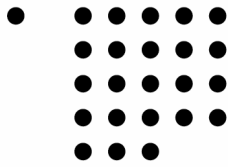


Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

**Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung
in kommunalen Trennsystemen
am Beispiel des Regierungsbezirkes Köln**

Abschlussbericht



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences

Auftraggeber:	Bezirksregierung Köln
Auftragnehmer:	Fachhochschule Köln
Fachliche Bearbeitung:	Prof. Dr.-Ing. Bauassessor Rainer Feldhaus Dipl.-Ing. Nina Klein
GIS-Bearbeitung:	Prof. Dr.-Ing. Jackson Röhrig Dipl.-Ing. Georg Meier

Inhalt

Abkürzungen und Formelzeichen	IV
1 Veranlassung, Zielsetzung und Aufgabenstellung.....	1
2 Arbeitsprogramm	3
3 Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen	5
3.1 Verschmutzung des Niederschlagswassers.....	5
3.1.1 Belastung des NW-Abflusses von Verkehrsflächen	8
3.1.2 Belastung des NW-Abflusses von metallischen Dachflächen.....	10
3.2 Rechtsnormen und technische Regelwerke.....	10
3.2.1 Europäisches Recht: Wasserrahmenrichtlinie.....	11
3.2.2 Bundesrecht.....	11
3.2.3 Landesrecht	13
3.2.4 Kommunales Recht	19
3.2.5 Technische Regelwerke	19
3.3 Behördeninterne Vorgehensweise der BezReg Köln	22
3.4 Schema zur Prüfung der Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen	24
4 Maßnahmen zur NW-Behandlung im Trennsystem	26
4.1 Zentrale Maßnahmen der NW-Behandlung	27
4.1.1 Reinigungsleistung zentraler NW-Behandlungsanlagen	27
4.1.2 Baukosten zentraler NW-Behandlungsanlagen: RKB und RBF	29
4.2 Dezentrale Maßnahmen der NW-Behandlung	32
4.2.1 Wirkungsmechanismen und Typisierung von Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung	32
4.2.2 Einsatzbereiche und Kosten dezentraler NW-Behandlungsanlagen	34
4.2.3 Betrieb dezentraler NW-Behandlungsanlagen	36
4.2.4 Reinigungsleistung dezentraler NW-Behandlungsanlagen.....	36
4.2.5 Planungsbeispiele für dezentrale NW-Behandlungsanlagen.....	40
4.3 Vergleich der Reinigungsleistungen zentraler und dezentraler NW-Behandlungsanlagen	40
4.4 Offene Fragen und Untersuchungsbedarf.....	41
4.4.1 Zentrale NW-Behandlungsanlagen in Trennsystemen: Reinigungsleistung	41
4.4.2 Dezentrale NW-Behandlungsanlagen.....	41
5 Datenerhebung: NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln ..	44
5.1 Datenerhebung für NW-Einleitungen > 200 m ³ /2h.....	45
5.1.1 Datenbestand der Kommunen.....	45
5.1.2 Datenbestand der BezReg Köln.....	46
5.2 Datenerhebung für NW-Einleitungen ≤ 200 m ³ /2h.....	46
5.3 Zusammenstellung der erhobenen Daten	46
6 Abschätzung des Bedarfs an Maßnahmen zur NW-Behandlung im RegBez Köln	47
6.1 Maßnahmenbedarf bei NW-Einleitungen > 200 m ³ /2h	47

6.2	Maßnahmenbedarf bei NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$	49
6.3	Zusammenfassung des Maßnahmenbedarfs im RegBez Köln	50
7	Auswirkung des Maßnahmenbedarfs auf die kommunalen NW-Entwässerungskonzepte im RegBez Köln	51
7.1	Kosten der Maßnahmenumsetzung.....	51
7.1.1	Maßnahmen der Kategorie IIb - Nettobaukosten der RKB	51
7.1.2	Maßnahmen der Kategorie III - Nettobaukosten der RBF	53
7.1.3	Ergebnisse der Kostenschätzung für den RegBez Köln	55
7.2	Zeitraum für die Maßnahmenumsetzung.....	56
8	Wirksamkeit von NW-Behandlungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Dhünn	61
8.1	Abgrenzung der Oberflächenwasserkörper im Einzugsgebiet der Dhünn	61
8.2	Betrachtete Eintragspfade	63
8.3	Betrachtete Parameter	63
8.4	Frachtberechnung	64
8.4.1	Frachten aus kommunalen Trennsystemen.....	64
8.4.2	Frachten aus Mischwasserentlastungen	69
8.4.3	Frachten aus kommunalen Kläranlagen.....	69
8.5	Ergebnisse der Frachtberechnung.....	70
8.5.1	Situation im Ist-Zustand	70
8.5.2	Situation nach Umsetzung aller NW-Behandlungsmaßnahmen (Plan-Zustand).....	71
9	Das GIS „NW-Behandlung im Trennsystem“	79
10	Zusammenfassung	86
11	Quellenverzeichnis	89

Anhänge

- Anhang 1: Übersicht über Stoffkonzentrationen im Niederschlag und im NW-Abfluss verschiedener Herkunftsbereiche
- Anhang 2: Informationen über Anlagen zur zentralen NW-Behandlung
- Anhang 3: Übersicht über Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung
- Anhang 4: Planungsbeispiele für dezentrale NW-Behandlungsanlagen
- Anhang 5: NW-Behandlung im Einzugsgebiet der Dhünn - Ergebnisse der Frachtberechnung
- Anhang 6: CD-ROM:
- 📄 Abschlussbericht
 - 📄 Daten der NW-Einleitungen im RegBez Köln (Excel®-Dateien)
 - 📄 Abschätzung der Kosten und des Zeitraums zur Umsetzung der NW-Behandlungsmaßnahmen im RegBez Köln (Excel®-Dateien)
 - 📄 GIS:
 - 📄 Programm „trennsystem.exe“
 - 📄 Zugehörige Eingangs- und Ergebnisdaten (Ordner „data“)
 - 📄 Access®-Datenbank „trennsystem.mdb“ (Daten NW-Einleitungen)
 - 📄 Shapefile „GebN_GSK3B_koeln.shp“ (Gebietsniederschläge)
 - 📄 Shapefile „gsk3b_gewkz_gewname_BR_Koeln.shp“ (Gewässer, Auflage 3b)
 - 📄 Einleitungen, Einleitstellen (Unterordner „shapefiles“)
 - 📄 Ergebnisse der Frachtberechnungen (Unterordner „output“)

Abkürzungen und Formelzeichen

a. a. R. d. T.	allgemein anerkannte Regeln der Technik
ABK	Abwasserbeseitigungskonzept
AbwV	Abwasserverordnung
A _E	Fläche des Einzugsgebietes [ha]
A _{E,b}	Befestigte Fläche [ha]
A _{E,nb}	Nicht befestigte Fläche [ha]
A _{E,k}	Kanalisiertes Einzugsgebiet [ha]
A _{E,nk}	Nicht kanalisiertes Einzugsgebiet [ha]
AFS	Abfiltrierbare Stoffe
AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
ASS	Absetzbare Stoffe
A _u	undurchlässige Fläche [ha]
BBodSchG	Bundesbodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung
BezReg	Bezirksregierung
BF	Bodenfilterfläche/-strecke
BG	Bestimmungsgrenze
BSB ₅	Biochemischer Sauerstoffbedarf in 5 Tagen
Ca	Calcium
Cd	Cadmium
Cl	Chlor
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
d	Tag [d]
DEV	Deutsches Einheitsverfahren
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DNWB	Dezentrale Niederschlagswasserbehandlung
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef
EAWAG	Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz
EG	Europäische Gemeinschaften
ESOG	Handbuch „Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer“
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln
GIS	Geografisches Informationssystem
h	Stunde [h]
h _{N,a}	mittlere Jahresniederschlagshöhe [mm]
HBV-Anlagen	Anlagen zum Herstellen, Behandeln und Verwenden wassergefährdender Stoffe
Hg	Quecksilber
i. d. R.	in der Regel

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN UND FORMELZEICHEN

Kfz	Kraftfahrzeug
KW	Kohlenwasserstoffe
LAU-Anlagen	Anlagen zum Lagern, Abfüllen und Umschlagen
LAWA	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU BW	Landesanstalt für Umwelt Baden Württemberg
LKW	Lastkraftwagen
LWG NRW	Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen
MID	Magnetisch-induktiver Durchflussmesser
MKW	Mineralölkohlenwasserstoffe
MUNLV NRW	Ministerium für Umwelt Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen
Na	Natrium
N _{ges}	Gesamtstickstoff
NH ₄ -N	Ammonium-Stickstoff
Ni	Nickel
NO ₃ -N	Nitrat-Stickstoff
NRW	Nordrhein-Westfalen
NW	Niederschlagswasser
P _{ges}	Gesamtphosphor
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
Pb	Blei
RAS-Ew	Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Entwässerung
RBF	Retentionsbodenfilter
R. d. T.	Regeln der Technik
RegBez	Regierungsbezirk
RiStWag	Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten
RKB	Regenklärbecken
RKBmD	Regenklärbecken mit Dauerstau
RKBoD	Regenklärbecken ohne Dauerstau
RRB	Regenrückhaltebecken
RStO	Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen
RW	Regenwasser
SABA	Straßenabwasserbehandlungsanlage
TOC	Total organic Carbon
UBA	Umweltbundesamt
UWB	Untere Wasserbehörde
VQ _r	Niederschlagswasservolumen [m ³]
WAG	Wassergewinnungs- und aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbH
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	EU-Wasserrahmenrichtlinie
Zn	Zink
ZNWB	Zentrale Niederschlagswasserbehandlung
ψ _m	mittlerer Abflussbeiwert

1 Veranlassung, Zielsetzung und Aufgabenstellung

Die aus Trennsystemen in Gewässer eingeleiteten Stofffrachten können – je nach betrachtetem Parameter – größer sein als die durch Mischwasserentlastungen oder Kläranlagenabläufe eingetragenen Frachten. Abbildung 1-1 zeigt dies am Beispiel des Niederrheingebietes. Eine wesentliche Rolle spielt der Eintrag abfiltrierbarer Stoffe, die bedeutsam sind als Träger von Schadstoffen, wie z. B. Schwermetallen [UBA, 2004].

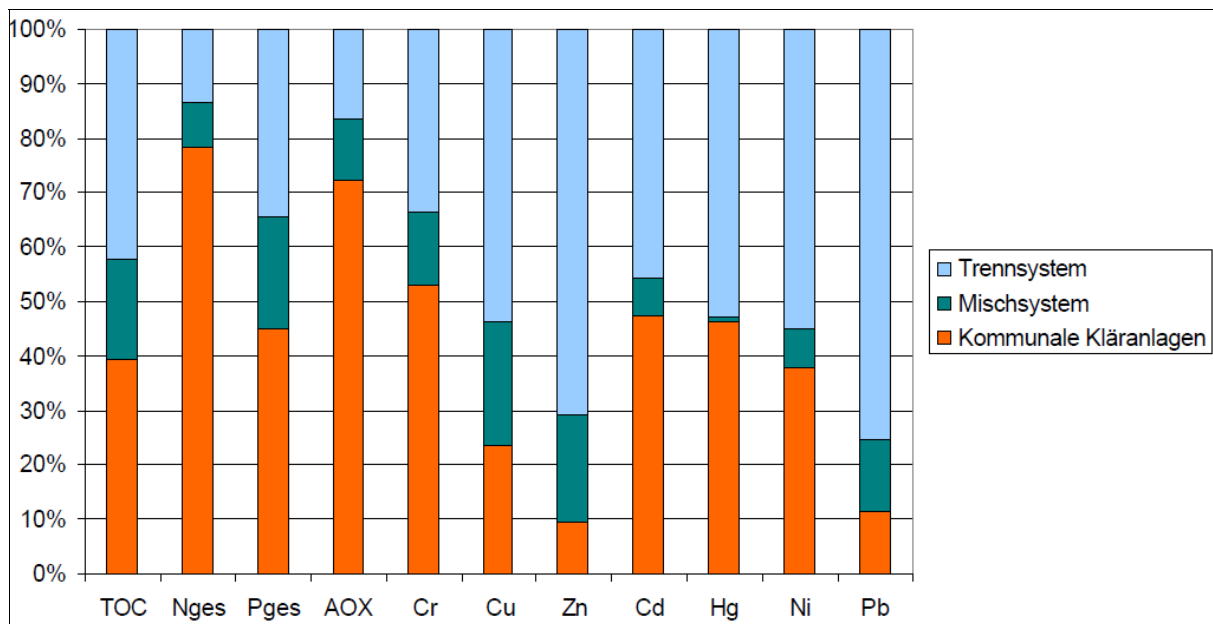


Abbildung 1-1: Vergleich der Stoffeinträge aus Trenn- und Mischsystemen sowie kommunalen Kläranlagen für das Niederrheingebiet [MUNLV NRW, 2005a]

In NRW betrug im Jahr 2005 die durch verschmutzte Niederschlagswassereinleitungen (NW-Einleitungen) direkt in die Gewässer eingetragene Fracht sauerstoffzehrender Substanzen – bezogen auf den TOC - über 48.000 t/a [MUNLV NRW, 2006]. Knapp 40 % davon - etwa 19.000 t TOC/a - entstammen kommunalen Trennsystemen. Damit belasten NW-Einleitungen aus Trennsystemen die nordrhein-westfälischen Fließgewässer binnen weniger Jahresstunden in ähnlicher Größe wie die kontinuierlichen Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen, deren TOC-Emission 2005 bei etwa 25.700 t/a lag. Die Zahlen zeigen, dass Maßnahmen zur Verbesserung der kommunalen Niederschlagswasserbehandlung (NW-Behandlung) in Trennsystemen die Gewässergüte signifikant verbessern können; demzufolge besitzen sie zur Erreichung der Zielvorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und den sich daraus ergebenden Maßnahmenprogrammen hohes Gewicht.

Für die NW-Behandlung in Trennsystemen bestehen in NRW bereits seit 1988 verbindlich eingeführte Regeln der Technik im Sinne von § 18b WHG und § 57 LWG. Die Neufassung des „Trennsystemerlasses“ [MUNLV NRW, 2004] trägt den heutigen Erkenntnissen über kritische Herkunftsbereiche Rechnung. Dieser Erlass wird bis heute von vielen betroffenen Entscheidungsträgern in Politik und Kommunalverwaltungen kritisiert. Hohe Investitionen werden befürchtet. Tatsächlich ist jedoch der konkrete Handlungsbedarf den meisten Kommunen gar nicht bekannt.

In der Praxis ist der Erlass für Kommunen und Behörden nicht einfach zu vollziehen, da ein methodisches Vorgehen nach einheitlichen Maßstäben bisher fehlt. Ziel des Projektes ist daher die Ableitung einer Methodik zum Vollzug des Erlasses, um unter Berücksichtigung von Prioritäten und Kosteneffizienz eine möglichst große Wirksamkeit im Hinblick auf die Ziele der WRRL zu erreichen.

Als Projektgebiet bietet sich der Regierungsbezirk (RegBez) Köln an, der eine große Bandbreite von Fallgestaltungen aufweist. Kleine Kommunen im ländlichen Raum sind ebenso vertreten wie Großstädte, Flachlandbereiche ebenso wie Mittelgebirgsregionen. Gleichzeitig sind hier bereits im was-

serrechtlichen Vollzug einige Vorarbeiten geleistet worden, die für die Projektabwicklung genutzt werden können.

Bei der Zusammenstellung und der Dokumentation der Ergebnisse kommt ein Geografisches Informationssystem (GIS) auf Basis der Software ArcGIS zum Einsatz. Die Struktur der Daten orientiert sich an dem in [Austermann-Haun, 2005] konzipierten Datenmodell.

Beschränkt auf kommunale Trennsysteme im RegBez Köln sollen folgende Aufgaben bearbeitet werden:

- Erfassung des Bedarfs an Maßnahmen zur NW-Behandlung
- Abschätzung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs auf die kommunalen Niederschlagsentwässerungskonzepte gemäß § 53 (1b) LWG NRW
- Exemplarische Abschätzung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs auf die Maßnahmenprogramme nach WRRL für einen Teilbereich des RegBez Köln

Im Trennsystemerlass sind dezentrale Maßnahmen zur NW-Behandlung ausdrücklich zugelassen, doch liegen bisher wenig Erkenntnisse über sinnvolle Einsatzbereiche, langfristige Wirksamkeit, betriebliche Aspekte etc. vor. Entsprechend groß ist die Unsicherheit bei Kommunen und Wasserbehörden über den Einsatz dezentraler Systeme, obwohl dadurch gegenüber klassischen zentralen Systemen Kosteneinsparpotentiale zu erwarten sind. Damit ergibt sich für das Projekt folgende weitere Aufgabe:

- Zusammenstellung und Bewertung von Maßnahmen zur dezentralen NW-Behandlung

2 Arbeitsprogramm

Bei der Bearbeitung der in Kapitel 1 genannten Aufgaben wurde wie folgt vorgegangen:

1 Maßnahmen zur NW-Behandlung: Bedarfserfassung und Abschätzung der Auswirkungen auf Maßnahmenprogramme

- 1.1 Zusammenstellung und Prüfung der vorhandenen Einleitungen unter Berücksichtigung der wasserrechtlichen Zuständigkeiten zum Zeitpunkt der Auftragsvergabe (Mitte 2007)¹:
 - 1.1.1 Zusammenstellung der bei der BezReg Köln verfügbaren Informationen über die kommunalen NW-Einleitungen der 99 Städte und Gemeinden innerhalb geschlossener Ortslagen
 - 1.1.2 Definition der erforderlichen Mindest-Informationen je Einleitungsstelle
 - 1.1.3 Anforderung fehlender Mindest-Informationen bei Kommunen und Ergänzung des Informationsbestandes
 - 1.1.4 Zusammenstellung der Ergebnisse
 - 1.1.5 Plausibilitätsprüfung und ggf. Korrektur der Informationen gem. Pos. 1.1.1 - 1.1.3
- 1.2 Ermittlung des Maßnahmenbedarfes für die Einleitungen in der ehemaligen Zuständigkeit¹ der BezReg Köln in Abstimmung mit den Kommunen.

Ergebnis ist die Feststellung, an welchen Einleitungsstellen Maßnahmen erforderlich sind.

- 1.2.1 Erstellung eines *Prüfschemas* zur Beurteilung der Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagswassers
- 1.2.2 Systematische Prüfung der Informationen aus Pos. 1.1 anhand des Prüfschemas (Pos. 1.2.1); Ergebnis der Prüfung: Einstufung des Niederschlagswassers in die Gruppen „nicht behandlungsbedürftig“ / „behandlungsbedürftig“ / „nähere Untersuchungen erforderlich“; in Fällen die der letztgenannten Gruppe zuzuordnen sind, werden folgende Schritte durchgeführt:
 - 1.2.2.1 Definition der erforderlichen „näheren Untersuchungen“ und Aufforderung der betroffenen Kommune zur Vorlage der Untersuchungsergebnisse.
 - 1.2.2.2 Prüfung der nachgereichten Untersuchungsergebnisse anhand des Prüfschemas gem. Pos. 1.2.1.
 - 1.2.2.3 Ergebnis der Prüfung: Eingruppierung in „nicht behandlungsbedürftig“ / „behandlungsbedürftig“.
- 1.3 Abschätzung des Maßnahmenbedarfes der Einleitungen in der ehemaligen Zuständigkeit¹ der UWB'n.

1

Durch eine zum 1.1.2008 in Kraft getretene Reform der Verwaltungsstruktur sind im Projektverlauf Änderungen wasserrechtlicher Zuständigkeiten eingetreten. Bis Ende 2007 galt folgende Zuständigkeitsregelung:

- UWB: bei Einleitungsmenge $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$
- BezReg: bei Einleitungsmenge $> 200 \text{ m}^3/2\text{h}$ oder eines entsprechend geringeren Volumenstroms in einem kürzeren Zeitraum.

Seit 1.1.2008 ist die UWB zuständig, unabhängig von der Einleitungsmenge.

- 1.4 Abschätzung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs gem. Pos. 1.2 und, soweit möglich, gem. Pos. 1.3 auf die kommunalen Niederschlagsentwässerungskonzepte.

