauform und Rechteckaufsatz bzw. mit Quadrataufsatz

Tabelle 12: Investitionskosten der dezentralen Systeme (netto)

System	Investitionskosten
Geotextil-Filtersack	3.100 €
SSA	142.380 €
Centrifoel®	180.040 €
Innolet®	59.700 €

Tabelle 13: Betriebskosten der dezentralen Systeme (netto)

System	Jahreskosten
Geotextil-Filtersack	6.575 €/a
SSA	1.225 €/a
Centrifoel®	3.250 €/a
Innolet®	2.525 €/a

Die Kostenschätzung ist dem Kapitel 3.6 zu entnehmen.

3.4 Vergleich der Projektkostenbarwerte

Der Vergleich der Projektkostenbarwerte erfolgt mit folgenden Eingangswerten:

- Untersuchungszeitraum 50 Jahre
- kalkulatorischer Zinssatz $i = 3,0 \%$
- Preissteigerung $0,5 \%$
- Restwerte unberücksichtigt

Die Investitionskosten für das RKB beinhalten die Kosten für den baulichen sowie den maschinen- und den elektrotechnischen Teil. Erfahrungen aus der Planung und der Kostenschätzung von Regenbecken haben gezeigt, dass folgende Kostenverteilung für ein Becken dieser Größe sinnvoll ist:

- Bautechnik 50 %
- Maschinenteknik 25 %
- Elektrotechnik 25 %

Folgende Nutzungsdauern werden für die Systeme und Bauteile angesetzt:

Tabelle 14: Nutzungsdauern der Anlagenteile

Anlagenteil	Nutzungsdauer
Regenklärbecken baulicher Teil	50 Jahre
Regenklärbecken maschineller Teil	10 Jahre
Regenklärbecken elektrotechn. Teil	10 Jahre
Zu- und Ablaufkanäle	50 Jahre
Sinkkästen	50 Jahre
dezentrale Systeme	10 Jahre

Tabelle 15: Projektkostenbarwerte der Behandlungsmaßnahmen

System	Projektkostenbarwerte
Regenklärbecken	627.640 €
Geotextil-Filtersack	189.985 €
SSA	497.045 €
Centrifoel®	676.900 €
Innolet®	194.940 €

Anhand des beispielhaft durchgeführten Kostenvergleichs von verschiedenen dezentralen Systemen und einem zentralen RKB für das Einzugsgebiet Köln-Porz-Lind wird deutlich, dass die dezentralen Systeme trotz der im Vergleich zum zentralen Regenklärbecken höheren Betriebskosten die kostengünstigere Variante darstellen können.

Dies gilt insbesondere für den Geotextil-Filtersack und die Innolet® Filterpatrone. Hier betragen die Gesamtkosten etwa 1/3 der Kosten für ein zentrales RKB, was durch die im Vergleich geringen Investitionskosten verursacht wird.

Die Kosten für die dezentralen Systeme, die eine Baumaßnahme erfordern (SSA und Centrifoel®), können im Vergleich zu den Kosten für ein RKB in vergleichbarer Größenordnung liegen.

Abhängig vom Ansatz der Kosten für Maschinen- und Elektrotechnik sowie den Nutzungsdauern der Anlagenteile können auch die Kosten für ein RKB in beide Richtungen variieren.

Der Einfluss der Wiederholungshäufigkeiten und der Nutzungsdauern soll in einer Sensitivitätsuntersuchung näher betrachtet werden.

3.5 Sensitivitätsuntersuchung der Kosten

Für folgende Varianten werden die Projektkostenbarwerte berechnet und miteinander verglichen. Die Variante 0 entspricht hierbei dem Ansatz in der der Kostenrechnung des Kapitels 3.4. Folgende Varianten werden bei der Sensitivitätsuntersuchung betrachtet:

Variante 1:

- Wiederholungshäufigkeit für den Austausch des Geotextil-Filtersacks nicht 0,5/a sondern 1/a

Variante 2:

- Anteil der Kosten eines Regenklärbeckens für die Bautechnik 60 %, für Maschinentechnik 20 % und für Elektrotechnik 20 %
- Nutzungsdauer für die Maschinen- und Elektrotechnik 15 Jahre

Variante 3:

- Anteil der Kosten eines Regenklärbeckens für die Bautechnik 60 %, für Maschinentechnik 20 % und für Elektrotechnik 20 %
- Nutzungsdauer für die Maschinen- und Elektrotechnik 15 Jahre
- Nutzungsdauern der dezentralen Systeme 5 Jahre

Variante 4:

- Anteil der Kosten eines Regenklärbeckens für die Bautechnik 60 %, für Maschinentechnik 20 % und für Elektrotechnik 20 %
- Nutzungsdauer für die Maschinen- und Elektrotechnik 15 Jahre
- Nutzungsdauern der dezentralen Systeme Innolet/Filtersack 5 Jahre
- Nutzungsdauern der dezentralen Systeme SSA/Centrifoel 20 Jahre

Tabelle 16: Vergleich der Projektkostenbarwerte verschiedener Varianten

System	Variante 0	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4
RKB	627.640 €	627.640 €	447.185 €	447.185 €	447.185 €
Filtersack	189.985 €	212.780 €	189.985 €	189.985 €	189.985 €
SSA	497.000 €	497.000 €	497.000 €	905.860 €	317.555 €
Centrifoeel®	676.900 €	676.900 €	676.900 €	1.193.845 €	449.935 €
Innolet®	194.940 €	194.940 €	194.940 €	276.100 €	276.100 €

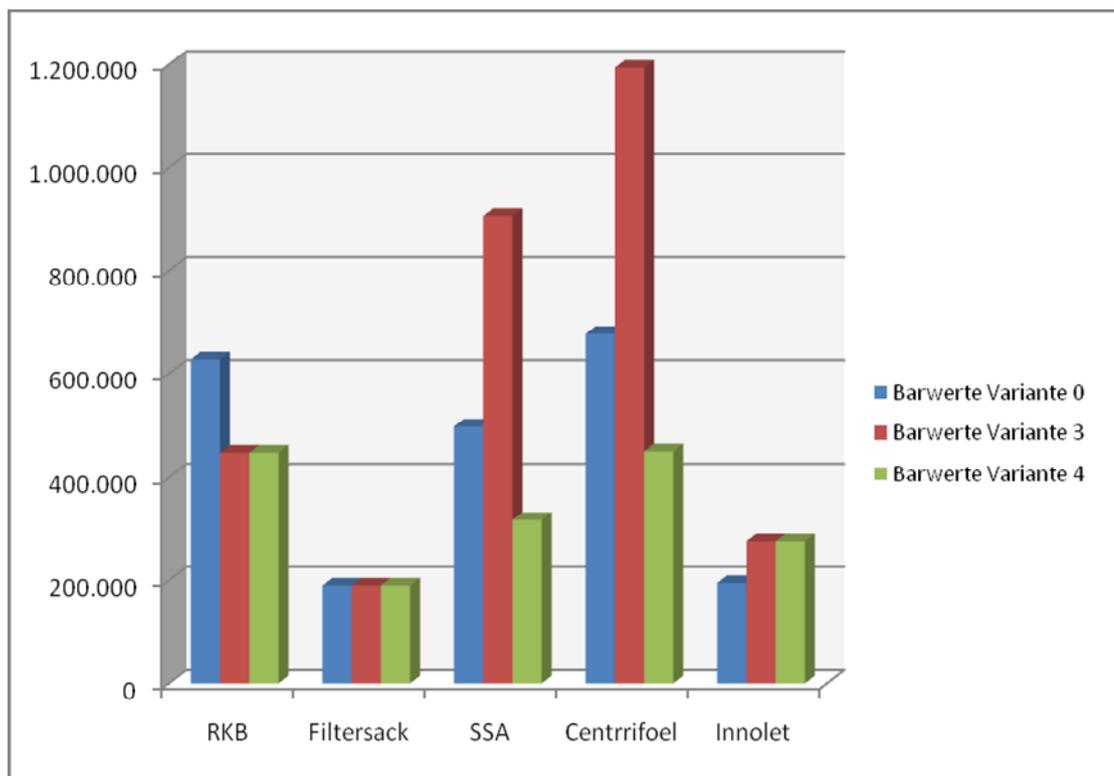


Abbildung 29: Vergleich der Projektkostenbarwerte der Varianten 0, 3 und 4

Am Beispiel der durchgeführten Sensitivitätsanalyse wird deutlich, dass auch mittels Vergleich der Projektkostenbarwerte eine eindeutige Ermittlung der kostengünstigsten Variante zur Regenklärung nur eingeschränkt möglich ist. Der Ansatz der Wiederholungshäufigkeiten für die Kontrollen und die Reinigung sowie die Nutzungsdauern nehmen maßgeblichen Einfluss auf die Gesamtkosten.

Da die Wiederholungshäufigkeiten abhängig von der Schadstoffbelastung der klärpflichtigen Flächen sind, können die dezentralen Systeme, je nach Beschaffenheit des Einzugsgebietes, durchaus die kostengünstigere Variante darstellen.

3.6 Kostengrundlage

Pos.	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
1.1	Kosten für das RKB	16	m ³	pschl	162.000,00 €
1.2	Kosten für Kanalneubau DN 50	300	m	378,00 €	113.400,00 €
	Kosten gesamt netto				275.400,00 €
	MwSt 19 %				52.326,00 €
	Kosten gesamt brutto				327.726,00 €

Tabelle 17: Investitionskosten für ein RKB

Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterforder- nis [h]	Kosten für Per- sonal und Fahr- zeug [€/h]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Betriebliche Inspektion	optische Kontrolle, Begehung	0,5	134,62 €	4	269,24 €
Bauliche Inspektion	Funktionskontrolle	0,5	134,62 €	4	269,24 €
Reinigung des Be- ckens	-	2	164,02 €	2	656,08 €
Gesamtkosten pro Jahr					1.194,56 €

Tabelle 18: Betriebskosten für ein RKB [Grüning, et al.; Alt et al.]

Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterfor- dennis [h]	Kosten für Per- sonal und Fahr- zeug [€/h]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Reinigung	Aussaugen des Grobschmutzfanges	0,1	111,93 €	1	11,19 €
Gesamtkosten pro Jahr für 28 Sinkkästen					313,40 €

Tabelle 19: Betriebskosten für die Sinkkästen

Geotextil-Filtersack					
Pos.	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
1	Anlagenkosten	28	Stück	100,00 €	2.800,00 €
2	Baukosten				
2.1	Einbauarbeiten in vorh. Sinkkästen	28	Stück	9,50 €	266,00 €
2.2	Einbauarbeiten zusätzliche Sinkkästen	0	Stück	3.930,00 €	0,00 €
2.3	Umbau vorhandener Sinkkästen	0	Stück	3.930,00 €	0,00 €
	Kosten gesamt netto				3.066,00 €
	MwSt 19 %				582,54 €
	Kosten gesamt brutto				3.648,54 €

Tabelle 20: Investitionskosten für den Geotextil-Filtersack

Separationsstraßenablauf					
Pos.	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
1	Anlagenkosten	28	Stück	655,00 €	18.340,00 €
2	Baukosten				
2.1	Einbauarbeiten in vorh. Sinkkästen	28	Stück	500,00 €	14.000,00 €
2.2	Einbauarbeiten zusätzliche Sinkkästen	0	Stück	3.930,00 €	0,00 €
2.3	Straßenbauarbeiten	28	Stück	3.930,00 €	110.040,00 €
	Kosten gesamt netto				142.380,00 €
	MwSt 19 %				27.052,20 €
	Kosten gesamt brutto				169.432,20 €

Tabelle 21: Investitionskosten für den SSA

Centrifoel®					
Pos.	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
1	Anlagenkosten	28	Stück	2.000,00 €	56.000,00 €
2	Baukosten				
2.1	Einbauarbeiten in vorh. Sinkkästen	28	Stück	500,00 €	14.000,00 €
2.2	Einbauarbeiten zusätzliche Sinkkästen	0	Stück	3.930,00 €	0,00 €
2.3	Straßenbauarbeiten	28	Stück	3.930,00 €	110.040,00 €
	Kosten gesamt netto				180.040,00 €
	MwSt 19 %				34.207,60 €
	Kosten gesamt brutto				214.247,60 €

Tabelle 22: Investitionskosten für den Centrifoel

Innolet® Filterpatrone					
Pos.	Beschreibung	Menge	Einheit	Einheitspreis	Gesamt
1	Anlagenkosten	28	Stück	1.000,00 €	28.000,00 €
2	Baukosten				
2.1	Einbauarbeiten in vorh. Sinkkästen	28	Stück	9,50 €	266,00 €
2.2	Einbauarbeiten zusätzliche Sinkkästen	0	Stück	3.930,00 €	0,00 €
2.3	Umbau vorhandener Sinkkästen	8	Stück	3.931,00 €	31.448,00 €
	Kosten gesamt netto				59.714,00 €
	MwSt 19 %				11.345,66 €
	Kosten gesamt brutto				71.059,66 €

Tabelle 23: Investitionskosten für die Innolet Filterpatrone

Geotextil-Filtersack					
Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterfordernis [h]	Kosten für Personal und Fahrzeug [€/h]; Material [€]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Kontrolle	optische Kontrolle, Begehung	0,1	52,14 €	0	0,00 €
Reinigung	Spülung des Filtersacks	0,3	114,53 €	6	206,15 €
Wartung	Austausch des Filtersacks; Reparatur	0,5	114,53 €	0,5	28,63 €
Gesamtkosten pro Jahr je Anlage					234,79 €
Gesamtkosten pro Jahr für 28 Anlagen					6.574,02 €

Tabelle 24: Betriebskosten für den Geotextil-Filtersack

SSA					
Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterfordernis [h]	Kosten für Personal und Fahrzeug [€/h]; Material [€]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Kontrolle	optische Kontrolle, Begehung	0,1	93,39 €	1	9,34 €
Reinigung	Absaugen des Schlammraumes	0,2	114,53 €	1	22,91 €
Wartung	Reparatur; Austausch des Pralltellers	0,5	114,53 €	0,2	11,45 €
Gesamtkosten pro Jahr je Anlage					43,70 €
Gesamtkosten pro Jahr für 28 Anlagen					1.223,54 €

Tabelle 25: Betriebskosten für den SSA

Centrifoel®					
Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterfordernis [h]	Kosten für Personal und Fahrzeug [€/h]; Material [€]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Kontrolle	optische Kontrolle, Begehung	0,1	93,39 €	2	18,68 €
Reinigung	Absaugen des Schlammraumes	0,3	114,53 €	2	68,72 €
Wartung	Reparatur	0,5	114,53 €	0,5	28,63 €
Gesamtkosten pro Jahr je Anlage					116,03 €
Gesamtkosten pro Jahr für 28 Anlagen					3.248,80 €

Tabelle 26: Betriebskosten für den Centrifoel

Innolet® Filterpatrone					
Prüfung	Art der Prüfung	Zeiterfordernis [h]	Kosten für Personal und Fahrzeug [€/h]; Material [€]	Häufigkeit pro Jahr	Kosten pro Jahr
Kontrolle	optische Kontrolle, Begehung	0,1	52,14 €	3	15,64 €
Reinigung	Spülung des Filterkorbes	0,2	114,53 €	2	45,81 €
Wartung	Austausch des Filtersubstrates; Reparatur	0,5	114,53 €	0,5	28,63 €
Gesamtkosten pro Jahr je Anlage					90,09 €
Gesamtkosten pro Jahr für 28 Anlagen					2.522,42 €

Tabelle 27: Betriebskosten für die Innolet Filterpatrone

4 ERHEBUNG ÜBER REGENWASSERBESEITIGUNG IN NRW

4.1 Einleitung

Neben den durchgeführten praktischen Untersuchungen in situ und unter Praxisbedingungen sollten im Projekt auch die bereits vorliegenden Erkenntnisse von Anwendern dezentraler Behandlungsanlagen in NRW erfragt und zusammengestellt werden. Hierzu sollte zunächst bei allen 396 nordrhein-westfälischen Kommunen mithilfe eines Fragebogens ermittelt werden, welche Verfahren derzeit bereits im Einsatz sind, welche Erfahrungen hierzu vorliegen und welche Chancen und Risiken bei einem Einsatz dezentraler Niederschlagswasserbehandlungsanlagen gesehen werden. Kommunen, die bereits vertiefte Erkenntnisse zu einzelnen Verfahren gesammelt haben, sollten in einem zweiten Schritt in einem Interview näher befragt werden. Hierbei sollten dann die Praxiserfahrungen, betrieblichen Aufwände, Kosten und Einsatzgrenzen in Erfahrung gebracht werden.

Besonderes Augenmerk sollte auf die im praktischen Teil des Forschungsvorhabens eingesetzten Verfahren gelegt werden, um so die Probleme, Schwachstellen und offene Fragen aus der Praxis zu erkennen und ggf. im Projekt nachbilden und verstärkt untersuchen zu können. Neben bewährten Lösungen sollte auch der weitere Forschungs- und Untersuchungsbedarf aufgezeigt werden.

4.2 Vorgehen

Zunächst wurde von der Kommunal- und Abwasserberatung NRW GmbH (KuA-NRW) ein allgemeiner Fragebogen entworfen und mit der Projektleitung abgestimmt. Dieser Fragebogen bestand aus einem zweiseitigen Teil zu generellen Erfahrungen mit Niederschlagswasserbehandlungsanlagen und den Chancen und Risiken, die bei einem Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen gesehen werden. Auf einer weiteren Seite wurde vertieft abgefragt, welche Verfahren zur physikalischen, physikalisch-chemischen und physikalisch-chemisch-biologischen Behandlung bei den Kommunen bekannt und im Einsatz sind.

Adressaten des Fragebogens waren alle Kommunen in Nordrhein-Westfalen. Um möglichst zeitnah Antwort von den Kommunen zu erhalten und möglichst viele Ansprechpartner zu erreichen, wurde der Fragebogen zunächst bei den sieben Erfahrungsaustauschen, die die KuA-NRW in Zusammenarbeit mit der DWA jährlich veranstaltet, verteilt und die Problemstellung erläutert. Parallel dazu wurde der Fragebogen an die für die Abwasserbeseitigung zuständigen Mitarbeiter aller Kommunen in Nordrhein-Westfalen versandt, mit der Bitte, den Fragebogen an die KuA-NRW zurückzusenden. Trotz dieser zweifachen Information der Kommunen kamen zunächst nur vereinzelt Antworten zurück.

Um den Bekanntheitsgrad des Projektes und die Bereitschaft zur Mitarbeit am Fragebogen zu erhöhen, wurde daraufhin in der Zeitschrift Abwasserre-

port der KuA-NRW ein Artikel zu dezentralen Behandlungsanlagen veröffentlicht, in dem das Projekt vorgestellt und erste Ergebnisse präsentiert wurden. Zugleich wurde um Mithilfe und Beantwortung des zugesandten Fragebogens gebeten. Einige Ansprechpartner meldeten sich daraufhin, da sie zwar das Anschreiben erhalten, den Fragebogen aber nicht mehr verfügbar hatten. Aus diesem Grund wurden die zuständigen Mitarbeiter noch einmal per Email auf die Umfrage aufmerksam gemacht und der Fragebogen als Anlage beigefügt. Daraufhin meldete sich dann ein Großteil der angesprochenen Kommunen.

Nach Auswertung der eingegangenen Fragebögen wurde entschieden, welche Kommunen zu ihren speziellen Erfahrungen zu einzelnen dezentralen Behandlungsmöglichkeiten befragt werden sollten. Geplant war der Besuch von 4 bis 5 Kommunen, um vor Ort in einem Interview die Erfahrungen aufzunehmen und den Praxiseinsatz der eingesetzten Anlagen in situ aufzunehmen. Die Auswertung der Fragebögen zeigte insgesamt jedoch, dass bislang nur wenige Kommunen Erfahrungen mit den dezentralen Behandlungsanlagen gemacht haben. Auch eine Nachfrage bei Herstellern zu Beispielkommunen erbrachte keine neuen Erkenntnisse.