Abgeschätzt werden die Kosten und ein als realistisch anzunehmender Zeitraum für die Umsetzung des Maßnahmenbedarfs im RegBez Köln.

- 1.5 Exemplarische Abschätzung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs gem. Pos. 1.2 und, soweit möglich, gem. Pos. 1.3 auf die Maßnahmenprogramme nach WRRL am Beispiel des im RegBez Köln liegenden Einzugsgebietes der Dhünn².

Abgeschätzt wird die Wirksamkeit des Maßnahmenbedarfs bzgl. der stofflichen Belastung der Oberflächenwasserkörper.

2 Maßnahmen zur dezentralen NW-Behandlung: Zusammenstellung und Bewertung

- 2.1 Erfassung, Zusammenstellung und Systematisierung neuer dezentraler Behandlungsvorfahren.
- 2.2 Bewertung der Einsatzmöglichkeiten der dezentralen Maßnahmen gem. Pos. 2.1 unter Berücksichtigung betrieblicher Aspekte und der Kosten; Formulierung offener Fragen und des weitergehenden Untersuchungsbedarfs.
- 2.3 Darstellung des Einsatzes dezentraler NW-Behandlungsanlagen anhand ausgewählter Beispielbereiche aus dem RegBez Köln.

3 Aufbau eines GIS für die Erfassung, Analyse und Präsentation der Daten und Ergebnisse

- 3.1 Anforderungsanalyse und Bezug auf existierende Datenbestände bzw. Informationssysteme, Entwurf und Implementierung des Informationssystems in ArcGIS (ESRI Geoinformatik GmbH).
- 3.2 Einbindung topographischer Karten (TK25) und digitaler Gewässernetze (Auflage 3b) für den RegBez Köln in das GIS. Übernahme der Daten gem. Pos. 1.1.4 in das GIS.
- 3.3 Entwicklung von Editoren und Methoden zur Datenerfassung und zur Fortführung der Datenbestände, welche die Konsistenz der eingegebenen Daten überprüfen. Abbildung des Prüfschemas (Pos. 1.2.1) zur Beurteilung der Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagswassers im GIS. Einbindung der Prüfergebnisse zum Maßnahmenbedarf an den Einleitungsstellen gem. Pos. 1.2 (ggf. auch gem. Pos. 1.3) in das GIS.
- 3.4 Räumliche Analyse des Einzugsgebietes der Dhünn² zur Herstellung eines Bezuges zwischen dem Maßnahmenbedarf gem. Pos. 1.2 (und ggf. Pos. 1.3) und Oberflächenwasserkörpern gem. WRRL.
 - 3.4.1 Beschaffung der in der Umweltverwaltung NRW verfügbaren digitalen Informationen zum Einzugsgebiet der Dhünn² und Einbindung in das GIS.
 - 3.4.2 Verschneiden der Oberflächenwasserkörper gem. WRRL und der Informationen gem. Pos. 1.2 und 1.3 mit Hilfe des GIS; Ergebnis: Zuordnung der Einleitungen und Maßnahmen zu den Oberflächenwasserkörpern als Grundlage für die Bearbeitung von Pos. 1.5.

²

Der Projektantrag sah vor, ein Teileinzugsgebiet der Sieg zu betrachten. Im Projektverlauf wurde stattdessen das Einzugsgebiet der Dhünn (Nebengewässer der Wupper) gewählt, da der aktuelle Informationsstand über Niederschlagswasser-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen in diesem Gebiet besser war.

3 Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen

3.1 Verschmutzung des Niederschlagswassers

Niederschlagswasser enthält sowohl organische als auch anorganische Inhaltsstoffe. Sie können sowohl gelöst als auch partikulär gebunden vorliegen.

Der Niederschlag nimmt bereits in der Luft befindliche gelöste oder partikuläre Stoffe auf. Die Stärke dieser Belastung ist abhängig von der lokalen und regionalen Emissionssituation.

Fließt der Niederschlag von Oberflächen ab (Niederschlagswasserabfluss; NW-Abfluss), nimmt er Schmutzstoffe auf, die sich in der niederschlagsfreien Zeit angesammelt haben. Die Oberflächen lassen sich ihrer Nutzung nach kategorisieren in z. B. Verkehrsflächen (Straßen, Radwege, Gehwege, Plätze, Parkplätze), Hofflächen, Lagerflächen oder Flächen mit besonderer Nutzung (z. B. Start- und Landebahnen von Flugplätzen).

Die Flächenverschmutzung durch partikuläre und gelöste Stoffe ist sehr unterschiedlich und wird maßgeblich durch die Flächennutzung bestimmt. Ablagerungen mineralischer Stäube, Falllaub, Pollen, Tierkot bzw. -urin, Reifenabrieb, Fahrbahnabrieb, Tropfverluste von Schmier- und Kraftstoffen, Streugut des Winterdienstes und Schwermetalle von z. B. metallgedeckten Dächern oder Leitplanken sind Beispiele. Eine Veränderung des Schmutzstoffpotenzials erfolgt vor allem durch Windverfrachtung und Flächenreinigung.

Auf den ersten Blick bietet die Literatur viele Angaben über gemessene Stoffkonzentrationen im NW-Abfluss. Doch beziehen sich die Autoren häufig auf die selben Datenquellen, da letztlich die Zahl der durchgeführten Messprogramme recht gering ist. Auch ist festzustellen, dass die erfassten Stoffkonzentrationen aufgrund der unterschiedlichen versuchstechnischen Randbedingungen (z. B. Klima; Luftverschmutzung; Herkunftsflächen des NW-Abflusses; Ort, Art und Umfang der Probenahme; Messtechnik) erheblich streuen.

Die für die Gewässerqualität relevanten Inhaltsstoffe des NW-Abflusses lassen sich gem. nachfolgender Abbildung gliedern. **Anhang 1** gibt einen Überblick über die in verschiedenen Quellen zusammengestellten Messdaten über die Verschmutzung des NW-Abflusses (und des Niederschlags) [Leisse, 2008].

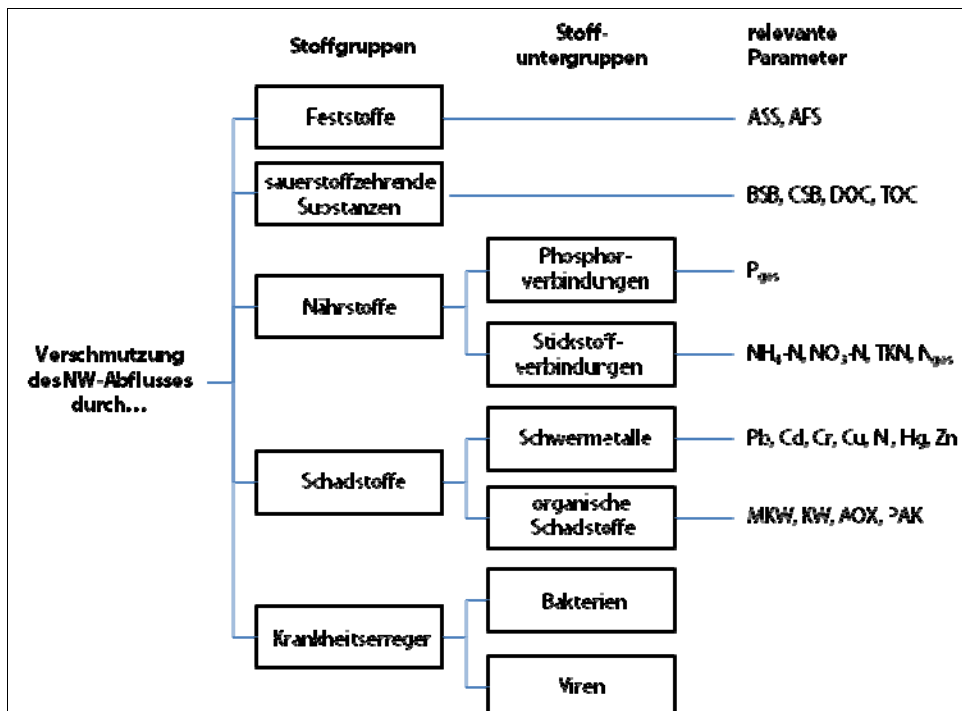


Abbildung 3-1: Charakterisierung der Verschmutzung des NW-Abflusses durch Stoffgruppen und ausgewählte Parameter

Feststoffe: sie bestehen zum Großteil aus mineralischem Material (z. B. Sande), können aber auch organische Bestandteile enthalten. Parameter zur Beschreibung des Feststoffgehalts sind ASS (absetzbare Stoffe) und AFS (abfiltrierbare Stoffe). Herkunftsbereiche sind vor allem Oberflächen mit Bautätigkeit oder landwirtschaftlich genutzte Flächen - aber auch die Atmosphäre (Stäube). Näher zu betrachten sind vor allem feinstpartikuläre Stoffe (Parameter: AFS), da sie im Vergleich zu den größeren Kornfraktionen verstärkt Schadstoffe (u. a. Schwermetalle, PAK) anlagern.

Das Gefährdungspotenzial der Feststoffe für die Gewässer lässt sich wie folgt charakterisieren:

- Verstopfung des Lückensystems der Gewässersohle (Interstitial), insbesondere in strömungsberuhigten Bereichen ⇒ Verschlechterung der Sauerstoff- und Nährstoffversorgung der im Interstitial lebenden Organismen
- Bei feinstpartikulären Feststoffen: Anlagerung von Schadstoffen (s. o.), Akkumulation an der Gewässersohle ⇒ Schädigung aquatischer Organismen ⇒ Nahrungskreislauf

Sauerstoffzehrende Substanzen: hierunter werden organische Substanzen gefasst, die sowohl in gelöster als auch in partikulärer Form vorkommen können. Die zur Quantifizierung verwendbaren Parameter sind der BSB (biochemischer Sauerstoffbedarf), BOD (biochemical oxygen demand), CSB (chemischer Sauerstoffbedarf) und TOC (total organic carbon).

Beim biologischen Abbau organischer Substanzen wird Sauerstoff verbraucht (Sauerstoffzehrung). Im NW-Abfluss entstammen sie vorwiegend Flächen mit Vegetation (Grünanlagen, Gärten) und Marktflächen. Aber auch tierische Exkremate auf Verkehrsflächen spielen eine Rolle.

Das Gefährdungspotenzial sauerstoffzehrender Substanzen für Gewässer liegt in einer akuten oder verzögerten Beeinträchtigung des Sauerstoffhaushaltes ⇒ Einschränkung der Lebensbedingungen aquatischer Organismen und Verschlechterung des Selbstreinigungsvermögens eines Gewässers.

Nährstoffe: relevant sind Phosphor- und Stickstoffverbindungen. Sie entstammen vor allem landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Flächen (Düngemittel), Marktplätzen (Planzen- und Lebensmittelreste) oder aber tierischen Exkrementen.

Das Gefährdungspotenzial der Nährstoffe für die Gewässer liegt zum einen in ihrer eutrophierenden Wirkung. Besonderes Augenmerk ist aber auch auf Ammonium-Stickstoff ($\text{NH}_4\text{-N}$) zu legen, da es in Abhängigkeit von pH-Wert und der Wassertemperatur zum fischtoxischen Ammoniak dissoziieren kann. Im NW-Abfluss kommunaler Trennsysteme entstammt Ammonium vorwiegend tierischen Ausscheidungen [MUNLV NRW, 2003].

Schadstoffe: das Gefährdungspotenzial von Schadstoffen liegt in ihrer toxischen Wirkung. Aufgrund ihrer besonderen Bedeutung für die Schadstoffbelastung, werden Verkehrs- und Dachflächen weiter unten näher betrachtet.

Schadstoffe lassen sich gliedern in

- *anorganische* Schadstoffe (z. B. Schwermetalle) und
- *organische* Schadstoffe (z. B. Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW), PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) und AOX (adsorbierbare organische Halogenverbindungen)).

Schwermetalle finden sich vor allem im NW-Abfluss von Verkehrsflächen (vgl. Tabelle 3-1) sowie von Dach- bzw. Fassadenflächen (je nach Material erhöhte Kupfer-, Zink- und Bleikonzentrationen). MKW sind Bestandteile des Erdöls und gelangen insbesondere durch Tropfverluste von Kraftstoffen, Schmiermitteln und Öl auf Verkehrs- und Hofflächen in das Niederschlagswasser. Die Messung der MKW konnte bis zum Jahr 2005 nach der DEV-H18-Methode [DIN 38409, 1981] durchgeführt werden. Dabei wurden die MKW mit einem fluorhaltigen Mittel extrahiert und die Detektion erfolgte mit einem Infrarotspektrometer. Da der Einsatz fluorhaltiger Extraktionsmittel aus Sicht des Umweltschutzes bedenklich ist, wurde etwa ab 2001 als Ersatz der Kohlenwasserstoff-Index eingeführt. Die neue Methode (DEV-H-53-Methode [ISO 9377-1+2, 2000]) verwendet zur Detektion die

Gaschromatographie. Die Ergebnisse dieser Methode sind aus analytischer Sicht leider nicht direkt mit den Ergebnissen der DEV-H-18-Methode vergleichbar [Welker und Harting, 2007].

PAK kommen natürlicherweise im Erdöl und in der Kohle vor. Außerdem entstehen sie bei unvollständigen Verbrennungsprozessen aus praktisch allen organischen Stoffen. Daher werden PAK hauptsächlich über den Luftpfad in die Gewässer sowie diffus z. B. über Altlasten eingetragen. Aufgrund ihrer geringen Flüchtigkeit und Wasserlöslichkeit sind sie vorwiegend an Feststoffpartikel gebunden.

AOX stammen u. a. aus Löse-, Verdünnungs-, Extraktions- und Feuerlöschmitteln.

Krankheitserreger: hierunter werden Bakterien und Viren gefasst. Sie beeinträchtigen die Nutzbarkeit von Gewässern (z. B. Trinkwassergewinnung, Baden, Wassersport). Typischerweise entstammt NW-Abfluss mit Krankheitserregern landwirtschaftlich genutzten Flächen (Güllewirtschaft, Viehweidebetrieb), tierischen Exkrementen auf z. B. Verkehrsflächen, sowie Fehllanschlüssen von Schmutz- bzw. Mischwasser an die Regenwasserkanalisation.

3.1.1 Belastung des NW-Abflusses von Verkehrsflächen

Die stoffliche Belastung des NW-Abflusses von Verkehrsflächen ist abhängig von verschiedenen Faktoren, wie z. B. der Verkehrsbelastung, der Dauer von Trockenperioden, der Art, Dauer und Intensität von Niederschlägen, der Windverdriftung sowie dem Stand der Motorentechnik. Typische Schadstoffe im NW-Abfluss von Verkehrsflächen und ihre Quellen sind in Tabelle 3-1 zusammen gestellt.

Tabelle 3-1: *Typische Schadstoffe im NW-Abfluss von Verkehrsflächen [Leisse, 2008]*

Stoffe	Stoffquellen
Anorganische Stoffe	
Zink (Zn)	Reifenabrieb, Abrieb von Bremsbelägen, Abgase, Korrosionsverluste von Kfz, Verkehrsschilder und Leitplanken
Kupfer (Cu)	Reifenabrieb, Abrieb von Bremsbelägen, Abgase, Korrosionsverluste von Kfz
Blei (Pb)	Tropfverluste von Kraftstoffen, Abgase, Fahrbahnabrieb
Nickel (Ni)	Abrieb von Bremsbelägen, Fahrbahnabrieb, Katalysatoren, Korrosionsverluste von Kfz
Chrom (Cr)	Reifenabrieb, Abrieb von Bremsbelägen, Fahrbahnabrieb
Cadmium (Cd)	Reifenabrieb, Korrosionsverluste von Kfz
Platin (Pt)	Katalysatoren
Organische Stoffe	
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)	Reifenabrieb, Abgase (Rückstände einer unvollständigen Verbrennung), Fahrbahnabrieb
Kohlenwasserstoffe	Tropfverluste von Motorölen, Kraftstoffen und Frostschutzmitteln, Abgase, Verdampfungsverluste

Zur Charakterisierung der stofflichen Belastung von Verkehrsflächen wird bislang i. d. R. die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke [Kfz/Tag] verwendet, da davon ausgegangen wird, dass der Grad der Flächenverschmutzung mit der Intensität der verkehrlichen Nutzung zunimmt. Allerdings ist eine differenziertere Betrachtung erforderlich. So zeigt Tabelle 3-2, dass die Belastung des NW-Abflusses von Straßen mit DTV = 2.000 - 15.000 [Kfz/d] deutlich größer sein kann als bei einer Kfz-

Belastung von > 15.000 Kfz/d und verdeutlicht damit, dass die Stoffbelastung der Straßenabflüssen nicht allein von der Verkehrsstärke abhängig ist.

Tabelle 3-2: Schwermetallkonzentrationen im NW-Abfluss von Straßen in Abhängigkeit von der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) [UBA, 2004]

Schwermetall	Schwermetallkonzentration [µg/l]		
	DTV < 2.000 [Kfz/d]	DTV = 2.000 - 15.000 [Kfz/d]	DTV > 15.000 [Kfz/d]
Zn	56 - 166	202 - 603	236 - 242
Cu	8,8-76	17 - 136	109 - 143
Pb	27-122	22 - 3611	200 - 203
Cd	1,3-1,9	0,7 - 6,4	1,4 - 2
Cr	9,6	8,3 - 24	11

Darüber hinaus spielt aber auch eine Rolle, in welchem Umfang der Verkehrsfluss gestört wird und Abbrems- und Beschleunigungsvorgänge stattfinden, die u. a. eine erhöhte Schwermetall-Emission bewirken. Untersuchungen des Umweltbundesamtes haben ergeben, dass mit 99,5 % nahezu die gesamte Emission von Kupfer und 77 % der Blei-Emission im NW-Abfluss von Verkehrsflächen aus dem Abrieb von Bremsbelägen stammt; bei Zink ist der Reifenabrieb mit 78 % die wichtigste Emissionsquelle [UBA, 2005].

Mögliche Kriterien zur Beurteilung verkehrlicher Störungen können z. B. die Anzahl von Kreuzungen mit bzw. ohne Ampelanlagen, die Zahl der Fußgängerüberwege und der Parkmöglichkeiten entlang einer Straße sein. Ebenso trägt eine erhöhte Staugefahr zu höheren Schadstoffkonzentrationen bei. Auch in Steigungsstrecken sowie bei stärkerem LKW-Verkehr ist von einer erhöhten Belastung des NW-Abflusses auszugehen.

Im Zeitraum von Oktober bis April belasten Tausalzeinträge das Niederschlagswasser. Verwendet wird i. d. R. vergälltes Natriumchlorid. Es wird bei Glättebildung in einer Menge zwischen 10-40 g/m² ausgebracht und führt zu einer Mobilisierung von Cadmium und Zink [DBU, 2005].

Tabelle 3-3 zeigt, dass sich die Belastungen des NW-Abflusses von Parkplätzen und Hauptstraßen bzgl. mancher Stoffparameter etwa entsprechen können. Eine der maßgebenden Größen zur Beurteilung des Schmutzstoffpotenzials von Parkplätzen ist die Umschlagszahl, die z. B. bei stark frequentierten Supermärkten hoch sein kann und im Einzelfall durch Zählung zu ermitteln ist.

Tabelle 3-3: Konzentrationen relevanter stofflicher Parameter im Niederschlag sowie im NW-Abfluss von Parkplätzen und Hauptstraßen [nach Zusammenstellung von Dierkes, 2006]

Parameter	Einheit	Niederschlag	NW-Abfluss von Parkplatz	NW-Abfluss von Hauptstraße
AFS	mg/l	12	150	163
BSB ₅	mg/l	2	11	11
CSB	mg/l	19	70	105
Cd	µg/l	0,7	1,2	1,9
Zn	µg/l	80	400	407
Cu	µg/l	11	80	97
Pb	µg/l	9	137	170
PAK	µg/l	0,39	3,5	1,65

MKW	mg/l	0,38	0,16	4,17
-----	------	------	------	------

3.1.2 Belastung des NW-Abflusses von metallischen Dachflächen

Während Niederschlagswasser von Dachflächen mit den üblichen Anteilen aus unbeschichteten Metallen (Regenrinnen, Fallrohre, Verkleidungsblech, etc.) in Wohn- oder Gewerbegebieten unter Kategorie I oder II eingeordnet werden, macht der Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] keine näheren Angaben bezüglich der Einordnung metallisch gedeckter Dachflächen.

NW-Abflüsse von Metalldächern können hohe Konzentrationen der verwendeten Metalle Kupfer, Zink und Blei aufweisen. In Abhängigkeit vom pH-Wert und dem Gehalt an gelöster organischer Substanz, liegen die Metalle entweder gelöst vor oder sind adsorbiert an Partikel [UBA, 2005]. Niedrige pH-Werte des Niederschlagswassers begünstigen die Metall-Abschwemmung. Desweiteren werden die Abschwemmraten durch Faktoren wie z. B. Luftfeuchte, Schwefeldioxidgehalt, Wind- und Himmelsrichtung bestimmt [Anselm et al., 1998; Athanasiadis, 2005]. Die Abtragsraten von Metalldächern werden für Kupfer mit 1,1-1,8 g/(m² a), für Zink mit 2,1-4,2 g/(m² a) und für Blei mit 1,0-4,3 g/(m² a) angegeben [UBA, 2005]. Die Patina, die sich im Zuge der Korrosion auf den Metalloberflächen bildet, begrenzt den Abtrag der Metalle:

- Kupfer: den Witterungseinflüssen ausgesetzt bildet sich auf Kupferdeckungen zunächst dunkelbraunes Kupfer(I)oxid (Cu₂O), das weitere Korrosion verhindert. Die Bildung der Patina beginnt, je nach klimatischen Verhältnissen, nach ca. 4 -12 Jahren. Je nach atmosphärischen Zusammensetzung besteht die Patina aus basischem Kupfersulfat, in Meeresnähe aus basischem Kupferchlorid oder in Land- und Gebirgsluft aus basischem Kupferkarbonat [Härig et al., 2003]. Mit der Zeit verbleiben ca. 75 - 80% der Korrosionsprodukte auf dem Dach in der Patina [Faller und Richner, 1998].
- Zink: auch Zink bildet bei Bewitterung eine Patina. Sie besteht vorwiegend aus Zinkoxid (ZnO) und Zinkkarbonat (ZnCO₃*Zn(OH)₂) [Härig et al., 2003]. Bei Zink verbleiben ca. 30 - 40 % der Korrosionsprodukte in der Patina [Faller und Richner, 1998].
- Blei: ist unter Bewitterungseinfluss durch die Bildung einer Oxidschicht und die sich anschließende wasserunlösliche Bleikarbonatbildung (PbCO₃) unbegrenzt haltbar [Härig et al., 2003]. Auch hier begrenzt die Patina den Metallabtrag.

3.2 Rechtsnormen und technische Regelwerke

Die für NRW relevanten rechtlichen Vorgaben und technischen Regelungen für die NW-Behandlung in Trennsystemen sind in Tabelle 3-4 zusammengestellt.

Tabelle 3-4: Rechtsnormen und technische Regelwerke für die NW-Behandlung in Trennsystemen in NRW

Europäisches Recht	■ Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)
Bundesrecht	■ Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ■ Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) ■ Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)
Landesrecht NRW	■ Landeswassergesetz NRW (LWG) ■ Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren [MUNLV NRW, 2004]
Kommunales Recht	■ Satzungsrecht der öffentlich –rechtlichen Entsorgungsträger
Technische Richtlinien und Regelwerke	■ DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser [DWA, 2005a] ■ DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser [DWA,

	2007] ■ RAS-Ew: Richtlinie für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung [FSGV, 2005] ■ RiStWag: Richtlinie für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten [FSGV, 2002]
--	---

3.2.1 Europäisches Recht: Wasserrahmenrichtlinie

Mit der Einführung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL; EG 2000) Ende des Jahres 2000 wurde innerhalb der Europäischen Union erstmals eine einheitliche und länderübergreifende Bewirtschaftung der Gewässer beschlossen. Die WRRL verankert eine neue Sichtweise, in der Gewässer mit ihrem Einzugsgebiet eine ökologische Einheit bilden. Zur Umsetzung der Richtlinie sind Maßnahmenprogramme zu erstellen, die nach Art. 4 der WRRL u. a. folgende, für die NW-Beseitigung relevante Umweltziele verfolgen sollen:

- Für Oberflächengewässer und Grundwasser: Verhinderung einer Zustandsverschlechterung
- Für Oberflächengewässer: Erreichung eines guten ökologischen Zustands bzw. guten ökologischen Potenzials und eines guten chemischen Zustands.
- Für Grundwasser: Erreichung eines guten mengenmäßigen und eines guten chemischen Zustands.
- Prioritär gefährliche Stoffe (Tabelle 3-5): Beendigung bzw. schrittweise Einstellung der Einträge in die Gewässer.
- Prioritäre Stoffe (Tabelle 3-5): Schrittweise Reduzierung der Einträge dieser Stoffe in die Gewässer.

Tabelle 3-5: Liste der 33 prioritären bzw. prioritär gefährlichen Stoffe gem. Anhang X WRRL (Festlegung gem. [EG, 2001])

<i>Prioritär gefährliche Stoffe</i>	<i>Prioritär gefährliche Stoffe zur Prüfung *)</i>	<i>Prioritäre Stoffe</i>
<ul style="list-style-type: none"> ■ Bromierte Diphenylether ■ Cadmium (und seine Verbindungen) ■ C₁₀₋₁₃ –Chloralkane ■ Hexachlorbenzol ■ Hexachlorbutadien ■ Hexachlorcyclohexan ■ Quecksilber (und seine Verbindungen) ■ Nonylphenole ■ PAK ■ Pentachlorbenzol ■ Tributylzinnverbindungen 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Anthracen ■ Atrazin ■ Chlorpyrifos ■ Diethylhexylphtalat (DEHP) ■ Diuron ■ Endosulfan ■ Isoproturon ■ Blei (und seine Verbindungen) ■ Naphthalin ■ Octylphenole ■ Pentachlorphenol ■ Simanzin ■ Trichlorbenzole ■ Trifluralin 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Alachlor ■ Benzol ■ Chlorfenvinphos ■ Dichlormethan ■ 1,2-Dichlorethan ■ Fluoranthen ■ Nickel (und seine Verbindungen) ■ Trichlormethan

*) : Substanzen, für die zu prüfen ist, ob sie als „prioritär“ oder „prioritär gefährlich“ einzustufen sind

3.2.2 Bundesrecht

3.2.2.1 Wasserhaushaltsgesetz des Bundes

Gem. § 2 WHG ist für eine Gewässerbenutzung eine behördliche Bewilligung oder Erlaubnis erforderlich. Gewässerbenutzungen durch NW-Einleitungen fallen nach § 3 WHG unter die Be-

nutzungstatbestände „Einleiten von Stoffen in oberirdische Gewässer“ sowie „Einleiten von Stoffen in das Grundwasser“.

Nach § 7a WHG darf eine Erlaubnis für das Einleiten von Abwasser (Niederschlagswasser ist Abwasser i. S. des § 51 (1) LWG NRW) nur dann erteilt werden, „wenn die Schadstofffracht des Abwassers so gering gehalten wird, wie dies bei Einhaltung der jeweils in Betracht kommenden Verfahren nach dem Stand der Technik möglich ist“. Eine Bewilligung für das Einleiten von Abwasser darf gem. § 8 WHG nicht erteilt werden.

Nach § 18b WHG sind Abwasseranlagen „so zu errichten und zu betreiben, dass die Anforderungen an das Einleiten von Abwasser insbesondere nach § 7a WHG eingehalten werden“.

§ 25a WHG legt u. a. fest, dass oberirdische Gewässer so zu bewirtschaften sind, dass ein guter ökologischer und chemischer Zustand erhalten bleibt oder erreicht wird und eine nachteilige Veränderung vermieden wird (vgl. WRRL). Gleiches gilt für das Grundwasser, das nach § 33a WHG so zu bewirtschaften ist, dass ein guter mengenmäßiger und chemischer Zustand erhalten bleibt oder erreicht wird, eine nachteilige Veränderung vermieden und ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung gewährleistet ist.

3.2.2.2 Bundes-Bodenschutzgesetz

Ziel des Bundes-Bodenschutzgesetzes (BBodSchG) ist es, die Bodenfunktionen nachhaltig zu sichern oder wieder herzustellen. Nach § 1 BBodSchG sind hierzu schädliche Bodenveränderungen abzuwehren, der Boden und Altlasten sowie hierdurch verursachte Gewässerverunreinigungen zu sanieren und Vorsorge gegen nachteilige Einwirkungen auf den Boden zu treffen.

Bei einer geplanten Versickerung belasteten Niederschlagswassers ist das BBodSchG sowie das untergesetzliche Regelwerk zu berücksichtigen.

3.2.2.3 Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung

Die Anforderungen des BBodSchG werden durch die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) konkretisiert. Niederschlagswasser, das über Versickerungsanlagen in das Grundwasser eingeleitet wird, darf hinsichtlich seiner stofflichen Belastung bestimmte Werte nicht überschreiten. Dieses gilt insbesondere für Niederschlagswasser, das in der Schutzzone III eines Wasserschutzgebietes versickert wird. Einleitungen in das Grundwasser in Schutzgebieten der Zonen I und II sind i.d.R. unzulässig.

Die Verordnung gibt Prüfwerte vor, die Maßstab für zulässige Stoffkonzentrationen im zu versickernden Niederschlagswasser sind und definiert Methoden zur Bestimmung dieser Konzentrationen. Bei der Anwendung der Prüfwerte ist zu berücksichtigen, dass die belebte Bodenzone, der Flurabstand und Inhomogenitäten des Bodens die stofflichen Eigenschaften des Sickerwassers verändern können. Tabelle 3-6 stellt die für die vorliegende Untersuchung relevanten Prüfwerte zusammen.

Tabelle 3-6: Prüfwerte ausgewählter Stoffe zur Beurteilung des Wirkungspfades Boden-Grundwasser nach § 8 (1) S. 2 Nr. BBodSchV

Anorganische Stoffe	Prüfwert [µg/l]
Cadmium	5
Zink	500
Kupfer	50
Blei	25
Nickel	50

Chrom	50
Organische Stoffe	
MKW	200
PAK	0,20

3.2.3 Landesrecht

3.2.3.1 Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen

Im Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen (LWG NRW) sind die durch WRRL und WHG vorgegebenen Anforderungen und Ziele landesspezifisch konkretisiert:

- § 51a LWG NRW „Beseitigung von Niederschlagswasser“: die dezentrale Versickerung oder ortsnahe Einleitung ist die Regelanforderung bei der erstmaligen Bebauung von Grundstücken. Einzelheiten werden in einem Runderlass des MUNLV NRW konkretisiert (Kapitel 3.2.3.2).
- § 53 LWG NRW „Pflicht zur Abwasserbeseitigung“ (zu § 18 a WHG): Gem. § 53 (1) Nr. 7 haben die Gemeinden der zuständigen Behörde im 6-jährigen Turnus ein Abwasserbeseitigungskonzept (ABK) vorzulegen. Nach § 53 (1b) soll das ABK auch Aussagen über die Beseitigung des Niederschlagswassers enthalten („Niederschlagsentwässerungskonzept“) und Auswirkungen auf die bestehende Entwässerungssituation und die Gewässer darstellen. Zur Erreichung der Bewirtschaftungsziele gem. § 2 LWG NRW sowie der sich gem. §§ 2d und 2e LWG NRW aus einem Maßnahmenprogramm ergebenden Ziele kann die zuständige Behörde Fristen setzen, wenn die Gemeinde ohne zwingenden Grund die Durchführung von im ABK vorgesehenen Maßnahmen verzögert.
- § 57 LWG NRW „Bau und Betrieb von Abwasseranlagen“ (zu § 18 b WHG): § 57 (1) legt fest, dass für die Errichtung und den Betrieb von Abwasseranlagen die jeweils in Betracht kommenden R. d. T. einzuhalten sind. Dies sind insbesondere die technischen Bestimmungen für den Bau, den Betrieb und die Unterhaltung von Abwasseranlagen, die von der obersten Wasserbehörde (MUNLV NRW) durch Bekanntgabe im Ministerialblatt eingeführt werden. Für die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren wurden Anforderungen zur Schadstoffminderung im „Trennsystemerlass“ (Kapitel 3.2.3.3) als a. a. R. d. T. definiert. Ferner sind gem. § 57 (3) Abwasserbehandlungsanlagen nach den hierfür jeweils in Betracht kommenden R. d. T. so zu errichten, zu betreiben und zu unterhalten, dass sie geeignet sind, die in der Erlaubnis zur Einleitung oder in der Genehmigung zur Indirekteinleitung festgelegten Werte, mindestens jedoch die in den a. a. R. d. T. entsprechenden Werte im Ablauf einzuhalten.

3.2.3.2 Runderlass des MUNLV NRW zum § 51a LWG NRW

Der RdErl. „Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes“ [MUNLV NRW, 1998] konkretisiert die Anforderung des LWG, bei erstmaliger Bebauung von Grundstücken das Niederschlagswasser dezentral zu versickern oder ortsnah einzuleiten. Hinsichtlich der Anforderung an eine ortsnahe Einleitung wird auf den Trennsystemerlass verwiesen (Kapitel 3.2.3.3).

Für die Versickerung unterteilt der Erlass das NW in Abhängigkeit des Verschmutzungsgrades in unbelastetes (= unverschmutztes) NW, schwach belastetes (= gering verschmutztes) NW und stark belastetes (= stark verschmutztes) NW. Diese Unterteilung entspricht der Kategorisierung des Trennsystemerlasses. Außerhalb von Wasserschutzgebieten sieht der Erlass in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad des NW unterschiedliche Versickerungsverfahren vor (Tabelle 3-7).

In Wasserschutzgebieten gelten für die Beseitigung von NW die besonderen Anforderungen in den jeweiligen Wasserschutzgebietsverordnungen. Soweit Wassergewinnungsgebiete nicht förmlich unter Schutz gestellt sind oder entsprechende Bestimmungen zur ortsnahen Beseitigung von NW

fehlen, ist die besondere Schutzwürdigkeit des Gebietes zu beachten. Dies schließt regelmäßig den Einsatz von punktuellen Versickerungsanlagen aus. Innerhalb eines Bereiches mit einer Fließzeit von kleiner als 50 Tagen bis zur Fassungsanlage ist zum Schutz der öffentlichen Wasserversorgung generell von einer Versickerung abzusehen [MUNLV NRW, 1998].

Tabelle 3-7: Beseitigung des Niederschlagswassers durch Versickern außerhalb von Wasserschutzgebieten [MUNLV NRW, 1998]

Verfahren	Beseitigung von unverschmutztem Niederschlagswasser	Beseitigung von gering verschmutztem Niederschlagswasser	Beseitigung von stark verschmutztem Niederschlagswasser
Großflächige Versickerung über die belebte Bodenzone	ja	ja	nur ausnahmsweise statthaft ¹
Flächenversickerung	ja	ja	nein
Versickern in einer oberirdischen Versickerungsanlage (Versickerungsbecken) mit mindestens 20 cm starker belebter Bodenzone	ja	ja	nur ausnahmsweise statthaft ¹
Muldenversickerung Mulden-Rigolen-Versickerung	ja	ja, mit jeweils mindestens 20 cm starker belebter Bodenzone (ohne Schächte, Überläufe o.a.)	nur ausnahmsweise statthaft ¹ , mit jeweils mindestens 20 cm starker belebter Bodenzone (ohne Schächte, Überläufe o.a.)
Rigolen- und Rohrversickerung, Schachtversickerung	ja	ja	nein

¹Die Beseitigung von stark verschmutztem Niederschlagswasser hat durch Sammeln und Ableiten zu einer Behandlungsanlage zu erfolgen. Eine Versickerung ist nur ausnahmsweise und unter Vorschaltung von Anlagen zur Minimierung des Schadstoffeintrags (Sedimentfang, Filterbecken) statthaft bei:

- befestigten Gleisanlagen (ohne Güterumschlag und ohne Pestizideinsatz),
- Hauptverkehrsstraßen und Fernstraßen außerörtlich,
- Start- und Landebahnen mit Winterbetrieb, sofern eine geeignete Vorbehandlung stattfindet.

3.2.3.3 Runderlass „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ des MUNLV NRW

Mit dem RdErl. „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ („Trennsystemerlass“) [MUNLV NRW, 2004; R. d. T. im Sinne des § 57 (1) LWG NRW] hat das MUNLV NRW die Anforderungen zur Schadstoffminimierung bei der NW-Behandlung überarbeitet und den bis dahin geltenden, gleichnamigen RdErl. aus dem Jahr 1988 fortentwickelt [MUNLV NRW, 1988]. Der Trennsystemerlass 1988 sah lediglich eine Behandlung des NW-Abflusses von befestigten Flächen in Gewerbe-, Industrie- und Mischgebieten vor. NW-Abflüsse aus Wohngebieten bedurften keiner Behandlung, für Straßenabflüsse fehlten eindeutige Regelungen.

Mit dem Trennsystemerlass 2004 wurde eine präzisere Zuordnung nach Herkunftsbereichen eingeführt. Die Beurteilung der Behandlungsbedürftigkeit des Niederschlagswassers erfolgt in Abhängigkeit vom Verschmutzungsgrad der an die Einleitungsstelle angeschlossenen Flächen. Dies gilt sowohl für Gewerbe-, Industrie- und Mischflächen als auch für Wohngebiete und Straßenflächen. Der Trennsystemerlass ist damit weiterhin eine Emissionsnorm, die unabhängig von der Gewässerbelastbarkeit einzuhalten ist.

Bezüglich der Verschmutzung des NW-Abflusses geht der Trennsystemerlass von folgenden Stoffgruppen aus, auf die in Kapitel 3.1 ausführlicher eingegangen wird:

- Mineralölkohlenwasserstoffe
- Gelöste und partikuläre sauerstoffzehrende Substanzen, Nährstoffe
- Gelöste und partikuläre Schwermetalle, organische Schadstoffe

Die NW-Abflüsse werden abhängig von ihren Herkunftsbereichen in 3 (Belastungs)kategorien unterteilt – wobei in begründeten Einzelfällen eine vom Herkunftsbereich abweichende Einstufung erfolgen kann:

Kategorie I – unbelastetes NW (Tabelle 3-8)

Hierzu zählen Flächen auf denen keine erhebliche Stoffbelastung zu erwarten ist - Tabelle 3-8 enthält daher keine Eintragungen. Das von diesen Flächen abfließende NW wird als unbelastet (= unverschmutzt) eingestuft; eine Vorbehandlung des NW's ist daher grundsätzlich nicht erforderlich.

Tabelle 3-8: Unbelastetes NW (Kategorie I) gem. Trennsystemerlass, Anlage 1

Herkunftsbereich des NW-Abflusses	Art der zu erwartenden Belastung				
	MKW	sauerstoffzehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Kategorie I: Unbelastetes (= unverschmutztes) Niederschlagswasser					
Fuß-, Rad- und Wohnwege					
Sport- und Freizeitanlagen					
Hofflächen (ohne Kfz-Verkehr) in Wohngebieten, wenn Fahrzeugwaschen dort unzulässig					
Dachflächen in Wohn- und Mischgebieten (keine Metaldächer)					
Garagenzufahrten bei Einzelhausbebauung					

Kategorie II – schwach belastetes NW (Tabelle 3-9)

Die Kategorie II umfasst Flächen, bei denen von einer nicht tolerierbaren Verschmutzung des NW's ausgegangen wird und daher der Einleitung in ein oberirdisches Gewässer oder der Versickerung eine Maßnahme zur NW-Behandlung vorzuschalten ist. Die unter Kategorie II fallenden Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten lassen sich nicht pauschal bewerten. Die Stoffbelastung im NW-Abfluss dieser Flächen ist nach branchen-, orts- und nutzungsspezifischen Gesichtspunkten im Einzelfall zu prüfen.

Marktplätze und Einkaufsstraßen werden ebenfalls unter Kategorie II eingeordnet und weisen einen geringen bis mittleren Grad an sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen, wie Phosphate und Stickstoffverbindungen, im NW auf.