4.3 Ergebnisse der Umfrage

4.3.1 Beteiligungsquote

Insgesamt beteiligten sich an der Umfrage 182 der 396 Kommunen. Die Beteiligungsquote lag damit bei etwa 45% und ist als hoch zu bewerten. Die Ergebnisse können damit als repräsentativ für das Land Nordrhein-Westfalen bezeichnet werden. Abbildung 30 zeigt eine Übersicht über die räumliche Verteilung der zurückgesandten Fragebögen. Wie zu erkennen ist, wurden Antworten aus Kommunen breit verteilt über Nordrhein-Westfalen zurückgesandt. Regionale Besonderheiten, die z.B. aus einem unterschiedlichen Vorgehen der Wasserbehörden bzgl. der dezentralen Behandlungsanlagen resultieren könnten, wurden bei der Beantwortung der Fragebögen nicht festgestellt.

An der Umfrage beteiligten sich sowohl kleine, mittelgroße als auch große Kommunen.

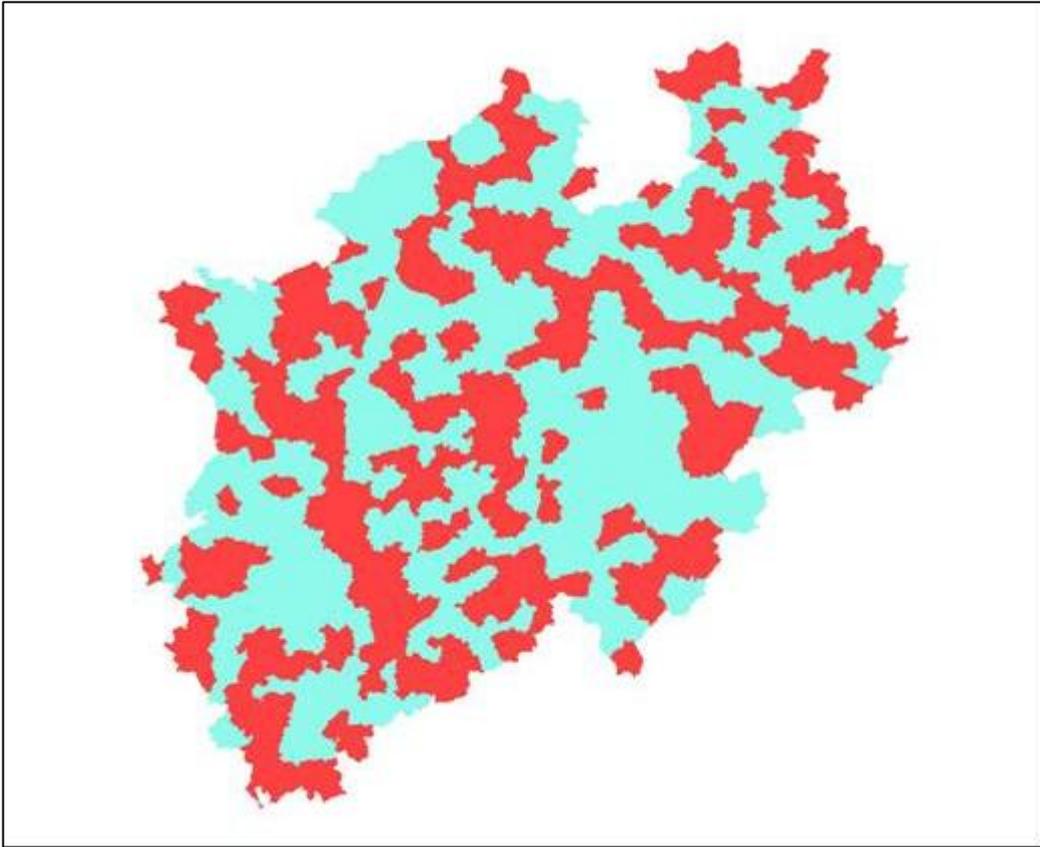


Abbildung 30: Teilnehmer der Umfrage zu Erfahrungen

4.3.2 Allgemeine Angaben zu Niederschlagswasserbehandlungsanlagen

Im allgemeinen Teil des Fragebogens (Fragen 1 bis 6), wurde zunächst nach generellen Erfahrungen mit Niederschlagswasserbehandlungsanlagen gefragt. Dezentrale Anlagen spielten hierfür zunächst keine Rolle. Von allen sich beteiligenden Gemeinden haben 116 Kommunen bereits Niederschlagswasserbehandlungen gebaut, 38 haben keine Anlagen in Betrieb, 28 haben hierzu keine Angaben gemacht. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass in einigen Gebieten größere Behandlungsanlagen, wie Regenklärbecken und Retentionsbodenfilter, generell von den Wasserverbänden betrieben werden. Es ist daher fraglich, ob die betroffenen Kommunen hier angegeben haben, dass sie die Anlagen gebaut haben, wenn der Verband sie nun betreibt.

47 der sich an der Umfrage beteiligenden Kommunen gaben an, dass bereits ein Niederschlagswasserkonzept erstellt wurde, weitere 62 Gemeinden planen derzeit die Aufstellung eines solchen Konzepts. In Zukunft ist daher mit einem zunehmenden Interesse an kostengünstigen Lösungen zur Behandlung verschmutzter Niederschlagsabflüsse zu rechnen.

Die Erfahrungen mit zentralen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen sind je nach Verfahren unterschiedlich. Abbildung 31 zeigt, wie viele Kommunen jeweils zentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen in Betrieb haben.

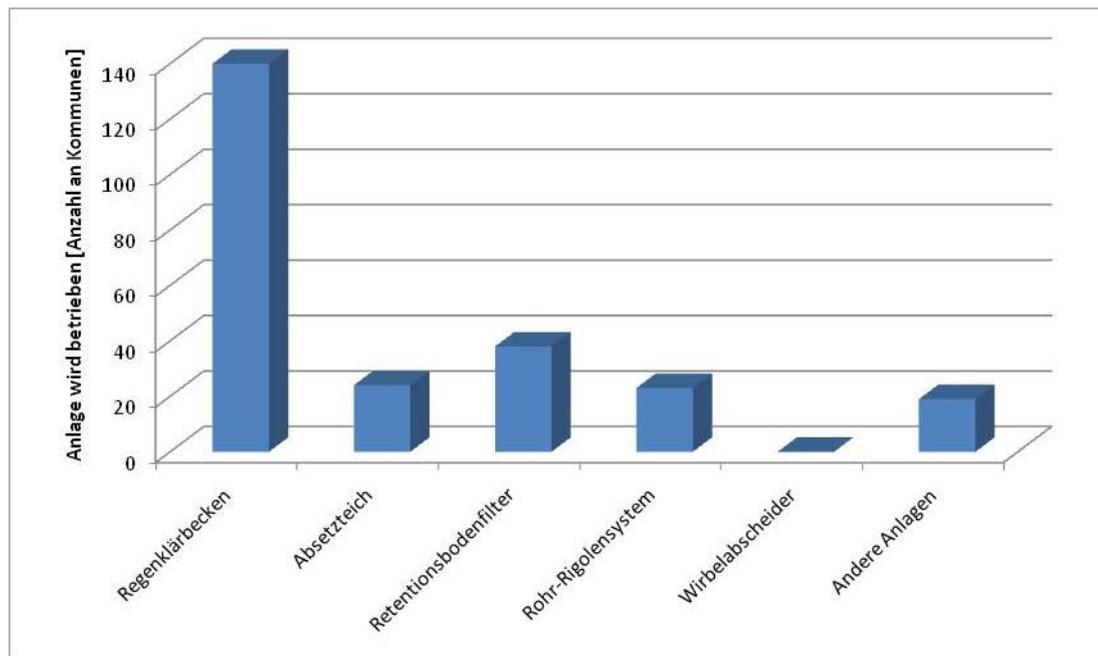


Abbildung 31: zentrale Niederschlagswasserbehandlungsanlagen in Betrieb

Die meisten Erfahrungen liegen damit für Regenklärbecken vor. Bei über 75% der zurückgesandten Fragebögen wurde angegeben, dass eine solche Anlage in Betrieb ist. Bei den anderen zentralen Anlagen liegen Erfahrungen jeweils bei 10 bis 20% der Kommunen vor. Bei den anderen Anlagen wurden vielfältige Nennungen von Regenrückhaltebecken bis zu Stauraumkanälen genannt. Hierunter wurden daher von den Befragten auch Anlagen zum Rückhalt und nicht zur eigentlichen Behandlung der verschmutzten Niederschlagsabflüsse verstanden.

4.3.3 Angaben zu Erfahrungen mit dezentralen Behandlungsanlagen

Zu den dezentralen Behandlungsanlagen (Fragen 7 bis 9 des Fragebogens) liegen deutlich weniger Erfahrungen als für die zentralen Anlagen vor. Zunächst wurde im Fragebogen allgemein nach Erfahrungen mit den verschiedenen Arten der dezentralen Behandlung gefragt. Abbildung 32 zeigt das Ergebnis der Umfrage. Während für rein physikalische dezentrale Behandlungsanlagen noch knapp 20% der Kommunen angaben, erste Erfahrungen gesammelt zu haben, sind die Erfahrungen mit den komplexeren Systemen verschwindend gering. Zu den sonstigen Anlagen wurden von den Kommunen keine weiteren Angaben gemacht.

Fraglich ist an dieser Stelle, ob den befragten Mitarbeitern jeweils bewusst war, um welche Art der dezentralen Anlage es sich im Einzelfall handelt. Die vertieften Befragungen zu den einzelnen Verfahren (Auswertung in Kapitel 4.3.5) bestätigen allerdings den in Abbildung 32 festgestellten Trend. Nur zu rein physikalischen Behandlungsverfahren liegen nennenswerte Erfahrungen vor.