Landwirtschaftlich genutzte Hofflächen, Start- und Landebahnen von Flughäfen (ohne Winterbetrieb) sowie Verkehrsflächen sind sowohl unter Kategorie II, als auch unter Kategorie III (s. u.) eingeordnet. Allerdings ist der jeweils zugeordnete Belastungsgrad durch Schmutzstoffe in Kategorie II geringer als in Kategorie III, denn die Frequentierung der Flächen wird unter Kategorie II deutlich niedriger angesetzt.

*Tabelle 3-9: Schwach belastetes NW (Kategorie II) gem. Trennsystemerlass, Anlage 1
(mit: Grad der Belastung: + gering; ++ mittel; +++ hoch)*

Herkunftsbereich des NW-Abflusses	Art der zu erwartenden Belastung				
	MKW	sauerstoffzehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Kategorie II: Schwach belastetes (= gering verschmutztes) Niederschlagswasser					
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 vorliegen	+			+	
Zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen	++			+	
Einkaufsstraßen, Marktplätze, Flächen, auf denen Freiluftveranstaltungen stattfinden		++	+		
Hof- und Verkehrsflächen in Mischgebieten, Gewerbe- und Industriegebieten mit geringem Kfz-Verkehr, keinem Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und keinen sonstigen Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität	++			+	+
Landwirtschaftliche Hofflächen, soweit nicht unter Kategorie III aufgeführt	+	+	+		
Start- und Landebahnen von Flughäfen ohne Winterbetrieb (Enteisung)					+

Für schwach belastetes NW der Kategorie II kann in Ausnahmefällen von einer zentralen Behandlung des NW's abgesehen werden. Voraussetzungen für diese Ausnahmeregelung ist gem. Trennsystemerlass, Ziffer 2.2, dass aufgrund der Flächennutzung nur mit einer unerheblichen Belastung durch sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe und einer geringen Belastung durch Schwermetalle und organische Schadstoffe gerechnet werden muss oder wenn eine vergleichbare dezentrale Behandlung erfolgt. Dies gilt im Allgemeinen für:

- Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten
- Befestigte Flächen mit schwachem Kfz-Verkehr (fließend oder ruhend), z. B. Wohnstraßen mit Park- und Stellplätzen; Zufahrten zu Sammelgaragen; sonstige Parkplätze, soweit nicht die Voraussetzungen der Kategorie III der Anlage 1 des Trennsystemerlasses vorliegen.
- Zwischengemeindliche Straßen- und Wegeverbindungen mit geringem Verkehrsaufkommen sowie
- Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten
 - Mit geringem Kfz-Verkehr (fließend oder ruhend)
 - Mit geringem LKW-Anteil
 - Ohne abflusswirksame LKW-Parkplätze
 - Ohne abflusswirksame Lagerflächen
 - Ohne abflusswirksame Flächen der Kategorie III der Anlage 1 des Trennsystemerlasses
 - Ohne Produktionsbetriebe
 - Ohne Umgang mit wassergefährdenden Stoffen
 - Ohne sonstige Beeinträchtigungen der Niederschlagswasserqualität

Nur wenn alle Kriterien erfüllt sind, kann die Ausnahmeregelung Anwendung finden und auf eine NW-Behandlung verzichtet werden.

Kategorie III – stark belastetes NW (Tabelle 3-10)

Tabelle 3-10: Stark belastetes NW (Kategorie III) gem. Trennsystemerlass, Anlage 1
(mit: Grad der Belastung: + gering ; ++ mittel ; +++ hoch)

Herkunftsbereich des NW-Abflusses	Art der zu erwartenden Belastung				
	MKW	sauerstoffzehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Kategorie III: Stark belastetes (= stark verschmutztes) Niederschlagswasser					
Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen i. S. des § 19 g (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 unter den Kategorien II und III aufgeführten landwirtschaftlich genutzten Flächen (Hofflächen), auf denen Jauche und Gülle, Stallungen oder Silagen sowie große Tieransammlungen vorhanden sind, weisen nutzungsspezifische Schmutzstoffe im Abfluss auf. Durch Motorwäschen und Ölwechsel an Landmaschinen kommt es zu einer Belastung durch Tropfverluste. Bei der Entsorgung der Restbrühen von chemischen Pflanzenschutzmitteln und Düngemitteln können verschiedene Pestizide in das NW gelangen [DWA, 2005a]. Hierzu zählen insbesondere *Insektizide*, *Herbizide* und *Fungizide*. Zu den wichtigsten Insektiziden zählen bestimmte chlorierte Kohlenwasserstoffe und organische Kohlenstoffverbindungen. Des Weiteren weisen diese Flächen einen hohen Belastungsgrad an sauerstoffzehrenden Substanzen und Nährstoffen durch Tierexkremate auf. Es handelt sich vorwiegend um Phosphate (z. B. Ortho-Phosphat (PO_4^{3-})) und Stickstoffverbindungen (Ammonium (NH_4^+) und Nitrat (NO_3^-)), die als Produkte des Abbaus durch Mikroorganismen entstehen. Diese anorganischen Inhaltsstoffe im NW können zu einer Eutrophierung der Gewässer führen und wirken teilweise toxisch [Hoinkes und Lindner, 2007].

Flächen, auf denen mit wassergefährdenden Stoffen umgegangen wird, weisen in allen drei Stoffgruppen hohe Belastungsgrade auf. Der NW-Abfluss dieser Flächen muss nach einer entsprechenden Behandlung in das Kanalnetz eingeleitet werden [DWA, 2005a]. Die jeweilige Belastung der Fläche ist nach branchen-, orts- und nutzungsspezifischen Gesichtspunkten im Einzelfall zu prüfen.

Die unter Kategorie II und III fallenden Start- und Landebahnen von Flughäfen weisen im wesentlichen die gleichen Belastungen wie Verkehrsflächen auf. Die Stoffquellen sind Flugzeugabgase, Abriebe der Reifen sowie der Oberflächen der Start- und Landebahnen. Auf den Flugzeugpositionsflächen kommen Tropfverluste von Treibstoffen sowie Enteisungsmitteln hinzu. Für den Winterbetrieb (unter Kategorie III) sind Einzelfallentscheidungen nötig, denn die verwendeten Enteisungsmittel sind unterschiedlich umweltbelastend [DWA, 2005a].

Die Sonderflächen sind pauschal nicht zu bewerten. Die Schmutzstoffbelastung im NW dieser Flächen ist nach branchen-, orts- und nutzungsspezifischen Gesichtspunkten im Einzelfall zu prüfen und auch von der gesamten großräumigen Belastungssituation abhängig.

Stark belastetes NW muss grundsätzlich gesammelt, abgeleitet und einer Abwasserbehandlung zugeführt werden. Eine Versickerung ist nur ausnahmsweise unter den Bedingungen der Ziffern 14.3 und 15 des Runderlasses „Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51 LWG NRW“ (vgl. Kap. 3.2.3.3) nach Vorbehandlung gem. Trennsystemerlass statthaft.

3.2.4 Kommunales Recht

Die Abwasserentsorgung ist i. d. R. Aufgabe der Kommunen oder wasserwirtschaftlicher Verbände. Zur Deckung der anfallenden Kosten werden Gebühren und Beiträge erhoben. Ihre Höhe sowie der Anschluss- und Benutzungszwang ist in der örtlichen Entwässerungssatzung geregelt.

3.2.5 Technische Regelwerke

3.2.5.1 DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser

Das DWA-M 153 (DWA, 2007) gibt Empfehlungen zur NW-Behandlung in Trennsystemen und modifizierten Entwässerungssystemen. Die Klassifikation der Verschmutzung des NW-Abflusses wird abgeleitet aus der Vorbelastung des Niederschlages infolge Luftverschmutzung und aus der Belastung des NW-Abflusses infolge der Nutzung oder des Materials der abflusswirksamen Flächen.

Im Gegensatz zum Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] bezieht das Merkblatt das Schutzbedürfnis des Gewässers, in welches eingeleitet wird, in die Betrachtung ein. Ziel ist, die Emission dem Schutzbedürfnis des Gewässers anzupassen. Folgende Bedingung ist einzuhalten:

$$E \leq G$$

mit:

E [-]: Emissionswert

G [-]: Gewässerpunkte

Je kleiner die Anzahl der Gewässerpunkte (G) ist, desto sensibler ist das Gewässer. Angaben zur Wahl der Gewässerpunktzahl macht das Merkblatt. Der Emissionswert (E) berechnet sich aus der Abflussbelastung (B) und dem Durchgangswert (D) einer eventuell vorhandenen Behandlungsmaßnahme mit

$$E = B \cdot D$$

Der Durchgangswert (D) beschreibt die Reinigungsleistung einer NW-Behandlungsanlage; je kleiner D, desto größer ist das stoffliche Rückhaltevermögen. Durchgangswerte verschiedener Anlagentypen sind dem Merkblatt zu entnehmen.

Die Abflussbelastung (B) setzt sich aus den Einflüssen aus der Luft (L_i , vgl. Merkblatt) und der Verschmutzung der befestigten Flächen (F_i , vgl. Merkblatt) zusammen. Unterschiedlich genutzte Flächen – angegeben als $A_{u,i}$ – werden entsprechend ihres Anteils f_i an der Gesamteinzugsfläche A_u gewichtet:

$$B = \sum f_i (L_i + F_i)$$

mit :

$$f_i = A_{u,i} / \sum A_{u,i}$$

Ob eine NW-Behandlung erforderlich ist, wird über den Vergleich der Abflussbelastung B mit der Gewässerpunktzahl G ermittelt. Grundsätzlich gilt:

$B > G$ NW-Behandlung erforderlich

$B \leq G$ Keine NW-Behandlung erforderlich

Steht das nach DWA-M 153 erzielte Ergebnis im Widerspruch zu dem des Trennsystemerlasses [MUNLV NRW, 2004], so ist in NRW letzteres maßgeblich, da der Trennsystemerlass als Rechtsnorm i. S. des § 57 (1) LWG NRW behördenverbindlich eingeführt wurde.

3.2.5.2 DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von NW

Das Arbeitsblatt DWA-A 138 (DWA, 2005) macht keine Angaben zum Stoffeintrag in den Untergrund oder begrenzt diesen. Lediglich NW von Flächen, deren NW-Abflüsse als denkbar wassergefährdend einzuordnen sind, werden von der Versickerung ausgenommen.

Die Stoffbelastung des NW's wird unter Berücksichtigung der abflussliefernden Fläche außerhalb von Wasserschutzgebieten in drei Gruppen untergliedert: unbedenklich, tolerierbar und nicht tolerierbar.

Unbedenkliche NW-Abflüsse dürfen über alle, auch über unterirdische Versickerungsanlagen, versickert werden. Für die tolerierbaren NW-Abflüsse ist es i. d. R. zulässig, über die belebte Bodenzone versickert zu werden. Nicht tolerierbare NW-Abflüsse dürfen nicht versickert oder - nur in Ausnahmefällen - über die belebte Bodenzone versickert werden.

Zur Einstufung der stofflichen Belastung des NW-Abflusses von Verkehrsflächen wird die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) als Parameter verwendet. Folgende Klassen werden zugrunde gelegt:

- Geringe Verkehrsstärke: DTV = 300 ... 5.000 Kfz/d
- Mittlere Verkehrsstärke: DTV = 5.000 ... 15.000 Kfz/d
- Hohe Verkehrsstärke: DTV > 15.000 Kfz/d

3.2.5.3 RAS-Ew: Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil: Entwässerung

Die „Richtlinien für die Anlage von Straßen – Teil Entwässerung (RAS-EW) [FGSV, 2005] betrachten System zur Ableitung, Retention und Versickerung des NW-Abflusses von Verkehrsflächen. Die Bemessungsansätze und -verfahren unterscheiden sich nur unwesentlich von denen des DWA-Regelwerks. Qualitative Behandlungsziele werden nicht definiert.

3.2.5.4 RiStWag: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten

Die „Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten“ (RiStWag) [FSGV, 2002] regeln die Anforderungen an den Straßenbau zum Schutz des Wasservorkommens. Die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) wird hier nicht zur Einstufung des Verschmutzungspotenzials von Verkehrsflächen, sondern zur Einstufung des stofflichen Gefährdungspotenzials des NW-Abflusses für das Gewässer verwendet.

Für $DTV < 2.000$ Kfz/d wird das Gefährdungspotenzial als vernachlässigbar gering eingestuft und es kann auf eine NW-Behandlung verzichtet werden. Für $DTV = 2.000 \dots 15.000$ Kfz/d ist grundsätzlich eine NW-Behandlung vorzusehen; nur im Ausnahmefall kann in Abstimmung mit Wasserwirtschaftsbehörden ggf. auf eine Behandlung verzichtet werden.

3.3 Behördeninterne Vorgehensweise der BezReg Köln

Die Vorgehensweise der BezReg Köln bei der Prüfung der NW-Einleitungen hinsichtlich Ihrer Behandlungsbedürftigkeit legt den Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] zugrunde. Sie wurde in Dienstbesprechungen mit dem MUNLV NRW landesweit abgestimmt. Die Beurteilung der Belastung des NW-Abflusses erfolgt gem. Anlage 1 des Erlasses durch Differenzierung in Herkunftsbereiche des NW-Abflusses. Dabei werden die NW-Einleitungen bei der Prüfung zunächst in drei Gruppen eingeteilt:

- NW-Einleitungen, bei denen eindeutig auf eine NW-Behandlung verzichtet werden kann
- NW-Einleitungen, bei denen eindeutig eine NW-Behandlung durchgeführt werden muss
- NW-Einleitungen, die ohne die Beschaffung weiterer Informationen (z. B. Verkehrszählungen, Bestandsaufnahme angesiedelter Firmen in Gewerbegebieten) nicht in eine der beiden vorstehenden Gruppen eingeordnet werden können.

Für den Vollzug des Trennsystemerlasses wurden einige Kriterien praxisbewährt konkretisiert. Sie werden nachfolgend erläutert.

Unter den in Kapitel 3.2.3.3 genannten Voraussetzungen kann in begründeten Einzelfällen von einer Behandlung schwach belasteter NW-Abflüsse der Kategorie II abgesehen werden. Um diese Ausnahmefälle abzugrenzen, wird die Kategorie II zweigeteilt:

- Kategorie IIa für Flächen, die die Kriterien der Ausnahmeregelung erfüllen
⇒ NW-Abflüsse dürfen ohne Behandlung in Gewässer eingeleitet werden
- Kategorie IIb, für Flächen, die die Kriterien der Ausnahmeregelung nicht erfüllen
⇒ NW-Abflüsse bedürfen einer Behandlung

Die Belastung von Flächen mit Kfz-Verkehr wird im Trennsystemerlass über den Begriff „ohne Kfz-Verkehr“ (Kategorie I) sowie die wertemäßig unbestimmten Kriterien „schwacher Kfz-Verkehr“ bzw. „geringer Kfz-Verkehr“ (beide Kategorie II) und „starker Kfz-Verkehr“ (Kategorie III) charakterisiert. Um die Kategorisierung der Flächen praktisch durchführbar zu gestalten, wurden für jedes Kriterium Wertebereiche der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV) definiert (Abbildung 3-2).

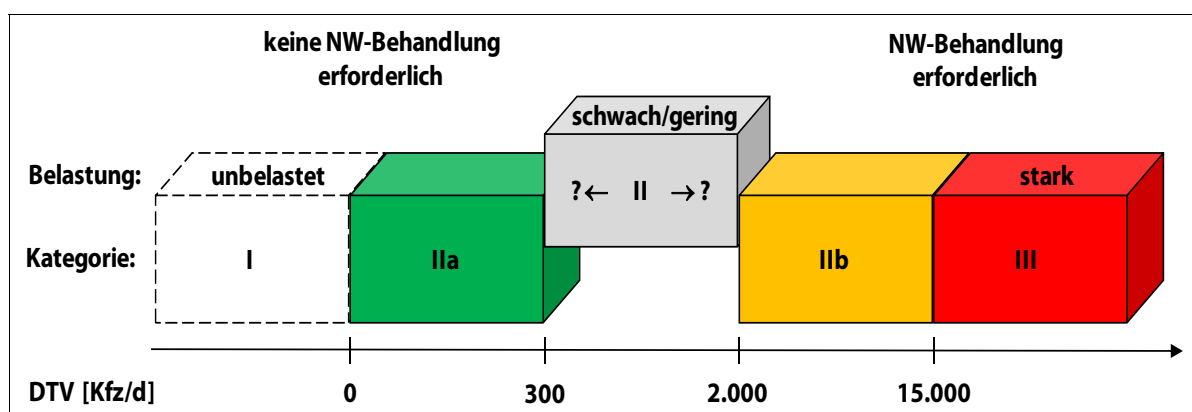


Abbildung 3-2: Kategorisierung des Herkunftsbereiches nach der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV)

Definition des Wertespektrums für Kategorie IIa

gem. DWA-M 153 [DWA, 2007] können Verkehrsflächen mit maximal 300 Kfz/d in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten als gering verschmutzt angesehen werden. Der NW-Abfluss dieser Flächen wird i. S. der Ausnahmeregelung gem. Ziffer 2.2 des Trennsystemerlasses als „unerheblich belastet“ bewertet, so dass auf eine Behandlungsmaßnahme verzichtet werden kann. Demnach werden bei der praktischen Anwendung des Trennsystemerlasses Verkehrsflächen in Wohn- und vergleichbaren Gewerbegebieten mit bis zu 300 Kfz/d ohne weitere Untersuchungen der Kategorie IIa zugeordnet. Liegt für ein Wohngebiet keine Verkehrszählung vor, so lässt sich die DTV anhand der Wohneinheiten im Einzugsgebiet abschätzen: bei durchschnittlich 1,5 Kfz/Wohneinheit und 4 Fahrzeugbewegungen pro Tag, entspricht ein Wert von 300 Kfz/d einem Anliegerverkehr von 50 Wohneinheiten.

Ermessensbereich: Kategorie IIa oder II b

Bei Verkehrsbelastungen über 300 Kfz/d wird eine Fläche nicht zwangsläufig der Kategorie IIb zuwiesen. Vielmehr wird als weiteres Beurteilungskriterium das vom Kfz-Verkehr ausgehende Gefährdungspotenzial herangezogen. Diesbezüglich macht die RiStWag [FGSV, 2002] Angaben. Die Richtlinie ordnet die in Untersuchungen erfassten Unfälle mit wassergefährdenden Stoffen hinsichtlich ihres Wiederholungsintervalls bestimmten Verkehrsbelastungen zu. Demnach herrscht im Bereich unter 2.000 Kfz/d ein geringes Gefährdungspotenzial. Mit der Größe des Einzugsgebietes steigt die Relevanz weiterer Einträge und Gefahrenquellen.

Für Verkehrsflächen mit einer Verkehrsstärke zwischen $300 \text{ Kfz/d} < \text{DTV} \leq 2.000 \text{ Kfz/d}$ erfolgt die Einstufung nach Einzelfallprüfung in Kategorie IIa oder IIb.

Eine Zuordnung zur Kategorie IIa und damit Verzicht auf Maßnahmen zur NW-Behandlung ist nur möglich, wenn günstige Randbedingungen im gesamten Einzugsgebiet einer NW-Einleitung vorliegen. Das Einzugsgebiet muss dazu detaillierter betrachtet werden. Insbesondere ist das Gefährdungspotenzial näher zu untersuchen. Faktoren hierfür sind sowohl die Art des Verkehrs (z. B. LKW-Verkehr mit schadstoffbelasteten Transportgütern, zulässige Höchstgeschwindigkeiten) als auch die Größe und Struktur des Einzugsgebietes (z. B. Gewerbe- oder landwirtschaftliche Betriebe, bei denen im Havariefall belastete Substanzen auf die abflusswirksamen Flächen austreten können). Weitere Kriterien sind:

- städtische oder ländliche Struktur des Einzugsgebietes
- Aufteilung des Erschließungsverkehrs auf mehrere Zufahrten
- Durchgangsverkehr zu anderen Gebieten
- Kreuzungsbereiche, insbesondere mit Lichtsignalanlagen, an denen durch häufiges Abbremsen ein höherer Reifenabrieb entsteht

Für den Fall, dass eine Flächen der Kategorie IIb zugeordnet wird, sollten bevorzugt einfache Maßnahmen zur NW-Behandlung in Betracht gezogen werden (z. B. Flächenabkopplung, dezentrale NW-Behandlungsmaßnahmen).

Definition des Wertespektrums für Kategorie IIb

Für $\text{DTV} > 2.000 \text{ Kfz/d}$ ist das Verschmutzungs- und Gefährdungspotenzial so hoch einzustufen, dass in jedem Fall eine Zuordnung zur Kategorie IIb erfolgt und somit eine Maßnahme zur Behandlung des NW-Abflusses erforderlich ist. Die Obergrenze der Kategorie wird mit $\text{DTV}=15.000 \text{ Kfz/d}$ definiert, dem Richtwert des DWA-M 153 [DWA, 2007], oberhalb dessen die Verkehrsbelastung als „stark“ einzustufen ist.

3.4 Schema zur Prüfung der Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen

Das nachfolgend dargestellte Prüfschema bildet die in Kapitel 3.3 erläuterte, behördeninterne Vorgehensweise der BezReg Köln ab.

Auf der linken Seite des Schemas werden die zu prüfenden Kriterien abgefragt, beginnend mit dem höchsten zu erwartenden Belastungsgrad. Flächen, die keine Übereinstimmung mit den genannten Kriterien aufweisen, gelten als unbelastet. Daher werden die Flächen der Kategorie I nicht im Einzelnen aufgeführt. Kann für das untersuchte Einzugsgebiet die Abfrage mit „ja“ beantwortet werden, kann auf der rechten Seite des Schemas die entsprechende Kategorie abgelesen werden.

Eine Ausnahme bildet das zusätzliche Kriterium „300 Kfz/d < DTV ≤ 2.000 Kfz/d“. Liegt die Verkehrsstärke in diesem Bereich, kann keine pauschale Beurteilung erfolgen.

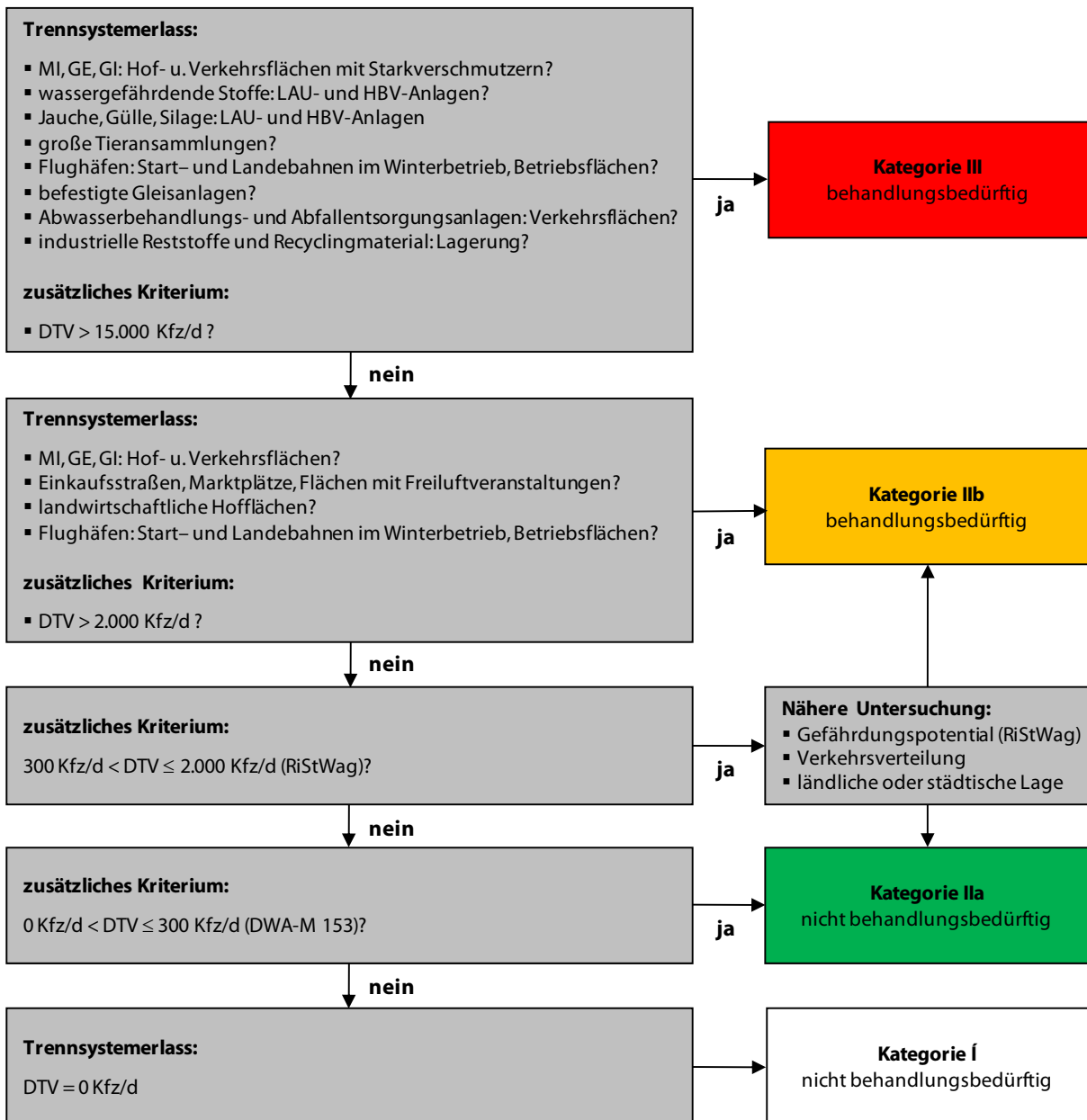


Abbildung 3-3: Schema zur Prüfung der Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen

Können die NW-Abflüsse unterschiedlich stark belasteter Herkunftsbereiche nicht entflochten werden, ist die abschließende Wahl der Behandlungsmaßnahme an der am höchsten belasteten Kategorie zu orientieren (Abbildung 3-4).

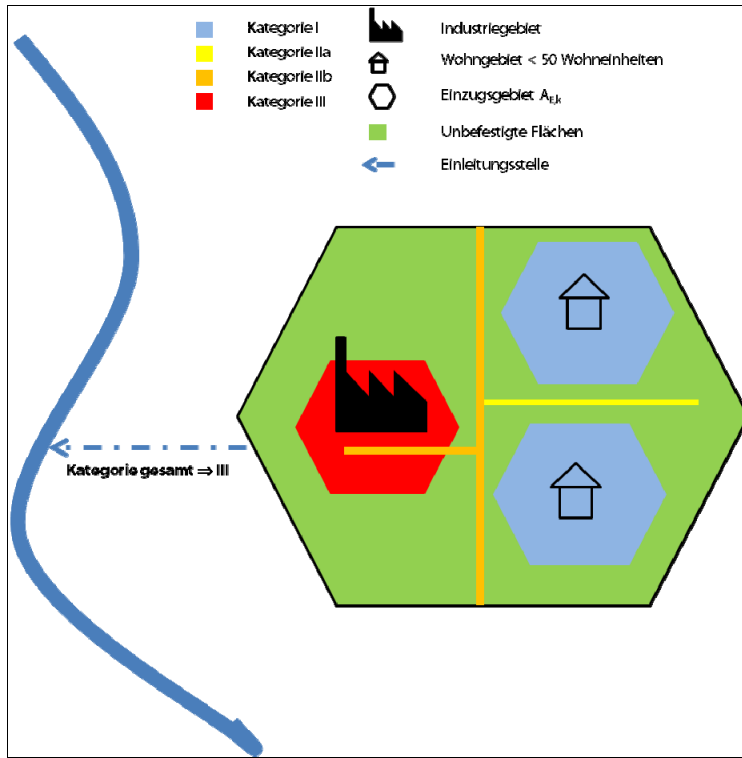


Abbildung 3-4:
Schematische Darstellung der Vorgehensweise zur Kategorisierung einer Einleitung aus einem kommunalen Trennsystem in ein Gewässer

4 Maßnahmen zur NW-Behandlung im Trennsystem

Gemäß § 51a LWG und gemäß des Runderlasses „Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a LWG NRW“ [MUNLV NRW, 1998] soll das NW von Grundstücken, die erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, vor Ort versickert, verrieselt oder ortsnah (grundsätzlich über den Regenwasserkanal des Trennsystems) in ein Gewässer eingeleitet werden.

Zur Charakterisierung der Ortsnähe einer NW-Behandlung werden unterschieden:

■ zentrale NW-Behandlung:

die NW-Abflüsse unterschiedlicher Herkunftsbereiche und dementsprechend verschiedener Stoffbelastungen werden durch gemeinsame Ableitung im RW-Kanal des Trennsystems vermischt. Anlagen zur zentralen NW-Behandlung befinden sich i. a. am Auslass des RW-Kanals in das Gewässer und müssen sowohl das belastete NW als auch das damit vermischte, unbelastete NW behandeln.

■ dezentrale NW-Behandlung:

der NW-Abfluss eines Gebietes wird direkt am Entstehungsort behandelt, d. h. im Nahbereich der Abfluss bildenden Flächen. Er vermischt sich nicht mit dem NW-Abfluss angrenzender Flächen. Dezentrale NW-Behandlungsanlagen sind immer vor der Zusammenführung von behandlungsbedürftigem NW und unbelastetem NW anzuordnen; so können die spezifischen Stoffe im NW-Abfluss einzelner Fläche gezielt gereinigt werden. Je nach den lokalen Gegebenheiten kann das NW vor Ort versickert oder in ein ortsnahes Gewässer geleitet werden.

Die dezentrale Behandlung soll Vorrang haben vor der semizentralen NW-Behandlung (s. u.) und diese wiederum Vorrang vor der zentralen NW-Behandlung (s. o.) [MUNLV NRW, 2004].

■ semizentrale NW-Behandlung:

bevor der behandlungsbedürftige NW-Abfluss eines Gebietes in dem RW-Kanal des Trennsystems mit dem unbelasteten NW-Abfluss anderer Flächen vermischt wird, erfolgt eine NW-Behandlung im Kanalnetz. So wird eine Vermischung von belastetem und unbelastetem NW in der Kanalisation vermieden.

Semizentrale Behandlungsanlagen liegen in ihrer Größe zwischen zentralen und dezentralen Systemen und lassen sich häufig nicht klar abgrenzen. Ihre optimale Größe kann von der versiegelten Fläche und Einwohnerzahl des kanalisierten Einzugsgebiets abhängig gemacht werden. Da die Fläche der an semizentrale Behandlungsanlagen angeschlossenen Flächen für die meisten dezentralen Behandlungsanlagen zu groß ist, kommen nur zentrale Anlagen in Frage, die in ihrer Größe der des angeschlossenen Einzugsgebiets anzupassen sind.

Kapitel 4.1 gibt einen Überblick über die derzeit bekannten Arten zentraler NW-Behandlungsanlagen, Kapitel 4.2 befasst sich mit Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung.

4.1 Zentrale Maßnahmen der NW-Behandlung

Die folgenden Maßnahmen zur NW-Behandlung im Trennsystem sind als etabliert einzustufen; ihre Anwendung ist in technischen Regelungen detailliert dargestellt:

- Regenklärbecken (RKB)
(ATV-A 166 [ATV, 1999], ATV-DVWK-M 176 [ATV-DVWK, 2001], [LfU BW, 2005], [LfU BW, 2008])
 - Regenklärbecken mit Dauerstau (RKBmD)
 - Regenklärbecken ohne Dauerstau (RKBod)
- Retentionsbodenfilter (RBF)
(ATV-A 166 [ATV, 1999], [LfU BW, 2002], [MUNLV NRW, 2003], DWA-M 178 [DWA, 2005], [LfU BW, 2005], [LfU BW, 2008])
- Versickerungsbecken
(DWA-A 138 [DWA, 2005a], RAS-Ew [FGSV, 2005], DWA-M 153 [DWA, 2007])
- Abscheideanlagen nach RiStWag
(RiStWag [FGSV, 2002], RAS-Ew [FGSV, 2005])

Seit einiger Zeit wird in Forschungsprojekten untersucht, in wie weit durch die Nachrüstung bestehender RKB oder Ausrüstung neuer RKB ein im Vergleich zu konventionellen RKB verbessertes stoffliches Rückhaltevermögen erreicht werden kann. Betrachtet werden insbesondere:

- technische Filteranlagen
- Lamellenabscheider

Einzelheiten zu einzelnen Projekten sind in **Anhang 2** zusammengestellt.

Als neuere Sondertypen sind folgende NW-Behandlungsanlagen bekannt:

- Bodenfilterflächen bzw. -strecken
Hierunter sind bauliche Variationen von RBF'n zu verstehen, die z. B. in [Uhl, 2006] dargestellt sind.
- NW-Behandlungsanlagen naturnaher Bauart
In einem Pilotprojekt wurden zwei dieser Anlagen durch die Wassergewinnungs- und -aufbereitungsgesellschaft Nordeifel mbh (WAG) erstellt und nachfolgend untersucht. Die Ergebnisse sind dokumentiert in [WAG, 2004]
- Straßenabwasserbehandlungsanlage (SABA)
Es handelt sich hierbei um eine von der André Rotzetter + Partner Beratende Ingenieure AG [ARP, 2006] in der Schweiz entwickelte Verfahrenskombination aus einer Vorstufe (Absetzbecken mit Lamellenabscheider) und einem Retentionsfilterbecken. In das Retentionsfilterbecken sind statt eines bepflanzten Bodenfilters ein Sandfilter und Adsorbiermaterial (Ferrosorp® bzw. Zeolith) eingebaut. Eine erste Anlage wird zur Behandlung des Autobahnabwassers der A2 bei Attinghausen (Kanton Uri) eingesetzt und untersucht.

Weitere Informationen gibt **Anhang 2**.

4.1.1 Reinigungsleistung zentraler NW-Behandlungsanlagen

Unter Reinigungsleistung oder auch Wirksamkeit wird hier das stoffliche Rückhaltevermögen einer NW-Behandlungsanlage verstanden.

Für die etablierten zentralen NW-Behandlungsanlagen – mit Ausnahme der Versickerungsbecken – nimmt der Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] eine nach Stoffgruppen differenzierte Bewertung der Reinigungsleistung vor (Tabelle 4-1). Danach besitzen RBF unter den etablierten Anlagen

die höchste Wirksamkeit, RKBmD die geringste. RKBöD weisen gegenüber RKBmD insbesondere den Vorteil auf, dass keine Rücklösung von Schadstoffen aus dem Sediment zu befürchten ist und werden daher besser bewertet.

Tabelle 4-1: Reinigungsleistung zentraler NW-Behandlungsmaßnahmen gem. Trennsystemerlass, Anlage 2 [MUNLV NRW, 2004]; mit: Grad der Reinigungsleistung: + gering; ++ mittel; +++ hoch

Art der NW-Behandlung	Grad der Reinigungsleistung				
	MKW	sauerstoffzehrende Substanzen, Nährstoffe		Schwermetalle, organische Schadstoffe	
		partikulär	gelöst	partikulär	gelöst
Abscheider	++			+	
ständig gefüllte RKB (RKBmD)	+	+		+	
nicht ständig gefüllte RKB (RKBöD)					
- mit Drosselabfluss oder nur zeitweiligem Drosselabfluss zur Beckenentleerung nach Regenende	+	+	+	+	+
- mit ständigem Drosselabfluss	++	+	++	+	++
biologisch wirksame Bodenfilter (RBF)	+++	+++	+++	+++	++

Das Handbuch „Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer“ (ESOG) [MUNLV NRW, 2007c] orientiert sich an der Bewertung des Trennsystemerlasses und bezieht Versickerungsbecken in die Betrachtung ein (Tabelle 4-2).

Tabelle 4-2: Reinigungsleistung zentraler NW-Behandlungsanlagen nach ESOG [MUNLV NRW, 2007c] mit: Reinigungsleistung: 0: keine, 1: gering..., ≥4: hoch

Reinigungssysteme		Stoffgruppe		
		partikuläre Stoffe	gelöste Stoffe	MKW
		Reinigungsleistung		
RKB	RKBöD	1	1	1
	RKBmD	1	0	1
Abscheideanlagen nach RiStWag		1	0	2
RBF		4	2 - 3	3 - 4
Versickerungsbecken		4	2	3 - 4

Im Hinblick auf die in Kapitel 8 dargestellte, exemplarische Abschätzung der Wirksamkeit zentraler NW-Behandlungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Dhünn wurden Literaturangaben gemessener Reinigungsleistung für RKB und RBF ausgewertet (**Anlage 3**). Neben dem generellen Problem unterschiedlicher versuchs- und auswertungstechnischer Randbedingungen der in der Literatur dokumentierten Daten bestehen insbesondere folgende Unzulänglichkeiten:

- RKB: mit Blick auf den Stichprobenumfang werden Anlagen in die Betrachtung einbezogen unabhängig davon, ob sie die Bemessungs- und Gestaltungsvorgaben gem. Trennsystemerlass erfüllen oder nicht. Die Anlagen müssen lediglich als RKB wirken, d. h. Partikel sedimentieren und Leichtstoffe zurückhalten. Die in der Literatur dokumentierten Anlagen unterscheiden sich erheblich in ihrer hydraulischen Belastung, Größe und Bauweise.
- RBF: RBF mit gemessenen Reinigungsleistungen befinden sich in der Mehrzahl in Mischsystemen. Die Daten lassen sich daher nur eingeschränkt auf erzielbare Wirkungsgrade von RBF zur NW-Behandlung im Trennsystem übertragen. Vermutlich dürfte die Reinigungsleistung von Anlagen im Trennsystem aufgrund der geringeren Zulaufkonzentrationen geringer sein als im Mischsystem. Darüber hinaus unterscheiden sich die betrachteten RBF in Aufbau, Art der Vorstufe, Filtersubstrat und Filtervegetation.

In Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 sind die Ergebnisse der Auswertung als Minimal-, Maximal- und Medianwerte der Reinigungsleistungen zusammengestellt. Die zugrundeliegende Stichprobe ist sehr gering: für keinen Parameter stehen mehr als 10 Werte zur Verfügung. Parameter, für die nur maximal 3 Werte vorliegen, werden in den Tabellen gesondert gekennzeichnet.

Tabelle 4-3: Reinigungsleistung η_x für Becken mit RKB-Funktion (): nur ≤ 3 Messwerte verfügbar*

Parameter	AFS %	BSB ₅ % (*)	CSB %	TOC % (*)	MKW %	PAK % (*)	P _{ges} %	NH ₄ -N % (*)	NO ₃ -N %	N _{ges} %	Cd %	Cr %	Ni % (*)	Pb %	Cu %	Zn %
Minimum (R_Min)	43	31	26	22	29	96	9	16	-	24	11	7	17	36	5	12
Maximum (R_Max)	85	38	72	22	80	96	74	36	-	33	63	77	17	82	77	84
Median (R_Med)	70	31	55	22	76	96	37	26	-	31	38	50	17	59	65	31

Tabelle 4-4: Reinigungsleistung η_x für RBF (): nur ≤ 3 Messwerte verfügbar*

Parameter	AFS %	BSB ₅ % (*)	CSB %	TOC % (*)	MKW %	PAK % (*)	P _{ges} %	NH ₄ -N % (*)	NO ₃ -N %	N _{ges} %	Cd %	Cr %	Ni % (*)	Pb % (*)	Cu % (*)	Zn % (*)
Minimum (R_Min)	48	50	35	53	-	-	29	58	43	12	-	-	84	85	85	90
Maximum (R_Max)	95	96	95	92	-	-	87	95	100	54	-	-	98	85	85	92
Median (R_Med)	90	89	76	70	-	-	82	82	100	27	-	-	91	85	85	92

Vergleicht man die Median-Werte der gemessenen Reinigungsleistung von RKB mit denen der RBF, zeigen sich – abgesehen vom Parameter N_{ges} – für RBF erwartungsgemäß deutlich höhere Leistungen. Der Grund liegt darin, dass in RKB i. w. physikalische Reinigungsmechanismen wirken, in RBF zusätzlich auch chemische und biologische.