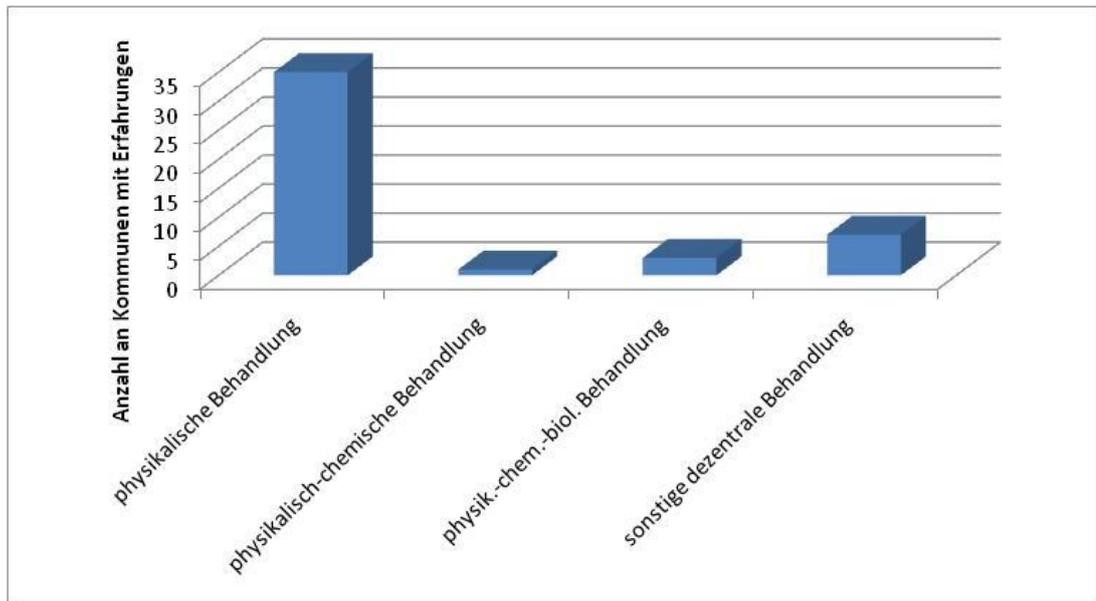


Abbildung 32: Erfahrungen mit dezentralen Behandlungsanlagen

Auf die Frage, ob in Zukunft verstärkt auf dezentrale Regenwasserbehandlungsanlagen zurückgegriffen werden soll, antworteten 30% der Kommunen mit Ja. Insbesondere für den Rückhalt von Sedimenten und Leichtflüssigkeiten werden dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen Chancen eingeräumt. Abbildung 33 zeigt das Ergebnis zur Frage nach einem möglichen zukünftigen Einsatz.

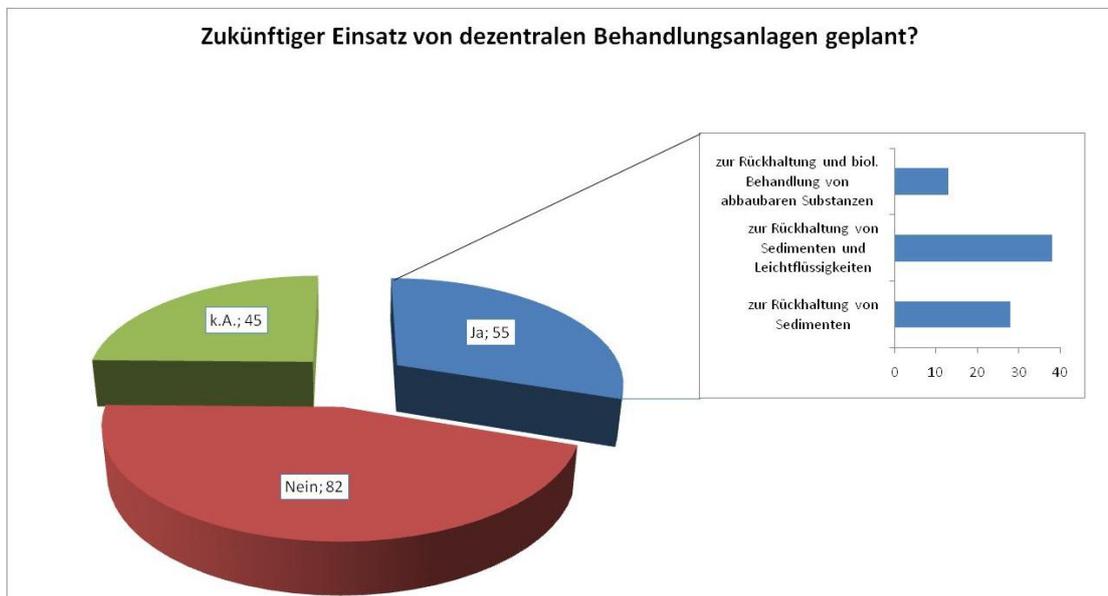


Abbildung 33: Planung dezentraler Behandlungsanlagen

Auf die Frage, welche dezentralen Verfahren zukünftig nicht mehr eingesetzt werden sollen, gab es keine Antworten. Dies liegt vermutlich daran, dass bislang nur wenig und voraussichtlich auch nur zeitlich begrenzte Erfahrungen zu den verschiedenen Behandlungsverfahren vorliegen.

4.3.4 Einschätzung von Chancen und Risiken

In einem weiteren Teil des Fragebogens wurden die Teilnehmer der Umfrage zu Ihren Einschätzungen bezüglich der Chancen und Risiken beim Einsatz dezentraler Niederschlagsbehandlungsanlagen befragt.

Die Chancen, die von den Befragten gesehen werden, sind in Abbildung 34 zusammengefasst. Insbesondere werden Chancen darin gesehen, dass die dezentralen Behandlungsanlagen variabel (Antwort 1) und kleinräumlich (Antwort 2) eingesetzt werden können und damit Investitionen in lange Transportsammler zu zentralen Anlagen reduziert werden können. Als weitere Chancen wurden Kosteneinsparungen für Nachrüstungen bestehender Entwässerungssysteme, Vermeidung von Vermischungen behandlungsbedürftiger und nicht behandlungsbedürftiger Niederschlagswässer, flexible Anpassungen an sich ändernde Randbedingungen (demographischer Wandel) und die örtliche Behandlung am Entstehungsort genannt.

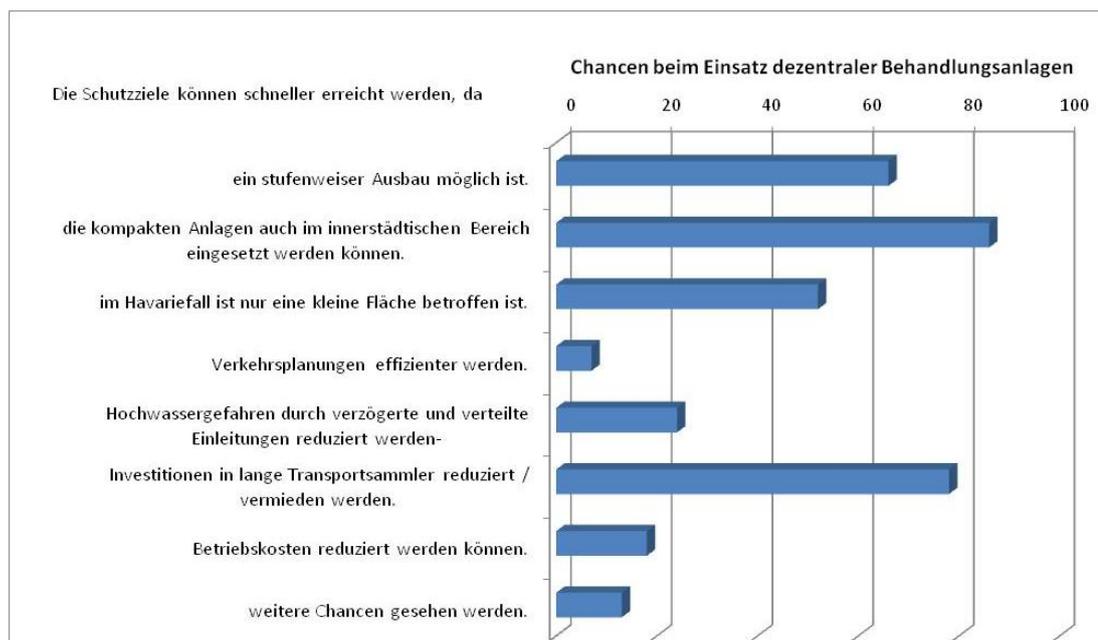


Abbildung 34: Chancen von dezentralen Behandlungsanlagen

Gefragt nach den Risiken bei einem Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen ergab sich folgendes Bild:

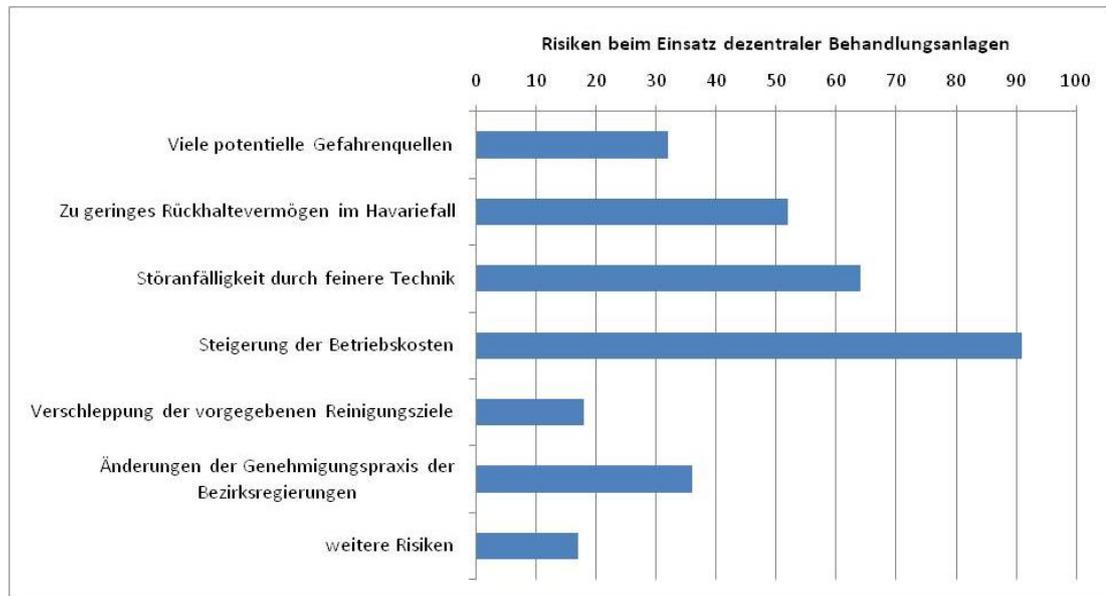


Abbildung 35: Risiken von dezentralen Behandlungsanlagen

Skeptisch gegenüber einem Einsatz dezentraler Behandlungsanlagen waren die Befragten folglich insbesondere hinsichtlich der Betriebskosten. Während noch 18 der Befragten eine Reduzierung der Betriebskosten als Chance sahen, rechnen dagegen 91 Teilnehmer der Befragung mit einer Steigerung der Kosten. Dies wird auch deutlich, wenn man sich die Nennungen, die in der Abbildung unter „weitere Risiken“ zusammengefasst sind, anschaut. Viele nannten hier schlechte Überwachungsmöglichkeiten, zu wenig vorhandenes Personal und unzureichende Wartung im Praxisfall, die dann auch zu betrieblichen Störungen des Straßenablaufs führen können.