4.1.2 Baukosten zentraler NW-Behandlungsanlagen: RKB und RBF

Im Rahmen des Projektes sind die mit der Umsetzung von Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen verbundenen Baukosten für den RegBez Köln abzuschätzen (Kapitel 7.1). Dabei wird vereinfachend angenommen, dass nur zentrale Maßnahmen zur Anwendung kommen, und zwar RKB und RBF.

Nachfolgend werden die Nettobaukosten (NBK) angegeben. Kosten für Grunderwerb, Ingenieurleistungen und Nebenanlagen bleiben unberücksichtigt.

Für RKB stellt [Kron, 2008] die Baukosten von insgesamt 24 RKB zusammen. Es handelt sich ausnahmslos um Anlagen in Massivbauweise. Die Daten entstammen eigenen Erhebungen sowie [Häuser, 1996] und sind in Abbildung 4-1 dargestellt. Preisstand ist Ende 2007. Die Aktualisierung älterer Kostenangaben erfolgte über die Beziehung

$$NBK_{2007} = NBK_{\text{Baujahr}} \cdot \frac{PI_{2007}}{PI_{\text{Baujahr}}} \quad ; \quad \text{mit: } PI_{2007} = 108,4; \text{ Basisjahr: 2005}$$

Die Preisindizes (PI) wurden dem Baupreisindex für Ortskanäle des Statistischen Bundesamtes entnommen [Statistisches Bundesamt, 2008].

Neben den Daten aus [Kron, 2008] enthält Abbildung 4-1 zur Orientierung auch die Kostenangaben aus [Thüringen, 2002 (Preisstand: 2000); in: Sommer, 2007]; beide Datensätze weichen nicht wesentlich voneinander ab. Die Daten aus [Kron, 2008] zeigen darüber hinaus, dass die spezifischen Nettobaukosten für Beckenvolumina < 100 m³ deutlich in die Höhe schnellen.

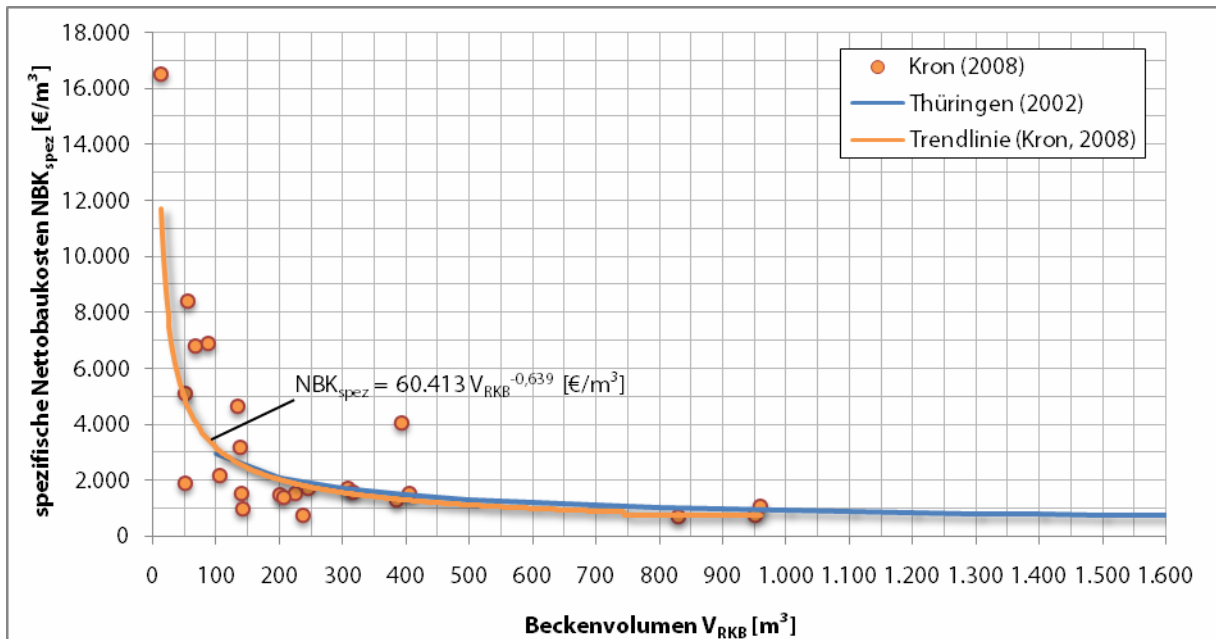


Abbildung 4-1: Spezifische Nettobaukosten von RKB in Massivbauweise (Preisstand: Ende 2007)

Für RBF werden spezifische Nettobaukosten in [MUNLV NRW, 2003] genannt und zwar bezogen auf folgende Einflussgrößen:

- Filterfläche A_{RBF}
- Retentionsvolumen
- angeschlossene, undurchlässige Fläche A_u

Abbildung 4-2 zeigt spezifischen Nettobaukosten in Abhängigkeit von der angeschlossenen, undurchlässigen Fläche A_u . Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erfolgte eine Aktualisierung auf den Preisstand Ende 2007 (s. o.).

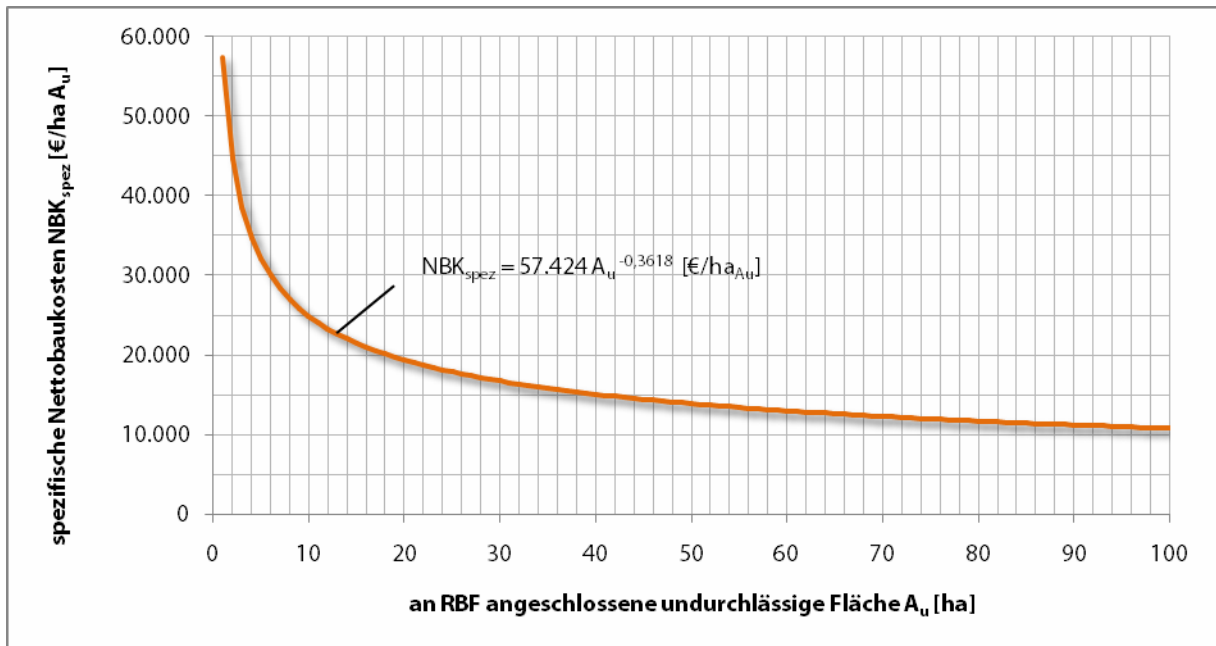


Abbildung 4-2: Spezifische Nettobaukosten von RBF [MUNLV NRW, 2003] (Preisstand: 2000)

4.2 Dezentrale Maßnahmen der NW-Behandlung

4.2.1 Wirkungsmechanismen und Typisierung von Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung

Um die Stoffemission aus Trennsystemen zu reduzieren, wurden in jüngerer Zeit verschiedene Systeme zur dezentralen NW-Behandlung entwickelt (DNWB-Anlagen). In NRW wird die Anwendung dieser Systeme aller Voraussicht nach an Bedeutung gewinnen, da gemäß Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] dezentrale Maßnahmen Vorrang haben sollen vor semizentralen und zentralen Behandlungsmaßnahmen.

Art und Umfang der Behandlung in einer DNWB-Anlage müssen abgestimmt sein auf die Größe und die stofflichen Belastung des jeweiligen NW-Abflusses. Der Rückhalt von partikulären Stoffen und Leichtflüssigkeiten erfordert zunächst eine *physikalische Behandlung*; gelöste, an Partikel sorbierte Stoffe werden hierdurch ebenfalls aus dem Niederschlagswasser entfernt. Sollen auch die im Wasserkörper verbliebenen gelösten Stoffe zurückgehalten bzw. abgebaut werden, so ist eine *chemische* oder *biologische Behandlung* erforderlich.

Je nach Anlagenart stehen zur physikalischen Behandlung des Niederschlagswassers die Wirkungsmechanismen physikalische Sorption, Filtration, Sedimentation und Auftrieb zur Verfügung, zur chemischen Behandlung die Wirkungsmechanismen Ionenaustausch, Komplexbildung und Fällung. In Ergänzung ist eine biologische Behandlung durch mikrobiellen Um- und Abbau organischer Stoffe möglich. Eine Zuordnung der zur Behandlung nutzbaren Wirkungsmechanismen zu den relevanten Stoffgruppen des NW-Abflusses zeigt Abbildung 4-3. Abbildung 4-4 zeigt eine Möglichkeit zur Typisierung.

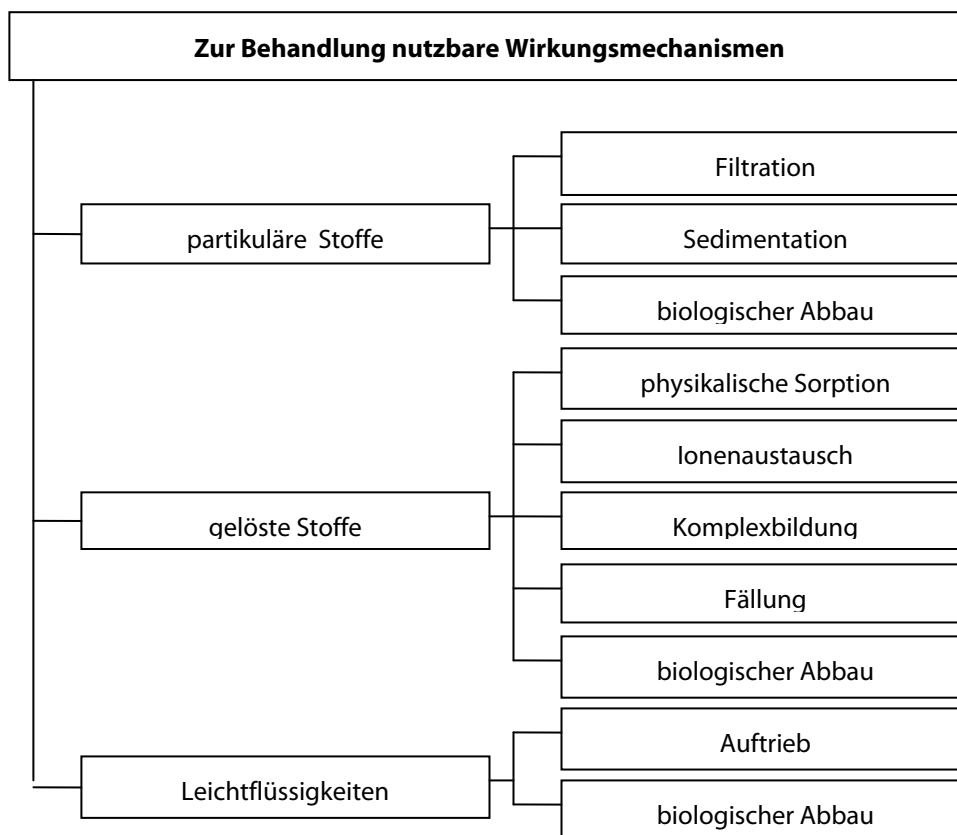


Abbildung 4-3: Übersicht über die in Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung nutzbaren Wirkungsmechanismen

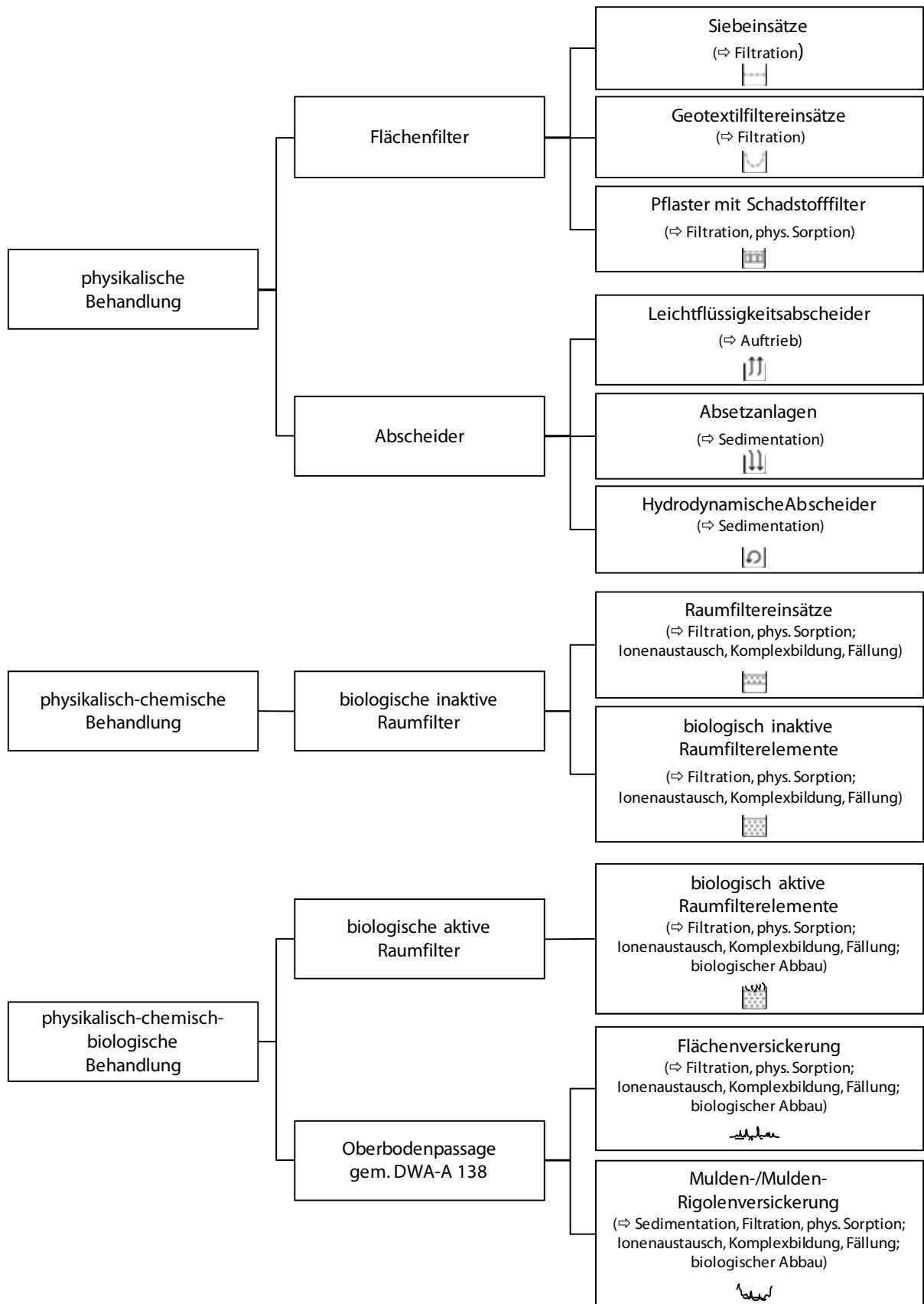




































Abbildung 4-4: Typisierung von Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung

4.2.2 Einsatzbereiche und Kosten dezentraler NW-Behandlungsanlagen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über DNWB-Anlagen (Stand: Mitte 2008). Aufgeführt ist der der Anlage zugewiesene Typ, der von den Herstellern angegebenen Einsatzbereiche und spezifischen Anlagenkosten. Im Hinblick auf Kapitel 4.2.4 ist auch angegeben, welcher Art etwaige Untersuchungen des Wirkungsgrades der Anlagen sind. Detaillierte Informationen über die Anlagen enthält **Anhang 3** [nach Leisse, 2008; aktualisiert].

Tabelle 4-5: Übersicht über dezentrale NW-Behandlungsanlagen [nach Leisse, 2008; ergänzt]

Anlage	Typ	Einsatzbereich	spezifische Anlagenkosten	Prüfungen Wirkungsgrad
physikalische NW-Behandlung				
geoSTON® [Klostermann GmbH & Co. KG Betonwerke]			ca. 15,00 €/m ² bis 22,00 €/m ²	DIBt-Prüfung
Aquafil [Betonwerk Lintel GmbH & Co. KG]			ca. 10,00 €/m ² bis 20,00 €/m ²	Labor
Straßenablauf mit Nassschlammfang [DIN 4052-1 bis 4]			ca. 0,40 €/m ² bis 0,60 €/m ²	Labor
Separationsstraßenablauf SSA [ACO Drain Passavant GmbH]			k. A.	In-situ, Labor
Geotextilfiltersack [P. Schreck Vlies- und Filtertechnik GmbH]			ca. 0,65 €/m ² bis 0,95 €/m ²	In-situ
Leichtflüssigkeitsabscheider [nach DIN 1999-100,-101; DIN EN 858-1,-2]			k. A.	DIBt-Prüfung
Parkflächenentwässerungssystem PFE [Freylit Umwelttechnik GmbH]			k. A.	k. A.
RAUSIKKO® System [REHAU AG & Co.]			ca. 4,45 €/m ² bis 5,70 €/m ²	k. A.
Centrifoe®-Sicherheitsstraßenablauf [Valperz-Scarabaeus GmbH]			ca. 5,00 €/m ² bis 5,40 €/m ²	Labor
Fallrohr- oder Erdfilter [verschiedene Hersteller]			ca. 1,00 €/m ² bis 1,50 €/m ²	k. A.
Sedimentationsanlage MSA [Mall GmbH]			ca. 2,05 €/m ² bis 5,20 €/m ²	Labor
Lamellenklärer MLK-R [Mall GmbH]			ca. 2,20 €/m ² bis 7,50 €/m ²	Labor
physikalisch-chemische NW-Behandlung				
INNOLET® [Funke Kunststoffe GmbH]			ca. 3,50 €/m ²	In-situ
Rigo®-clean+Sedi®-pipe+Sedi®-substrator [Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG]			ca. 9,00 €/m ² bis 17,00 €/m ²	Labor
Neuentwicklung TUM et al. [TU München / Hans Huber AG / HydroCon GmbH]			ca. 15,00 €/m ² bis 17,00 €/m ²	In-situ
TECU®-Fallrohrfilter [KME Germany AG]			ca. 4,65 €/m ²	In-situ
Sickerschacht [KME Germany AG]			k. A.	In-situ, Labor

KAPITEL 4: MAßNAHMEN ZUR NW-BEHANDLUNG IM TRENNSYSTEM

Metalldachfilter MF [Mall GmbH]			ca. 10,20 €/m ² bis 22,00 €/m ²	In-situ
Huber-Hydro-Filt® [Hans Huber AG]			ca. 9,50 €/m ²	In-situ
Purasorp-Adsorptionsfilteranlage [Wallner & Neubert GmbH]			k. A.	k. A.
Substrat-Filterschacht [Heitker GmbH]			ca. 4,00 €/m ² bis 8,00 €/m ²	k. A.
Up-Flo Filter [Hydro International]			k. A.	k. A.
RAUSIKKO®-HydroClean [REHAU AG & Co.]			ca. 4,60 €/m ² bis 10,00 €/m ²	In-situ
physikalisch-chemisch-biologische NW-Behandlung				
INNODRAIN® [Mall GmbH]			ca. 25,00 €/m ² bis 35,00 €/m ²	In-situ
Terra-Regenspeicher® [Mall GmbH]			ca. 11,50 €/m ² bis 13,80 €/m ²	Labor
ECO-Bodenfilter [Betonwerk Müller GmbH & Co. KG]			ca. 13,55 €/m ² bis 17,30 €/m ²	DIBt-Prüfung
D-Rainclean®-Sickermulde [Funke Kunststoffe GmbH]			ca. 8,50 €/m ² bis 60,70 €/m ²	DIBt-Prüfung
Flächenablauffilter mit BIOFIL-Substrat [Heitker GmbH]			ca. 4,00 €/m ² bis 5,00 €/m ²	Labor
Flächenversickerung [nach DWA-A 138]			ca. 2,50 €/m ² bis 30,00 €/m ²	In-situ
Muldenversickerung [nach DWA-A 138]			ca. 3,50 €/m ² bis 7,50 €/m ²	In-situ
Mulden-Rigolen-Versickerung [nach DWA-A 138]			ca. 12,50 €/m ² bis 30,00 €/m ²	In-situ

Legende:

	Pflastersteine mit Schadstofffilter		Dachflächen
	Siebeinsatz		metallische Dachflächen
	Geotextilfiltereinsatz		Verkehrs-, Park- oder Hofflächen
	Leichtflüssigkeitsabscheider	L	mit Lamellenabscheider
	Absetzanlage	N	Ggf. als Nachrüstsatz installierbar
	hydrodynamische Abscheider	k. A.	keine Herstellerangaben
	Raumfiltereinsätze		
	biologisch inaktives Raumfilterelement		
	biologisch aktives Raumfilterelement		
	Flächenversickerung		
	Mulden- bzw. Mulden-Rigolen-Versickerung		

Die in Tabelle 4-5 aufgeführten spezifischen Anlagenkosten beziehen sich auf die jeweils anschließbare Fläche. Nicht einbezogen sind die für den Transport und Einbau der Anlagen entstehenden Kosten; Ausnahmen sind die für Versickerungsanlagen gem. DWA-A 138 angegebenen Werte, da hier die Erdarbeiten vor Ort dominieren.

Für einige der in der Tabelle aufgeführten Anlagen ist das angegebene Kostenspektrum erheblich. Gründe sind, dass die Anlagen z. T. in verschiedenen Größen erhältlich und Kombinationen einzelner Anlagenmodule möglich sind und auch die Kombination der verwendeten Materialien (z. B. Kunststoff- oder Gusseisenabdeckungen) Kostenänderungen bewirken kann. Ein direkter Vergleich der in der Tabelle aufgeführten Kosten ist nicht möglich.

Angaben über die Betriebskosten (Kontrolle, technische Wartung, Reinigung, Entsorgung) liegen nicht vor.

4.2.3 Betrieb dezentraler NW-Behandlungsanlagen

Die im Zusammenhang mit DNWB-Anlagen erforderlichen betrieblichen Aufgaben sind

- Kontrolle der Anlagen (z. B. optische Inspektion)
- technische Wartung der Anlagen (Austausch oder Reparatur defekter oder nicht mehr funktionstüchtiger Anlagenteile)
- Reinigung der Anlagen (insbesondere Entnahme zurückgehaltener Stoffe)
- Entsorgung der zurückgehaltenen Stoffe

Die genannten Aufgaben sind regelmäßig durchzuführen, d. h. in festen zeitlichen Intervallen. Die Dauer der Zeitintervalle ist insbesondere von folgenden Faktoren abhängig:

- Art und Größe der Anlage
- Art- und Menge der stofflichen Belastung
- Stärke der hydraulischen Belastung
- Gefahrenpotenzial der Anlage (z. B. für Umwelt, Verkehr)

Darüber hinaus sind Kontrollen und ggf. betriebliche Eingriffe auch im Zusammenhang mit nicht vorhersehbaren Ereignissen erforderlich (z. B. nach Unfällen mit Treibstoff- und Ölaustritt, nach Starkregenereignissen, während Frostperioden).

Unter Berücksichtigung der o. g. Faktoren ist von den Anlagenbetreibern ein mit Zeitraster versehener Betriebsplan zu erstellen. Zur Orientierung enthält Tabelle 4-6 betriebliche Informationen über Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung – differenziert nach Anlagentyp. Besteht eine Anlage aus mehreren Modulen unterschiedlichen Typs, so gelten die entsprechenden Informationen für die Anlage in Summe. Es wird empfohlen, in der Zeit nach Inbetriebnahme einer Anlage die Kontrolle in kleineren Abständen durchzuführen, den Schmutzstoffanfall zu beobachten und daraus langfristig die Reinigungsintervalle abzuschätzen.

4.2.4 Reinigungsleistung dezentraler NW-Behandlungsanlagen










In Tabelle 4-5 (Kapitel 4.2.2) wird aufgeführt, für welche Anlagen Reinigungsleistungen gemessen wurden und welcher Art diese Untersuchungen sind. Standardisierte Prüfverfahren zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit von DNWB-Anlagen wurden bislang vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) nur für folgende Anlagen- bzw. Anlagenbestandteile entwickelt:

- Flächenbeläge bzw. Substrate zur Behandlung von verunreinigten NW-Abflüssen
- Leichtflüssigkeits- und Koaleszenzabscheider

Dementsprechend unterscheiden sich die von den jeweiligen Anlagenherstellern durchgeführten bzw. beauftragten Labor- oder In-situ-Untersuchungen u. a. hinsichtlich der Untersuchungs- und Auswertungsmethoden (z. B. Fracht- oder Konzentrationsbetrachtung), der hydraulischen Belas-

tung sowie der betrachteten Stoffe und ihrer Konzentrationen. Eine vergleichende Gegenüberstellung der in der nachfolgenden Tabelle 4.8 zusammengestellten Reinigungsleistungen von DNWB-Anlagen ist daher nur bedingt aussagekräftig.

Tabelle 4-6: Betrieb dezentraler NW-Behandlungsanlagen in Abhängigkeit vom Behandlungstyp

Siebeinsätze 	KONTROLLE: ½-jährlich
	REINIGUNG: mit gebräuchlichen Saug- und Spülfahrzeugen (bzw. Spülung mit Reinwasser von Hand bei Fallrohr- bzw. Erdfiltern)
	TECHNISCHE WARTUNG: k. A.
	ENTSORGUNG: Siebrückstand
Geotextilfiltereinsätze 	KONTROLLE: 1-jährlich
	REINIGUNG: mit gebräuchlichen Saug- und Spülfahrzeugen
	TECHNISCHE WARTUNG: Reinigung des Filtersackes mit Hochdruckreiniger 3-jährlich
	ENTSORGUNG: Filtrückstand
Pflaster mit Schadstofffilter 	KONTROLLE: k. A. zum Zeitintervall
	REINIGUNG: bei Unterschreitung einer vorgegebenen Versickerungsleistung Reinigung der Vorsatzschicht; Reinigung mit saugenden Reinigungsgeräten
	TECHNISCHE WARTUNG: k. A.
	ENTSORGUNG: Reinigungswasser
Absetzanlagen, hydrodynamische Abscheider 	KONTROLLE: k. A. zum Zeitintervall
	REINIGUNG: ½- bis 1-jährlich Entschlammung kleiner Volumina (z. B. Straßenabläufe mit Einsätzen); 2- bis 8-jährlich Entschlammung größerer Volumina; i. d. R. mit gebräuchlichen Saug- und Spülfahrzeugen
	TECHNISCHE WARTUNG: k. A.
	ENTSORGUNG: Sediment
Leichtflüssigkeitsabscheider 	KONTROLLE: ½-jährlich
	REINIGUNG: k. A.
	TECHNISCHE WARTUNG: ½-jährlich; Gesamtanlage: 5-jährlich
	ENTSORGUNG: Sediment, Leichtstoffe, Leichtflüssigkeiten
Raumfiltereinsätze, biologische inaktive Raumfilterelemente 	KONTROLLE: k. A. zum Zeitintervall
	REINIGUNG: je nach Anlage Spülung des Filtermaterials im ein- oder ausgebauten Zustand mit Reinwasser
	TECHNISCHE WARTUNG: je nach Filtermaterial/-typ: 1- bis 12-jährlicher Austausch des Filtermaterials
	ENTSORGUNG: Spülwasser, Filtermaterial
Biologische aktive Raumfilterelemente 	KONTROLLE: k. A. zum Zeitintervall
	REINIGUNG: Entfernen von Laub und Störstoffen; ggf. Sedimenträumung
	TECHNISCHE WARTUNG: Grünschnitt; Austausch des Substrats (je nach Substrat alle 15 bis 20 Jahre)
	ENTSORGUNG: Entsorgung (ggf. Reaktivierung) des Substrats; Laub, Störstoffe, Sediment, Grünschnitt
Flächenversickerung [nach DWA-A 138] 	KONTROLLE: 1- bis 2-jährlich
	REINIGUNG: Entfernung von Laub- und Störstoffen
	TECHNISCHE WARTUNG: 1- bis 2-jährliche Rasenmähd
	ENTSORGUNG: Rasenschnitt, Laub, Störstoffe
Muldenversickerung [nach DWA-A 138] 	KONTROLLE: 1- bis 2-jährlich
	REINIGUNG: Entfernung von Laub- und Störstoffen; ggf. Sedimenträumung
	TECHNISCHE WARTUNG: 1- bis 2-jährliche Rasenmähd; ggf. Wiederherstellung Durchlässigkeit (Vertikutieren, Bodenaustausch)

ENTSORGUNG: Laub, Störstoffe, Rasenschnitt, Sediment; nach Bodenaustausch: schadstoffbeladenes Bodenmaterial

Tabelle 4-7: Gemessene Reinigungsleistungen von DNWB-Anlagen [nach Leisse, 2008]

Anlage	AFS	CSB	P _{ges}	NH ₄	NO ₃	Cd	Zn	Cu	Pb	PAK	KW	MKW
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
physikalische NW-Behandlung												
geoSTON® [Klostermann GmbH & Co. KG]	98,6					96	56,6	95,9	99		89,3	
Aquafil [Betonwerk Lintel GmbH & Co. KG]						88,6	95,4	93,5	98,1		97,5	
Straßenablauf mit Nassschlammfang [DIN 4052-1 bis 4]	20-35											
Separationsstraßenablauf [ACO Drain Passavant GmbH]	40-55											
Sedi®-pipe [Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG]	57											
Geotextilfiltersack [P. Schreck Vlies- und Filtertechnik GmbH]	80						70	58	73			
Centrifoeel® [Valperz-Scarabaeus GmbH]	99,6					90,6	97,9		97,5			95,4
Sedimentationsanlage MSA [Mall GmbH]	80											
Lamellenklärer MLK-R [Mall GmbH]	80-90											
physikalisch-chemische NW-Behandlung												
INNOLET® [Funke Kunststoffe GmbH]	48	48	40				48	32				
Neuentwicklung TUM et al. [TU München / Hans Huber AG / HydroCon GmbH]							94,6	95,2	86,6	96,7		
TECU®-Fallrohrfilter [KME Germany AG]								72				
Sickerschicht [KME Germany AG]							98,3	99,1				
Metalldachfilter MF [Mall GmbH]								95				
Huber-Hydro-Filt® [Hans Huber AG]								96,3				
RAUSIKKO®-HydroClean [REHAU AG & Co.]	94			91			86	84	82		91	
physikalisch-chemisch-biologische NW-Behandlung												
INNODRAIN® [Mall GmbH]	81	63	45				81	45				
Terra-Regenspeicher® [Mall GmbH]							33,6	66,8	80,8			
ECO Bodenfilter ¹⁾ [Betonwerke Müller GmbH & Co. KG]	99	80	60	90	30	99	95	99	99	90		99
D-Rainclean®-Sickersmulde ¹⁾ [Funke Kunststoffe GmbH]	99	80	60	90	30	99	95	99	99	90		99
Flächenablaufilter mit BIOFIL-Substrat [Heitker GmbH]	80-99	70-95	60-80	60-99						80-99		
Flächenversickerung [Nadler und Meissner, 2001]						55	88	52	86			

Muldenversickerung [LFW Bayern, 1999; Nadler und Meissner, 2001]	90-91,5						84-86	59-70	88-94			
Mulden-Rigolen-Versickerung [Sommer, 2007]	87	68	48				87	48				

*) die so gekennzeichneten Anlagen arbeiten mit identischem Substrat.

4.2.5 Planungsbeispiele für dezentrale NW-Behandlungsanlagen

Anhand von fünf Planungsbeispielen wird in **Anhang 4** die Verwendung von DNWB-Anlagen erläutert.

4.3 Vergleich der Reinigungsleistungen zentraler und dezentraler NW-Behandlungsanlagen

Vor dem Vergleich der Reinigungsleistungen zentraler NW-Behandlungsanlagen (RKB, RBF; Kapitel 4.1.1, Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4) und dezentraler NW-Behandlungsanlagen (Kapitel 4.2.4, Tabelle 4-7) ist Folgendes zu betonen:

- der Stichprobenumfang ist für beide Gruppen je nach Parameter gering bis sehr gering
- die in den Stichproben zusammengefassten Anlagentypen sind für beide Gruppen heterogen
- innerhalb der Stichproben sind die Untersuchungs- und Auswertungsmethoden heterogen
- die Reinigungsleistungen für RBF wurden i. W. für Anlagen im Mischsystem erfasst und werden für Trennsysteme niedriger erwartet

Der Vergleich der Median-Werte der Reinigungsleistungen von RKB (rein physikalische NW-Behandlung) mit denen rein physikalisch wirksamer DNWB-Anlagen zeigt:

- AFS-Rückhalt: je nach Anlagentyp kann die Leistungsfähigkeit von RKB erreicht und überschritten werden
- Schwermetall-Rückhalt: ist bei den untersuchten DNWB-Anlagen höher als bei RKB
- MKW-Rückhalt: der in nur einer DNWB-Anlage gemessene Wert ist besser als bei RKB

Die Gegenüberstellung der Median-Werte für die Reinigungsleistungen von RBF (physikalische, chemische und biologische Wirksamkeit) mit dezentralen Anlagen zur physikalischen-chemischen NW-Behandlung macht deutlich:

- AFS-Rückhalt: ob die Reinigungsleistung von RBF erreicht werden kann ist abhängig von der Art der eingesetzten DNWB-Anlage
- Schwermetall-Rückhalt: bis auf 1 System liegt der Wirkungsgrad der DNWB-Anlagen in der Größenordnung von RBF

Schließlich sollen die Median-Werte der Reinigungsleistungen von RBF mit dezentralen Anlagen zur physikalisch-chemisch-biologischen NW-Behandlung verglichen werden. Erwartet wird, dass die Reinigungsleistungen gleiche Größenordnungen besitzen, da sowohl die zentralen als auch die dezentralen Anlagen auf die Wirkungsmechanismen eines biologisch aktiven Substrates setzen. Der Vergleich zeigt:

- AFS- und CSB-Rückhalt: zentrale und dezentrale Anlagen zeigen Werte in gleicher Größenordnung
- Schwermetall-Rückhalt: der Wirkungsgrad der untersuchten DNWB-Anlagen schwankt deutlich; es gibt Anlagen – besser gesagt Substrate - die die Reinigungsleistung von RBF erreichen.

Zusammenfassend ist hinsichtlich des Aspektes „Reinigungsleistung von NW-Behandlungsanlagen“ festzuhalten:

- Bezogen auf die betrachteten Parameter stellen DNWB-Anlagen eine zumindest gleichwertige Alternative zu Becken mit RKB-Funktion dar.
- Es existieren DNWB-Anlagen, die allein mit physikalisch-chemischen Wirkungsmechanismen, d. h. ohne Nutzung biologischer Prozesse, bzgl. der betrachteten Parameter Reinigungsleistungen wie RBF erzielen können.
- Es existieren physikalisch-chemisch-biologische DNWB-Anlagen deren Reinigungsleistung bzgl. der betrachteten Parameter den Wirkungsgrad von RBF erreichen.

4.4 Offene Fragen und Untersuchungsbedarf

4.4.1 Zentrale NW-Behandlungsanlagen in Trennsystemen: Reinigungsleistung

Für Anlagen zur zentralen NW-Behandlung (ZNWB-Anlagen) besteht noch erhebliche Unsicherheit über die Reinigungsleistung der Anlagen. Gründe für die Unsicherheit sind vor allem:

- Die Anzahl der in kommunalen Trennsystemen gelegenen, auf ihre Reinigungsleistung hin untersuchten Anlagen ist gering.
- Die untersuchten Anlagen unterscheiden sich u. a. hinsichtlich Aufbau, Anordnung, Größe, hydraulischer Beaufschlagung, stofflicher Belastung und Betriebsweise.
- Die durchgeführten Messprogramme, die eingesetzte Messtechnik sowie die gewählten Auswertungsmethoden sind uneinheitlich.

Die verfügbaren Daten über die Reinigungsleistung vor allem der etablierten, im Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] aufgeführten Anlagentypen (RBF, RKBmD, RKBoD) sind zu verdichten und abzusichern. Im Hinblick auf eine Variation der Einflussgrößen und aus Zeit- und Kapazitätsgründen sind die Untersuchungen an mehreren Becken durch unterschiedliche Projektteams durchzuführen. Empfohlen wird daher, eine systematisierende Phase vorweg zu schalten. In dieser Phase sollten die Gestaltungs-, Bau- und Betriebsweise der zu betrachtenden Anlagen, die durchzuführenden Messprogramme sowie die einzusetzenden Messtechniken und Untersuchungsmethoden für die nachfolgenden Projekte einheitlich definiert werden.

4.4.2 Dezentrale NW-Behandlungsanlagen

4.4.2.1 Reinigungsleistung

Unter den DNWB-Anlagen existieren Typen, die sich hinsichtlich ihrer Reinigungsleistung mit zentralen NW-Behandlungsanlagen messen können. Dieser Einschätzung liegen jedoch keine Daten systematischer Prüfungen unter vergleichbaren versuchstechnischen Randbedingungen zugrunde, sondern heterogene Einzelinformationen.

Angeregt wird daher, einen direkten Vergleich zwischen ZNWB- und DNWB-Anlagen im Rahmen der in Kapitel 4.4.1 vorgeschlagenen Projektreihe durchzuführen. Vorstellbar ist es, ausgewählte Anlagentypen für die Gruppen „physikalische NW-Behandlung“, „chemisch-physikalische NW-Behandlung“ und „physikalisch-chemisch-biologische NW-Behandlung“ den betrachteten ZNWB-Anlagen parallel zu schalten und mit im Zulauf zu den ZNWB-Anlagen abgezweigten Teilströmen zu beschicken. Ein Vergleich dieser Art bietet folgende Vorteile:

- Die stoffliche Belastung von ZNWB- und DNWB-Anlagen ist unmittelbar vergleichbar.
- Die hydraulische Beanspruchung der DNWB-Anlagen ist regulierbar.
- Mess- und Analysentechnik sowie Auswertungsmethodik für ZNWB- und DNWB-Anlagen werden aufeinander abgestimmt.

- Mess- und Probenahmegeräte sind leichter kontrollierbar und können besser vor Vandalismus geschützt werden.

Der o. g. Vorschlag ist aber mit zumindest einem Nachteil verbunden: DNWB-Anlagen sind auf die spezifische stoffliche Belastung bestimmter Herkunftsflächen des NW-Abflusses ausgerichtet. Anlagen, die z. B. speziell für die Behandlung des NW-Abflusses von metallischen Dachflächen gedacht sind, können auf die zuvor beschriebene Weise nicht untersucht werden. Untersucht werden können lediglich hinsichtlich der Herkunftsfläche des NW-Abflusses variabel einsetzbare DNWB-Anlagen. Auch ist zu berücksichtigen, dass an ZNWB-Anlagen i. d. R. auch Flächen der Kategorien I und IIa gem. Trennsystemerlass angeschlossen sind, wodurch die Stoffkonzentrationen im Zufluss der Anlagen reduziert werden. Die durch den dargestellten Anlagenvergleich gewonnene Aussage über die Reinigungsleistung von DNWB-Anlagen ist daher rein relativ in Bezug zu ZNWB-Anlagen zu sehen. Die tatsächliche Reinigungsleistung der DNWB-Anlagen unmittelbar im Anschluss an eine belastete Fläche kann bei höheren Zulaufkonzentrationen durchaus größer sein.