4.3.5 Erfahrungen und Kenntnisstand zu speziellen Verfahren

Kapitel 3 des Gesamtberichtes enthält eine Übersicht der derzeit am Markt erhältlichen Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser. Diese Zusammenstellung wurde für die Befragung der nordrhein-westfälischen Kommunen weitestgehend übernommen und auf die für das Projekt relevanten Anlagen reduziert. Abgefragt werden sollte zum Einen, in welchen Kommunen welche Verfahren (erfolgreich) im Einsatz sind. Zum Anderen sollte aber auch der Kenntnisstand zu den einzelnen Verfahren erfragt werden.

Abbildung 36 zeigt das Ergebnis der Befragungen zu physikalischen Niederschlagswasserbehandlungsanlagen. Während die normierten Behandlungsanlagen „Straßenablauf mit Nassschlammfang“ und „Leichtflüssigkeitsabscheider“ noch relativ häufig im Einsatz sind, werden andere Verfahren bei den befragten Kommunen derzeit noch kaum eingesetzt. Auch der Kenntnisstand ist deutlich schlechter. So antworteten beispielsweise 86 von 108 Befragten,

die zu diesem Verfahren eine Auskunft erteilten, dass sie den Lamellenklärer MLK-R überhaupt nicht kennen.

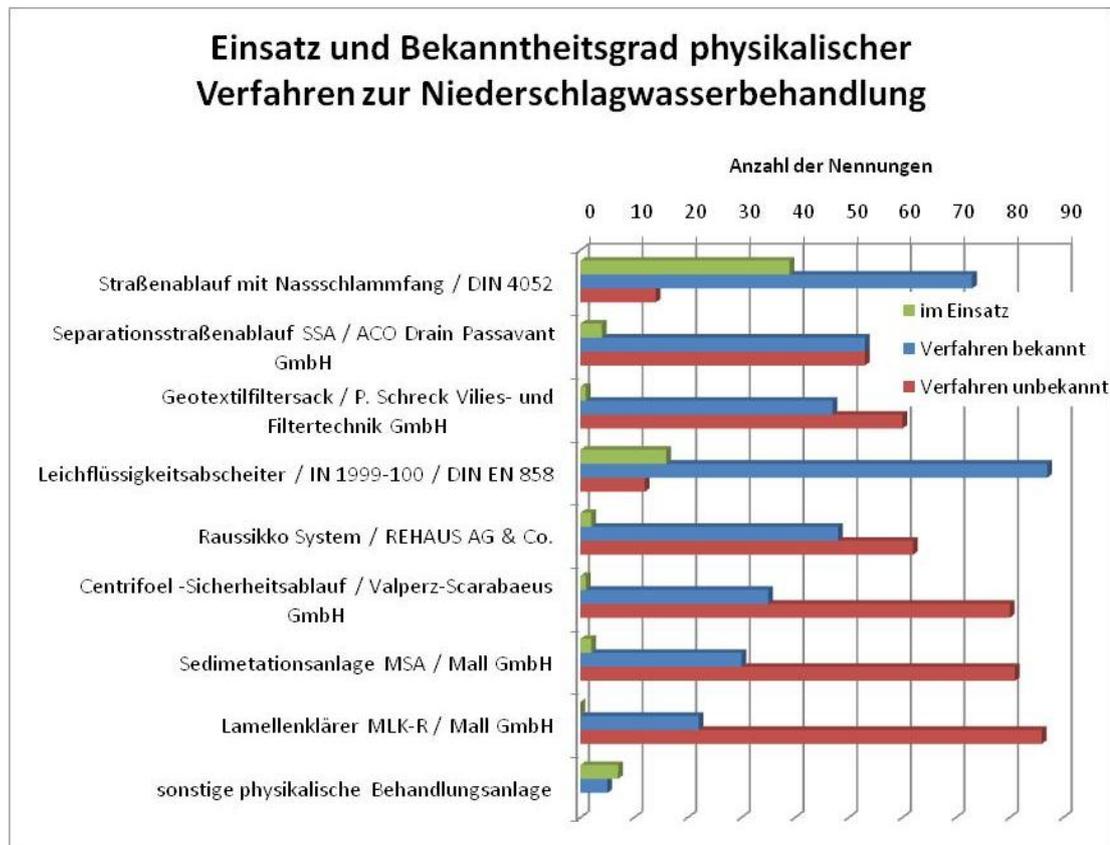


Abbildung 36: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalischen Verfahren

Ein noch schlechteres Bild bezüglich der Erfahrungen und des Kenntnisstandes zeigte sich bei den physikalisch-chemischen Behandlungsverfahren (Abbildung 37). Nur sechs der befragten Kommunen gaben an, eines der vorgegebenen Verfahren im Einsatz zu haben. Auch der Bekanntheitsgrad ist mit Einschränkung der Verfahren „Innolet“, „Rigo-clean/Sedi-pipe/Sedi-substrator“ und „Hydro-clean“ nur sehr gering.

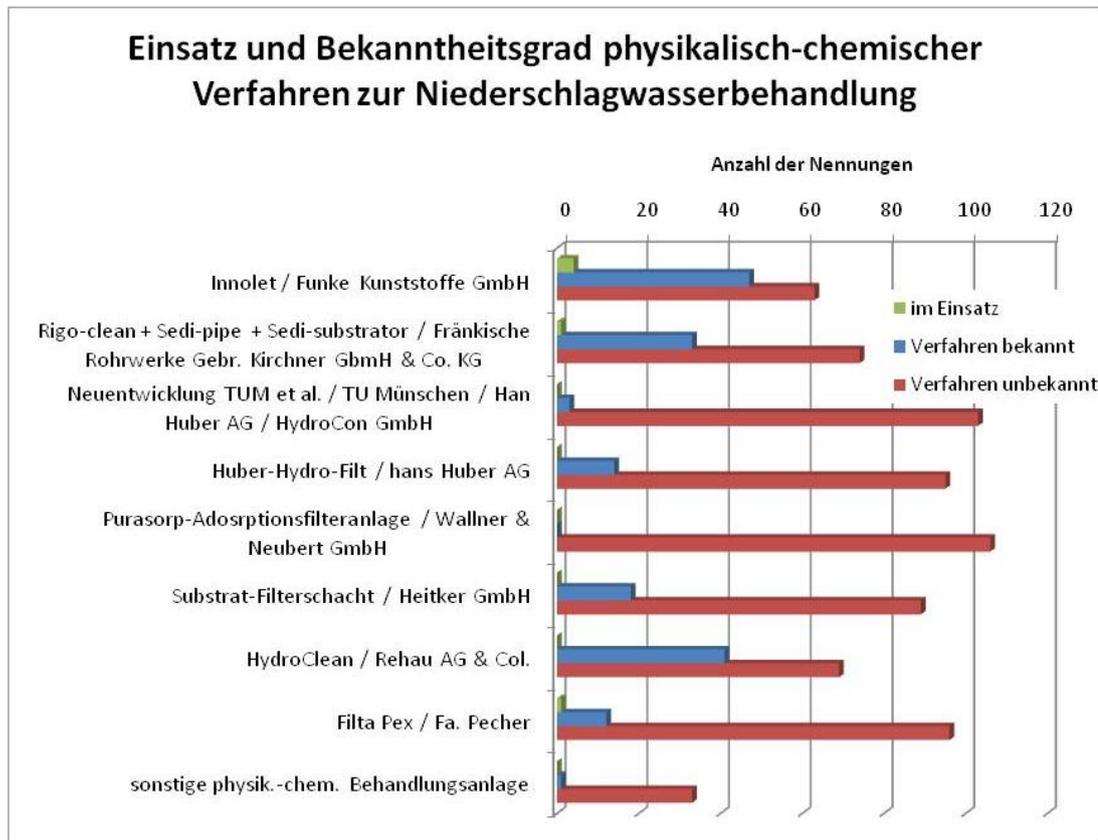


Abbildung 37: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalisch-chemischen Verfahren

Etwas bekannter waren dagegen die beiden im Fragebogen angegebenen Verfahren zur physikalisch-chemisch-biologischen Behandlung (Abbildung 38). Allerdings fand sich hier nur eine einzige Kommune, die eins der Verfahren (D-Rainclean-Sickermulde) im Einsatz hat.

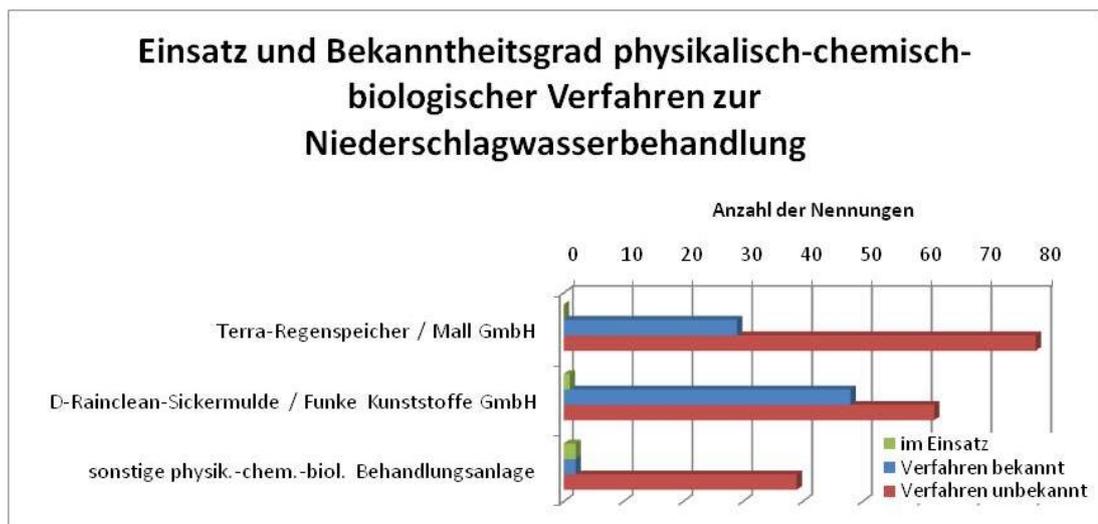


Abbildung 38: Erfahrungen und Kenntnisstand zu physikalisch-chemisch biologischen Verfahren

4.4 Ergebnisse aus den vertiefenden Interviews

Nach Projektantrag war geplant, Kommunen, die nach Auswertung der Fragebögen bereits Erfahrungen mit bestimmten Verfahren gesammelt haben, vertieft zu interviewen. Hierzu war vorgesehen, dass die Anlagen bei einem Ortsbesuch aufgenommen werden und ein umfangreiches Gespräch zu den Erfahrungen und Empfehlungen vor Ort geführt wird. Ein Fokus sollte dabei auf die auch im Projekt untersuchten Anlagen gelegt werden. Wie in Kapitel 4.3.5 dargestellt, musste jedoch festgestellt werden, dass der Erfahrungsstand zu den Verfahren weitaus schlechter ist, als zunächst angenommen. Daher wurde beschlossen, die Interviews zunächst telefonisch zu führen und ggf. im Anschluss daran einen Ortstermin zu vereinbaren.

Insgesamt wurden sechs Kommunen zu den Verfahren Separationsstraßenablauf SSA (Acco Drain Passavant), Rausikko-System (Rehau), Innolet (Funke), Rigo-clean / Sedi-pipe / Sedi-Substrator (Fränkische Rohrwerke) und D-rain-clean-Sickermulde (Funke Kunststoffe) telefonisch interviewt. Die Anlagen waren alle zu Probezwecken installiert worden, teilweise lagen noch keine verwertbaren Erfahrungen vor. Die meisten Kommunen gaben allerdings bereits jetzt an, dass kein weiterer Einsatz geplant war. Als Grund wurden insbesondere die Störanfälligkeit und der damit verbundene erhöhte Betriebsaufwand genannt. Auf weitere Ortsbesichtigungen wurde nach Rücksprache mit den Projektbeteiligten aus diesen Gründen verzichtet.

4.5 Zusammenfassung

Alle nordrhein-westfälischen Kommunen wurden im Projekt mit Hilfe eines Fragebogens zu ihren Erfahrungen mit dezentralen Anlagen zur Niederschlagswasserbehandlung befragt. Anders als zu Projektbeginn erwartet, musste festgestellt werden, dass derzeit landesweit nur sehr wenige Praxiserfahrungen mit dezentralen Anlagen vorliegen. Auch der Kenntnisstand zu den einzelnen Verfahren ist gering. Das Interesse an diesen Verfahren ist andererseits hoch. Dies zeigt sich einerseits daran, dass viele Befragte sich mehr Informationen zu den einzelnen Verfahren wünschten. Andererseits sind aber auch viele Kommunen derzeit dabei, ein Niederschlagswasserkonzept aufzustellen. Das Interesse an kostengünstigen Verfahren zur Behandlung der belasteten Straßenabflüsse dürfte damit steigen.

Bei den Chancen und Risiken zeigt sich ein ausgewogenes Bild. Während viele Kosteneinsparungen bei den Kanalnetzen als Chance ansehen, werden zunehmende Betriebskosten zur Kontrolle und Wartung als Risiko angesehen.

Um dezentrale Behandlungsanlagen auf dem Markt zu etablieren, müssen die kommunalen Mitarbeiter gezielt über die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren aufgeklärt werden. Entscheidend für eine Akzeptanz der Kommunen dürfte nach den Ergebnissen der Befragung die Häufigkeit der erforderlichen Wartungsintervalle sein.

4.6 Fragebogen

Allgemeine Fragen zur Niederschlagswasserbehandlung/-bewirtschaftung von Verkehrsflächen

Faxrückantwort: 0211/430 77-22

Name, Vorname

Anschrift oder Gemeindekennzahl aus ABK.....

- | | ja | nein |
|---|--------------------------|--------------------------|
| Wir möchten uns an der Umfrage beteiligen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 1. Die letzte Fortschreibung Ihres ABK's erfolgte vor dem 01.06.2008 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Sie haben bereits ein Niederschlagswasserbeseitigungskonzept erstellt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Sie planen gerade ein Niederschlagswasserbeseitigungskonzept ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Wurden Sie von Ihrer BR dazu aufgefordert? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Sie haben bereits die ersten Nw-behandlungsanlagen gebaut | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Sie, oder ihr Wasserverband betreiben zentrale Nw-behandlungsanlagen wie, | | |
| ⇒ Regenklärbecken | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⇒ Absetzteich | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⇒ Retentionsbodenfilter | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⇒ Vernetztes Rohr-Rigolensystem im Verbund mit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| ⇒ Wirbelabscheider im Verbund mit folgender Einrichtung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

⇒ Andere Anlagen:.....

7. Mit welchen dezentralen Nw-behandlungsanlagen haben Sie bereits erste Erfahrungen sammeln können?

Nur angeben, wenn der Anlagentyp von den genannten Anlagen auf Seite 3, **Typen A-C** abweichen sollte

7.1 physikalische NW-Behandlungsanlagen.....

7.2 physikalisch-chemische NW-Behandlungsanlagen

7.3 physikalisch-chemisch-biologische NW-Behandlungsanlagen

7.4 sonstige NW-Behandlungsanlagen

ja nein

8. Planen Sie, in Zukunft verstärkt auf dezentrale RW-Behandlungsanlagen zur Behandlung von Verkehrsflächen zurückzugreifen?

8.1 Zur Rückhaltung von Sedimenten

8.2 Zur Rückhaltung von Sedimenten und Leichtflüssigkeiten

8.3 Zur Rückhaltung und biologischer Behandlung von abbaubaren Substanzen

9. Welche dezentralen Verfahrenstechniken werden Sie zukünftig nicht mehr einsetzen?

Nur angeben, wenn der Anlagentyp von den genannten Anlagen auf Seite 3, **Typen A-C** abweichen sollte

9.1 sonstige NW-Behandlungsanlagen

9.2 **Warum nicht?** Begründung:

Personalkosten Betriebskosten Unterhaltungsaufwand

Überflutungsanfälligkeit Störungsanfälligkeit Verstopfungsgefahr

Sonstige Gründe.....
.....

10. Wo sehen Sie die Chancen - und wo die Risiken von dezentralen RW-Behandlungsanlagen?

(z.B.: Auf priv. Flächen, öff. Verkehrsflächen, Genehmigungsfähigkeit, Überflutungsgefahren, Personalintensität usw.)

10.1 Chancen:

- Die Schutzziele können schneller erreicht werden, da stufenweiser Ausbau möglich,
- die kompakten Anlagen können auch im innerstädtischen Bereich eingesetzt werden,
- im Havariefalle ist nur eine kleine Fläche betroffen,
- Verkehrsplanungen werden effizienter,
- Hochwassergefahren werden durch verzögerte und verteilte Einleitungen reduziert,
- Investitionen in lange Transportsammler werden reduziert/ vermieden,
- Reduzierung der Betriebskosten,
- weitere Chancen:.....

10.2 Risiken:

- Viele potentielle Gefahrenquellen,
- zu geringes Rückhaltevermögen im Havariefall,
- je feiner die Technik, desto störanfälliger ist sie auch,
- die Betriebskosten könnten dadurch steigen,
- Verschleppung der vorgegebenen Reinigungsziele,
- Änderungen der Genehmigungspraxis der Bezirksregierungen,
- weitere Risiken:.....

Technische Verfahren zur Niederschlagswasserbehandlung von Verkehrsflächen nach Kategorie 2 b. des Trennerlasses vom MUNLV-NRW aus dem Jahr 2004

A. Verfahren zur physikalischen NW-Behandlung

Die nachfolgend genannte Verfahrenstechnik ist bei uns	erfolgreich im Einsatz
Die Verfahrenstechnik wird eingesetzt, ist aber sehr	kosten- bzw. personal- intensiv
Die Verfahrenstechnik ist uns	bekannt
Die Verfahrenstechnik ist uns	unbekannt
Aber wir hätten gerne Informationen zu folgender Verfahrenstechnik	Infos

Zutreffendes bitte ankreuzen

- | | |
|---|--|
| • Straßenablauf mit Nassschlammfang / [DIN 4052-1 bis 4] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Separationsstraßenablauf SSA / [ACO Drain Passavant GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Geotextilfiltersack [P. Schreck Vlies- und Filtertechnik GmbH] N | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Leichtflüssigkeitsabscheider,
[nach DIN 1999-100,-101; DIN EN 858-1,- 2] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • RAUSIKKO® System, [REHAU AG & Co.] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Centrifioel®-Sicherheitsstraßenablauf
[Valperz-Scarabaeus GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Sedimentationsanlage MSA, [Mall GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Lamellenklärer MLK-R, [Mall GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • sonstige physikalische Behandlungsanlage ...
(Bitte eine kurze Beschreibung abgeben) | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

B. Verfahren zur physikalisch-chemischen NW-Behandlung

- | | |
|--|--|
| • INNOLET [Funke Kunststoffe GmbH] N | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Rigo®-clean+Sedi®-pipe+Sedi®-substrator
[Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Neuentwicklung TUM et al.
[TU München / Hans Huber AG / HydroCon GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Huber-Hydro-Filt®, [Hans Huber AG] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Purasorp-Adsorptionsfilteranlage / [Wallner & Neubert GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • Substrat-Filterschacht / [Heitker GmbH] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |
| • HydroClean, [REHAU AG & Co.] | <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> |

- Filta Pex [Fa. Pecher , Wuppertal]
 - sonstige physik.-chemische NW-Behandlungsanlage ...
(Bitte eine kurze Beschreibung abgeben)
-

.....

C. Verfahren zur physikalisch-chemisch-biologischen NW-Behandlung

- Terra-Regenspeicher® / [Mall GmbH]
 - D-Rainclean®-Sickermulde / [Funke Kunststoffe GmbH]
 - sonstige phy.-chem.-biologische NW-Behandlungsanlagen
(Bitte eine kurze Beschreibung abgeben)
-

5 DATENBLÄTTER DER DEZENTRALEN BEHANDLUNGSANLAGEN

5.1 Geotextil-Filtersack, Fa. Paul Schreck

Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation, Filtration 		
Einzugsgebietsdaten		
A_u	6,80 ha	
$A_{u, \text{Kat. I+IIa}}$	3,40 ha	
$A_{u, \text{Kat. IIb}}$	0,88 ha	
DTV	5000 Kfz/d	
Sinkkästen davon ausgerüstet	28 Stück 2 Stück	

Tabelle 28: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze	20 l/s 570 l/s*ha bei 350 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	99,9
Schwimmstoffe	100
AFS fein	62,3
MKW	Versuchsergebnis nicht plausibel
SM	wurde nicht untersucht

Tabelle 29: Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind

Vorteile	Nachteile
Einbau <ul style="list-style-type: none"> ▪ kostengünstig ▪ flexibler Einsatz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ muss einzeln konfektioniert werden ▪ zusätzliche Befestigungsmittel erforderlich
Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ gut rückspülbar ▪ einfach austauschbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überwachung schwierig ▪ häufige Kontrolle erforderlich

Tabelle 30: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL 7) mit $A_u = 140 \text{ m}^2$

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
17. KW	0,19	13,6
22. KW	Reinigung	
27. KW	1,75	125
35. KW	0,55	39,3

Tabelle 31: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL15) mit $A_u = 255 \text{ m}^2$

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
17. KW	0,13	5,1
22. KW	Reinigung	
27. KW	2,2	86,3
35. KW	0,32	12,5

Tabelle 32: Wiederholungshäufigkeiten

	Wiederholungshäufigkeiten [1/a]
Kontrolle	0
Reinigung	3-6
Wartung/ Austausch	0,5

Tabelle 33: Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind

	Bewertungskriterium	Bewertung
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	o
	spezif. Speicherverhalten	-
Rückhalte- vermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	-
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	o
	Wartung	o
	Rückhaltevermögen	o

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

5.2 Separationsstraßenablauf ACO Tiefbau

Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation 		
Einzugsgebietsdaten		
A_u	6,80 ha	
$A_{u, \text{Kat. I+IIa}}$	3,40 ha	
$A_{u, \text{Kat. IIb}}$	0,88 ha	
DTV	5000 Kfz/d	
Sinkkästen davon ausgerüstet	28 Stück 2 Stück	

Tabelle 34: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze	22 l/s 550 l/s*ha bei 400 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	97,9
Schwimmstoffe	10
AFS fein	76,6
MKW	wurde nicht untersucht
SM	wurde nicht untersucht

Tabelle 35: Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind

Vorteile	Nachteile
Einbau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Straßenablauf wird erneuert ▪ Leichtes Bauteil 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ neuer Schacht erforderlich ▪ Anpassung an das vorhandene Entwässerungssystem erforderlich ▪ hohe Investitionskosten
Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einsatz leicht auszubauen ▪ leicht zu reinigen ▪ großer Schlammfang, seltene Reinigung erforderlich ▪ Wenig Einbauteile ▪ Großer Grobschmutzeimer mit hohem Volumen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung der Schlammkammer erfolgt über einen Saugwagen mit einem ca. 2 m langen Saugrohr

Tabelle 36: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL4) mit $A_u = 400 \text{ m}^2$

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
17. KW	> 4	> 100

Tabelle 37: Wiederholungshäufigkeiten

	Wiederholungshäufigkeiten [1/a]
Kontrolle	1
Reinigung	1
Wartung/ Austausch	0,2

Tabelle 38: Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind

	Bewertungskriterium	Bewertung
Hydraulik	Leistungsvermögen	+
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	+
Rückhalte- vermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	+
	Wartung	o
	Rückhaltevermögen	+

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

5.3 Lamellenklärer, Mall GmbH

Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation ▪ Leichtstoffrückhalt 		
Einzugsgebietsdaten		
A_u	-	
A_u , Kat. I+IIa	-	
A_u , Kat. IIb	-	
DTV	-	
Sinkkästen davon ausgerüstet	-	

Tabelle 39: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze	6,8 l/s 150 l/s*ha bei 572 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	100
Schwimmstoffe	100
AFS fein	94,0
MKW	95,50
SM	wurde nicht untersucht

5.4 CENTRIFOEL® ROVAL GmbH

Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation ▪ Leichtstoffrückhalt 		
Einzugsgebietsdaten		
A_u	6,80 ha	
$A_{u, \text{Kat. I+IIa}}$	3,40 ha	
$A_{u, \text{Kat. IIb}}$	0,88 ha	
DTV	5000 Kfz/d	
Sinkkästen davon ausgerüstet	28 Stück 2 Stück	

Tabelle 40: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze	1,13 l/s 30 l/s*ha bei 400 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	97,2
Schwimmstoffe	0
AFS fein	60,2
MKW	Versuchsergebnis nicht plausibel
SM	wurde nicht durchgeführt

Tabelle 41: Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind

Vorteile	Nachteile
Einbau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Straßenablauf wird erneuert ▪ leichtes Bauteil 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ neuer Schacht erforderlich ▪ Anpassung an das vorhandene Entwässerungssystem erforderlich ▪ hohe Investitionskosten
Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rückhalt von Leichtflüssigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoher Aufwand bei der Reinigung der einzelnen Kammern. ▪ Einsatz eines Saugwagens erforderlich. ▪ Hohe Verstopfungsgefahr der Drosselkammer ▪ Häufiger Abschlag über den Notüberlauf

Tabelle 42: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL2) mit $A_u = 380 \text{ m}^2$

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
27. KW	nicht feststellbar	-

Tabelle 43: Wiederholungshäufigkeiten

	Wiederholungshäufigkeiten [1/a]
Kontrolle	2
Reinigung	2
Wartung/ Austausch	0,5

Es wurde deutlich, dass sich die realen Verhältnisse nicht im Labor abgebildet werden können:

- In den Laborprüfungen erfolgten keine Abdichtungseffekte der Deckel durch Ablagerungen.
- In der Praxis ist die Gefahr der Verstopfung des Ablaufs in der ersten Kammer durch Laub sehr hoch.
- Ein Rückhalt von Schwimmstoffen konnte in den Laborprüfungen nicht nachgewiesen werden, da der Prüfzufluss so hoch war, dass das Wasser über den Überlauf abgeschlagen und sämtliche Schwimmstoffe mit ausgetragen wurden.

Tabelle 44: Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind

	Bewertungskriterium	Bewertung
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	o
Rückhalte- vermögen	Grobstoffe allgemein	o
	AFS	o
	Havarieverhalten	o
	Leichtflüssigkeiten	-
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	-
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	o
Wertung	Hydraulik	o
	Wartung	o
	Rückhaltevermögen	o

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

5.5 INNOLET® Filterpatrone 300 x 500, Funke Kunststoffe GmbH

Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation, Filtration ▪ Ionenaustausch, Sorption 		
Einzugsgebietsdaten		
A _u	6,80 ha	
A _u , Kat. I+IIa	3,40 ha	
A _u , Kat. IIb	0,88 ha	
DTV	5000 Kfz/d	
Sinkkästen davon ausgerüstet	28 Stück 2 Stück	

Tabelle 45: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze im Neuzustand	1,5 l/s 60 l/s*ha bei 250 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	96,6
Schwimmstoffe	80
AFS fein	45,2
MKW	Versuchsergebnis nicht plausibel
Kupfer	78,1
Zink	45,3

Tabelle 46: Ergebnis der Betriebsüberwachung in Porz Lind

Vorteile	Nachteile
Einbau <ul style="list-style-type: none"> ▪ kostengünstig ▪ flexibler Einsatz 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mindestbauhöhe ist vorgegeben
Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Einfache Reinigung und Austausch des Filters 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Verbindungen zwischen den Teilen sind nach dem Zusammenbau nicht immer dichtend. ▪ Die Reinigung des Grobfilters gestaltet sich beim Innolet 300 x 500 aufgrund des geringen Durchmessers als schwierig. ▪ Substratwechsel kostenaufwendig, da herstellerabhängig

Tabelle 47: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Porz Lind (PL 10) mit $A_u = 200 \text{ m}^2$

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
17.KW	0,15	7,5
22. KW	Reinigung	
27.KW	0,8	40
35. KW	0,66	33

Tabelle 48: Wiederholungshäufigkeiten

	Wiederholungshäufigkeiten [1/a]
Kontrolle	3
Reinigung	2
Wartung/ Austausch	0,5

Tabelle 49: Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Porz Lind

	Bewertungskriterium	Bewertung
Hydraulik	Leistungsvermögen	o
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	o
Rückhalte- vermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	o
	Havarieverhalten	-
	Leichtflüssigkeiten	o
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	o
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	+
Wertung	Hydraulik	o
	Wartung	o
	Rückhaltevermögen	+

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

5.6 3P Hydrosystem 3P Filtertechnik GmbH

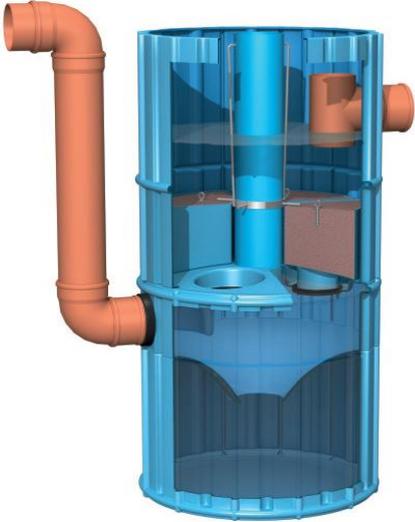
Kurzbeschreibung des Systems: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Siebung, Sedimentation, Filtration, Leichtstoffrückhalt ▪ Ionenaustausch, Sorption 		
Einzugsgebietsdaten		
A_u	0,615 ha	
A_u , Kat. I+IIa	0 ha	
A_u , Kat. IIb	0,615 ha	
DTV	5.500 Kfz/d	
Sinkkästen davon ange- schlossen	2 Stück 2 Stück	

Tabelle 50: Ergebnis der Laborversuche

Hydraulische Leistungsgrenze	13,5 l/s 270 l/s*ha bei 500 m ² Anschlussfläche
Parameter	Wirkungsgrade [%]
AFS grob	100
Schwimmstoffe	100
AFS fein	94,1
MKW	90,0
Kupfer	97,2
Zink	96,9

Tabelle 51: Ergebnis der Betriebsüberwachung in Königswinter

Vorteile	Nachteile
Einbau <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei der Ausführung im Kunststoffschacht nur kleines Baugerät erforderlich ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusätzlicher Schacht erforderlich (semizentral) ▪ Umbau der Zu- und Abläufe
Betrieb <ul style="list-style-type: none"> ▪ Betriebskonzept von externem Dienstleister ▪ Seltene Reinigung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reinigung aufwendig

Tabelle 52: Ergebnis der In Situ Versuche zur Hydraulik im Trenngebiet Königswinter

Zeit	Leistungsfähigkeit [l/s]	Leistungsfähigkeit [l/s*ha]
27. KW	2,87	46,7

Tabelle 53: Wiederholungshäufigkeiten

	Wiederholungshäufigkeiten [1/a]
Kontrolle	0
Reinigung	1
Wartung/ Austausch	0,33

Fazit Labor / In Situ:

Es wurde deutlich, dass sich die realen Verhältnisse nicht im Labor abgebildet werden können:

- Bei den AFS Untersuchungen mit Milisil W4 ist der Überlauf bei keiner Teilprüfung angesprungen, so dass nach Zuführen der Jahresfracht noch 6,15 l/s (100 l/s*ha) abgeführt wurden.
- In der Praxis haben die In Situ Versuche zur Hydraulik gezeigt, dass der Überlauf bei einem Zufluss von 2,87 l/s (46,7 l/s*ha) angesprungen ist. Die Anlage war zu diesem Zeitpunkt 8 Monate in Betrieb.

Tabelle 54: Bewertungsmatrix Betrieb für das Trenngebiet Königswinter

	Bewertungskriterium	Bewertung
Hydraulik	Leistungsvermögen	+
	Rückstauverhalten ($>Q_{krit}$)	+
	spezif. Speicherverhalten	+
Rückhalte- vermögen	Grobstoffe allgemein	+
	AFS	+
	Havarieverhalten	+
	Leichtflüssigkeiten	+
Wartung	Reinigungsintervalle	+
	Aufwand	-
	Erreichbarkeit Verkehrsraum	o
	Ersatzteile	o
Wertung	Hydraulik	+
	Wartung	+
	Rückhaltevermögen	o

Vergabe von 3 Bewertungsstufen

o => entspricht den Anforderungen einer zentralen Anlage

- => entspricht nicht den Anforderungen an eine zentrale Anlage

+ => die dezentrale Anlage erfüllt mehr Bedingungen als eine zentrale Anlage

6 LITERATURVERZEICHNIS

Kapitel 1

- ATV** (1992): Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen, ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 128, Hennef, April 1992
- ATV** (1997): Wahl des Entwässerungsverfahrens, ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 105, Hennef, Dezember 1997
- BLAG** (2008): Anhang Niederschlagswasser zur Novellierung der Abwasserverordnung, Entwurf, Stand 04.06.2008
- DIN** (2008): Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, DIN EN 752, April 2008
- DWA** (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138, Hennef, April 2005.
- DWA** (2006): Leitlinien der Integralen Entwässerungsplanung, DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 100, Hennef, Dezember 2006
- DWA** (2007): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, DWA-Regelwerk, Merkblatt M 153, Hennef, August, 2007.
- DWA** (2009): Entwicklung von Prüfverfahren für Anlagen zur dezentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennverfahren. Zwischenbericht an die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall, Hennef, September 2009 (unveröffentlicht)
- FGSV** (2002): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten RiStWag, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2002
- FGSV** (2005): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung RAS-Ew, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Ausgabe 2005
- Grüning, H., Hoppe, H.** (2007): Vergleichende Untersuchungen zu Regenklärbecken und Filtersystemen, in: DWA-Regenwassertage Passau, 2007
- Helmreich, B.** (2010): Stoffliche Betrachtungen der dezentralen Niederschlagswasserbehandlung. Habilitationsschrift, Technische Universität München, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Institut für Wasser und Umwelt, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft (in Druck)
- Hillenbrand, Th.** (2006): Emissionsminderungsmaßnahmen – Ergebnisse der EU-Arbeiten, Defizite, Ansatzpunkte für nationale und europäische Aktivitäten, UBA-Workshop „Emissionsminderungsmaßnahmen für prio-

ritäre Stoffe in der Wasserrahmenrichtlinie – Bestandsaufnahme und Handlungsoptionen“, Umweltbundesamt Berlin, 30. Mai 2006

- Kasting, U.** (2003): Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen, Schriftenreihe des Fachgebietes Siedlungswasserwirtschaft der Universität Kaiserslautern, Band 17, 2003
- Kaufmann, P.** (2006): Der Straßenwasser-Filterschacht – ein Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule. In: Kanalisationsforum Bern, 2006
- MUNLV** (2004): Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren, Runderlass Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz v. 26.05.2004
- MUNLV** (2008): Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen, 13. Auflage, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV), www.MUNLV.de (besucht: 29.05.2008)
- NN** (1991): Richtlinie 91/271/EWG des Europäischen Rates vom 21.05.1991 über die Behandlung kommunalen Abwassers (Abl. EG Nr. L 135 S.40)
- Schmitt, T.G., Dierschke, M.** (2009): Abschätzung der Folgekosten Anforderungen Niederschlagswasser, Studie im Auftrag des Deutschen Städtetags, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern, Januar 2009 (unveröffentlicht)
- Sieker, F., Sieker, H., Zweynert, U., Jin, Z.** (2008): Paradigmenwechsel in der Siedlungswasserwirtschaft beim Umgang mit Regenwasser. gfw Wasser-Abwasser, Heft 7-8, Juli/August 2008, S. 558-570
- Sommer, H.** (2007): Behandlung von Straßenabflüssen, Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen – Neuentwicklungen und Untersuchungen. Dissertation an der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie der Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover, 2007
- UBA** (2005): Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und möglicher Emissionsminderungsmaßnahmen“, UBA-Texte 19/05, Forschungsbericht 202 242 20/02 UBA-FB 000824
- UBA** (2007): Ökologische und ökonomische Vergleichsbetrachtung zwischen dem Konzept der konventionellen Regenwasserentsorgung und dem Konzept der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung“, UBA-Texte 19/07, Forschungsbericht 203 26 391, UBA-FB 001001
- UBA** (2008): Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands, Stand 1997, UBA-Texte 75/99, http://www.umweltbundesamt.de/wasser/veroeffentlich/bmu_umwelt/75_99.htm (besucht am 29.05.2008)
- Uhl, M.** (2007): Behandlung und Rückhaltung von Straßenabflüssen. DWA-Lehrgang: 6. Regenwassertage am 11./12. Juni 2007 in Passau

- Uhl, M.; Adams, R.; Harms, R.W.; Schneider, F.; Grotehusmann, D.; Kasting, U.; Lange, G.** (2006): ESOG – Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer, FH Münster, Labor für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Abschlussbericht im Auftrag des MUNLV, NRW, unveröffentlicht, Münster, November 2006
- Welker, A.** (2005): Schadstoffströme im urbanen Wasserkreislauf - Aufkommen und Verteilung, insbesondere in den Abwasserentsorgungssystemen, Habilitationsschrift, Schriftenreihe des FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Kaiserslautern, Band 20
- Welker, A., Dierschke, M.** (2009): Aufkommen von Schwermetallen in Niederschlagsabflüssen von Dachflächen als Basis für die Festlegung von Stoffkonzentrationen für Prüfverfahren von Behandlungsanlagen. gwf Wasser Abwasser (150) Nr. 7-8, 595-605

Kapitel 3

- Alt, K.; Bosbach R.; Neuhaus, J.** (2010): „Dezentrale Regenwasserbehandlung in Trennsystemen“ BEW Seminar Essen (Anforderungen an die Niederschlagswasserbehandlung)
- Bezirksregierung Köln, FH Köln** (2009): Forschungsvorhaben „Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung in kommunalen Trennsystemen am Beispiel des Regierungsbezirkes Köln“
- Grüning H.; Giga A.; Quarg-Vonscheidt J.** (2010): „Vergleichende Gegenüberstellung von Regenklärbecken und dezentralen Regenwasserbehandlungssystemen“ 9. Regenwassertage Bremen
- MUNLV (2004):** Anforderung an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren; RdErl. der Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz IV-9 031 001 2104 vom 26.05.2004