Für DNWB-Anlagen mit spezifischen Einsatzgebieten, die nicht auf die zuvor beschriebene Weise untersucht werden können, sind standardisierte Prüf- und Auswertungsmethoden zu definieren, um einen Vergleich des Wirkungsgrades der DNWB-Anlagen untereinander zu ermöglichen.

4.4.2.2 Betriebssicherheit

Die Betriebssicherheit von DNWB-Anlagen ist in-situ oder unter vergleichbaren Laborbedingungen zu untersuchen. Vorab ist es erforderlich, ggf. getrennt für verschiedene Anlagentypen, standardisierte Prüfbedingungen zu definieren. Insbesondere folgende Aspekte sollten geprüft werden:

- Wartungsempfindlichkeit der Anlagen im Dauerbetrieb, z. B.
 - Verlegung von Fließquerschnitten, Filtern oder Sieben durch Störstoffe
 - Eingeschränkte Funktionstüchtigkeit beweglicher Bauteile (Schwimmer o. ä.)
- Verhalten der Anlagen bei außergewöhnlichen Lastfällen, z. B.
 - Starkregen, Schneeschmelze (hydraulische Überlastung)
 - Unfall oder Spülstoß nach größerer Stoffakkumulation (stoffliche Überlastung)
 - Vereisung (reduzierte Durchlässigkeit, eingeschränkte Mobilität beweglicher Organe)
 - Tausalzeinfluss (Mobilisierung von Schadstoffen)

4.4.2.3 Betriebsaufwand und -kosten

Die Entscheidung, ob zur NW-Behandlung eine zentrale oder mehrere dezentrale bzw. semizentrale Anlagen anzuordnen sind, hängt von den Gegebenheiten des Einzelfalls ab. Um die Wirtschaftlichkeit der Lösungsmöglichkeiten vergleichen zu können, sind Angaben über die Investitions- und Betriebskosten erforderlich. Als am schwierigsten wird die Kalkulation der Betriebskosten der DNWB-Anlagen eingeschätzt. Seitens der potenziellen Betreiber der DNWB-Anlagen besteht vor allem die Sorge, dass dezentrale NW-Behandlungsanlagen durch die räumliche Streuung der Betriebspunkte mit den verfügbaren Ressourcen an Personal, Maschinen und Geräten nicht mehr bewirtschaftet werden können. Unsicherheit besteht bzgl. folgender Punkte:

- erforderliche Kontroll-, Wartungs- und Reinigungsintervalle
- Art der durchzuführenden Wartungs- und Reinigungsarbeiten
- Zeitaufwand für die durchzuführenden Wartungs- und Reinigungsarbeiten
- Kalkulation des Zeitaufwandes für die durchzuführenden Wartungs- und Reinigungsarbeiten unter Berücksichtigung der variablen räumlichen Entfernung der Anlagen zum Betriebshof und der begrenzten Transportmöglichkeit der Betriebsfahrzeuge (z. B. Fassungsvermögen der Ladefläche bei Filteraustausch)

In die Betriebskosten sind auch die anfallenden Entsorgungskosten einzubeziehen. In diesem Zusammenhang sind folgende Fragen zu klären

- Mit welchen Standzeiten ist bei den verwendeten Filtersubstraten zu rechnen?
- In welchem Umfang und mit welchen Kosten lassen sich Filtersubstrate ggf. reaktivieren?
- Welche Kosten fallen für die Entsorgung der Filtersubstrate an?

5 Datenerhebung: NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln

In der vorliegenden Untersuchung werden punktuelle NW-Einleitungen innerhalb geschlossener Ortschaften betrachtet („kommunale Trennsysteme“).

Betrachtungsraum ist der in NRW gelegene Regierungsbezirk (RegBez) Köln mit einer Fläche von 7.365 km². Er ist untergliedert in 4 kreisfreie Städte und 8 Kreisen mit 95 kreisangehörigen Kommunen (Abbildung 5-1, Tabelle 5-1). In jeder kreisfreien Stadt bzw. in jedem Kreis befindet sich eine der 12 Unteren Wasserbehörden (UWB´n).

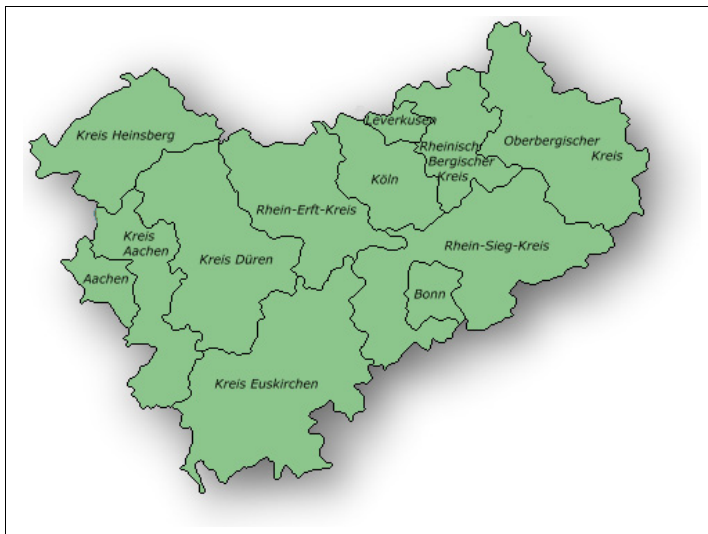


Abbildung 5-1:
Übersicht über die Kreise und kreisfreien Städte im RegBez Köln [BezReg Köln]

Tabelle 5-1: Zuordnung der 95 kreisangehörigen Kommunen im RegBez Köln zu den 8 Kreisen

Kreis Aachen	Baesweiler, Alsdorf, Eschweiler, Herzogenrath, Monschau, Stolberg, Würselen
Kreis Düren	Aldenhoven, Düren, Heimbach, Hürtgenwald, Inden, Kreuzau, Jülich, Langerwehe, Linnich, Nideggen, Niederzier, Nörvenich, Merzenich, Titz, Vettweiß
Kreis Euskirchen	Bad Münstereifel, Blankenheim, Dahlem, Euskirchen, Hellenthal, Kall, Mechernich, Nettersheim, Schleiden, Weilerswist, Zulpich
Kreis Heinsberg	Erkelenz, Gangelt, Geilenkirchen, Heinsberg, Hückelhoven, Übach-Palenberg, Selfkant, Waldfeucht, Wassenberg, Wegberg
Oberbergischer Kreis	Bergneustadt, Engelkirchen, Gummersbach, Hückeswagen, Lindlar, Marienheide, Morsbach, Nümbrecht, Radevormwald, Reichshof, Waldbröl, Wiehl, Wipperfürth
Rhein-Erft-Kreis	Bedburg, Bergheim, Brühl, Elsdorf, Erftstadt, Frechen, Hürth, Kerpen, Pulheim, Wesseling
Rheinisch-Bergischer Kreis	Bergisch Gladbach, Burscheid, Kürten, Leichlingen, Odenthal, Overath, Rösrath, Wermelskirchen
Rhein-Sieg-Kreis	Alfter, Bad Honnef, Bornheim, Eitorf, Hennef, Königswinter, Lohmar, Meckenheim, Much, Niederkassel, Neunkirchen-Seelscheid, Rheinbach, Ruppichteroth, Sankt Augustin, Siegburg, Swisttal, Troisdorf, Wachtberg, Windeck

Die wasserrechtliche Zuständigkeit für NW-Einleitungen (Abwassereinleitungen) war bis Ende 2007 in der „Verordnung zur Regelung der Zuständigkeiten auf dem Gebiet des technischen Umweltschutzes“ (ZustVOtU) wie folgt geregelt:

- UWB: bei Einleitungsmenge $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$

- BezReg: bei Einleitungsmenge > 200 m³/2h
(oder eines entsprechend geringeren Volumenstroms in einem kürzerem Zeitraum)

Mit Wirkung vom 1.1.2008 ist aufgrund einer Verwaltungsstrukturreform in NRW die ZustVOtU außer Kraft getreten. Seitdem gilt die „Zuständigkeitsverordnung Umweltschutz“ (ZustVU). Hiernach ist für alle Abwassereinleitungen die UWB wasserrechtlich zuständig - unabhängig von der Einleitungsmenge.

Bereits 2006 wurde seitens der BezReg Köln mit der Abfrage von Daten zu NW-Einleitungen > 200 m³/2h bei den Kommunen begonnen. Die Abfrage wurde im Verlauf des hier dargestellten Projektes fortgeführt, so dass auch die 2006/2007 noch gültige Unterscheidung in NW-Einleitungen kleiner/größer 200 m³/2h aufrecht erhalten wurde. Da sich der Informationsgehalt beider Datenbestände wesentlich unterscheidet, war diese Unterteilung auch sachlich angeraten.

Als Grundlage sowohl für die Prüfung der Behandlungsbedürftigkeit der NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen gem. Kapitel 3.4 als auch für die Abschätzung des erforderlichen Maßnahmenbedarfs (Kapitel 6) sind für jede Einleitungsstelle im Wesentlichen folgende Mindestinformationen erforderlich:

- Einleitungsstelle: Name, Koordinaten, angeschlossene Fläche, NW-Abfluss
- Herkunftsbereiche des NW-Abflusses: Kategorien gem. Trennsystemerlass bzw. Informationen zu Flächennutzungen
- Maßnahmen zur NW-Behandlung: vorhandene bzw. bereits geplante

Nachfolgend ist aufgeführt, welche Informationen im Einzelnen bei den zuständigen Behörden erfragt wurden. Ergänzend hierzu gaben Luftbilder und die Informationen verschiedener Geodaten-server Aufschluss z. B. über die Struktur der Herkunftsbereiche des NW-Abflusses, die Art der Bebauung, Anzahl von Wohneinheiten, die Art und z. T. auch die Bedeutung von Verkehrsflächen. Übersichtslisten der in Gewerbe- und Industriegebieten ansässigen Firmen lieferten weitere Informationen zur Kategorisierung von Herkunftsbereichen.

5.1 Datenerhebung für NW-Einleitungen > 200 m³/2h

5.1.1 Datenbestand der Kommunen

In der dem Projekt vorangegangenen Erhebungsphase wurden durch die BezReg Köln folgende Informationen bei den Kommunen abgefragt:

- Aktenzeichen der Einleitungsstelle
- Bezeichnung der Einleitung
- Größe des kanalisierten Einzugsgebietes
- Herkunftsbereiche der Niederschlagsabflüsse
- Selbsteinschätzung der Belastungskategorien gemäß Anlage 1 des Trennsystemerlasses
- Vorhandene Behandlungsmaßnahmen
- Übersichtspläne der Einzugsgebiete

Darüber hinaus führte die BezReg Köln mit einigen Kommunen Abstimmungsgespräche, in denen gemeinsam mit den Vertretern der Kommunen die Behandlungsbedürftigkeit der einzelnen NW-Einleitungen ermittelt oder weiterer Untersuchungsbedarf festgestellt wurde.

Im Hinblick auf die im Projekt zu beantwortenden Fragen wurde der o. g. Fragenkatalog zu Projektbeginn um folgende Punkte erweitert und konkretisiert:

- Rechts- und Hochwert der Einleitungsstellen im Gauss-Krüger-Koordinatensystem
- Größe der angeschlossenen befestigten Flächen A_{E,b}

- Einleitungsabflüsse und Berechnungsverfahren der Einleitungsabflüsse
- ggf. bereits geplante Behandlungsmaßnahmen

Den Kommunen, für die zu Projektbeginn Mitte 2007 noch keine Informationen vorlagen, wurden der erweiterte Fragenkatalog erstmalig zugesandt. Zur Vervollständigung des Datenbestandes wurden auch die bereits befragten Kommunen um Ergänzungen gebeten.

Darüber hinaus wurden die o. g. Abstimmungsgespräche zwischen den Kommunen und der BezReg Köln unter Beteiligung der FH Köln fortgeführt.

Hinsichtlich der erhaltenen Informationen ist festzuhalten, dass vor allem die Informationen über die Größe der an einer Einleitungsstelle angeschlossenen, befestigten Flächen variieren: einige Kommunen machen keine Angaben diesbezüglich, da die tatsächlich angeschlossenen Flächen der Einleitungen nicht bekannt ist, andere schätzen die befestigte Fläche anhand der Größe des gesamten Einzugsgebietes und eines mittleren Befestigungsgrades ab. Die Mehrheit der befragten Kommunen gibt ermittelte Flächengrößen an, wobei die Ermittlungsmethode nicht immer bekannt ist.

5.1.2 Datenbestand der BezReg Köln

Für die NW-Einleitungen, für die die BezReg Köln Erlaubnisbescheide erteilt hat oder für die bei der BezReg Erlaubnisbescheide beantragt wurden, konnten i. d. R. folgende Informationen genutzt werden:

- Aktenzeichen der Einleitungen bei der BezReg Köln
- Bezeichnungen der Einleitungen
- Rechts- und Hochwerte der Einleitungsstellen im Gauss-Krüger-Koordinatensystem
- Einleitungsabflüsse
- Vorhandene Behandlungsmaßnahmen

Bei Erlaubnissen, die nach dem 26.05.2004 erteilt wurden, wurde darüber hinaus bereits eine Prüfung gem. Trennsystemerlass durchgeführt und der Maßnahmenbedarf an diesen Einleitungen ermittelt.

5.2 Datenerhebung für NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$

Die 12 UWB'n im RegBez Köln wurden gebeten, Daten für die in ihrer Zuständigkeit befindlichen NW-Einleitungen zur Verfügung zu stellen. Abgefragt wurden die in Kapitel 5.1.1 genannten Informationen.

Die Resonanz auf die Anfrage war unterschiedlich. Vielfach konnten die UWB'n keine Aussage über die Behandlungsbedürftigkeit der in ihrer Zuständigkeit liegenden NW-Einleitungen treffen. In einzelnen Fällen fehlte eine digitale Auflistung der Einleitungsstellen.

Teilweise konnten die Daten durch Auskünfte der zuständigen Kommunen weiter ergänzt werden.

5.3 Zusammenstellung der erhobenen Daten

Die erhobenen Informationen sind als Excel®-Tabellen auf CD-ROM beigefügt (**Anhang 6**). Relevante Daten wurden in das in diesem Projekt erstellte Geografische Informationssystem (GIS; Kapitel 9) integriert.

6 Abschätzung des Bedarfs an Maßnahmen zur NW-Behandlung im RegBez Köln

Der Bedarf an Maßnahmen zur Behandlung des Niederschlagswassers aus kommunalen Trennsystemen wurde für den RegBez Köln mit Hilfe des in Kapitel 3.4 dargestellten Prüfschemas abgeschätzt. Die Abschätzung musste aufgrund der unterschiedlichen Datenlage getrennt nach der bis Ende 2007 gültigen Zuständigkeit der BezReg bzw. der UWB erfolgen (vgl. Kapitel 5).

Für NW-Einleitungen > 200 m³/2h, für die bis Ende 2007 die BezReg Köln zuständig war, standen zu großen Teilen der Maßnahmenbedarf und auch die angeschlossenen Flächen fest. Für die in der Zuständigkeit der UWB gelegenen, kleineren NW-Einleitungen, war die Datenlage bzgl. der Größe der angeschlossenen Flächen und der Behandlungsbedürftigkeit des NW-Abflusses schlechter; z. T. war die Anzahl der NW-Einleitungen unbekannt.

6.1 Maßnahmenbedarf bei NW-Einleitungen > 200 m³/2h

Von den insgesamt 1.070 NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln konnten 928 NW-Einleitungen (87 %) auf einen Bedarf an Maßnahmen zur NW-Behandlung gem. Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] hin geprüft werden. Für die restlichen NW-Einleitungen wurden von den angefragten Kommunen keine oder für die Prüfung unzureichende Unterlagen zur Verfügung gestellt. Abbildung 6-1 zeigt den Stand der Prüfung Ende 2008.

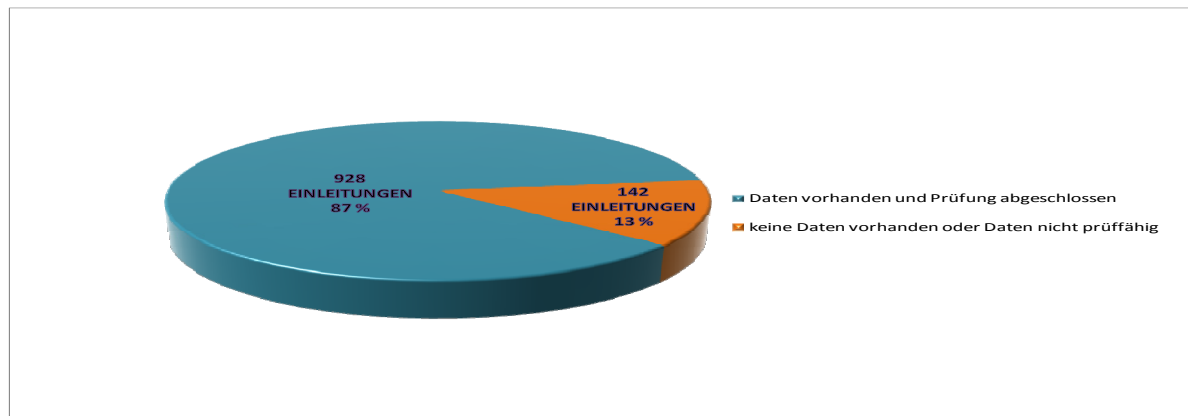


Abbildung 6-1: Maßnahmenbedarf im BezReg Köln: Stand der Prüfung der NW-Einleitungen > 200 m³/2h aus kommunalen Trennsystemen Ende 2008

Bei der Prüfung der 928 NW-Einleitungen wurde für 543 Einleitungen (58,5 %) Maßnahmenbedarf festgestellt. Dabei wurden 440 Einleitungen der Kategorie IIb (81 %) zugeordnet und 103 Einleitungen (19 %) der Kategorie III. Tabelle 6-1 zeigt die Anzahl der NW-Einleitungen > 200 m³/2h und ihre Behandlungsbedürftigkeit je Kreis bzw. kreisfreie Stadt im RegBez Köln.

Für die restlichen, ungeprüften 142 NW-Einleitungen wurde aufgrund fehlender Unterlagen die Behandlungsbedürftigkeit hochgerechnet. Durch Übertragung des prozentualen Anteils behandlungsbedürftiger Einleitungen von 58,5 % (s. o.) auf die ungeprüften Einleitungen ergeben sich weitere 83 behandlungsbedürftige NW-Einleitungen – 67 Einleitungen der Kategorie IIb und 16 der Kategorie III. Nach dieser Hochrechnung sind von den insgesamt 1.070 NW-Einleitungen > 200 m³/2h, 626 Einleitungen behandlungsbedürftig - 507 der Kategorie IIb und 119 der Kategorie III (Abbildung 6-2).

Tabelle 6-1: Bedarf an NW-Behandlungsmaßnahmen im RegBez Köln für NW-Einleitungen > 200 m³/2h aus kommunalen Trennsystemen

Anzahl aller NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln		Anzahl der geprüften NW-Einleitungen	Prüfquote	Anzahl der NW-Einleitungen mit Maßnahmenbedarf	Anzahl der NW-Einleitungen mit Maßnahmenbedarf der Kategorie IIb	Anzahl der NW-Einleitungen mit Maßnahmenbedarf der Kategorie III
Stadt Aachen	42	42	100 %	27	12	15
Kreis Aachen	83	47	59 %	17	13	4
Kreis Düren	202	160	79 %	93	71	22
Rhein-Erft-Kreis	73	71	97 %	36	34	2
Kreis Euskirchen	46	46	100 %	23	21	2
Kreis Heinsberg	65	64	99 %	39	37	2
Oberbergischer Kreis	145	132	91 %	56	55	1
Rheinisch-Bergischer Kreis	110	110	100 %	83	64	19
Rhein-Sieg-Kreis	186	140	75 %	84	83	1
Stadt Bonn	3	3	100 %	2	2	0
Stadt Köln	41	39	95 %	27	10	17
Stadt Leverkusen	74	74	100 %	56	38	18
RegBez Köln	1.070 (100 %)	928 (87 %)		543 (58,5 %)	440 (81 %)	103 (19 %)

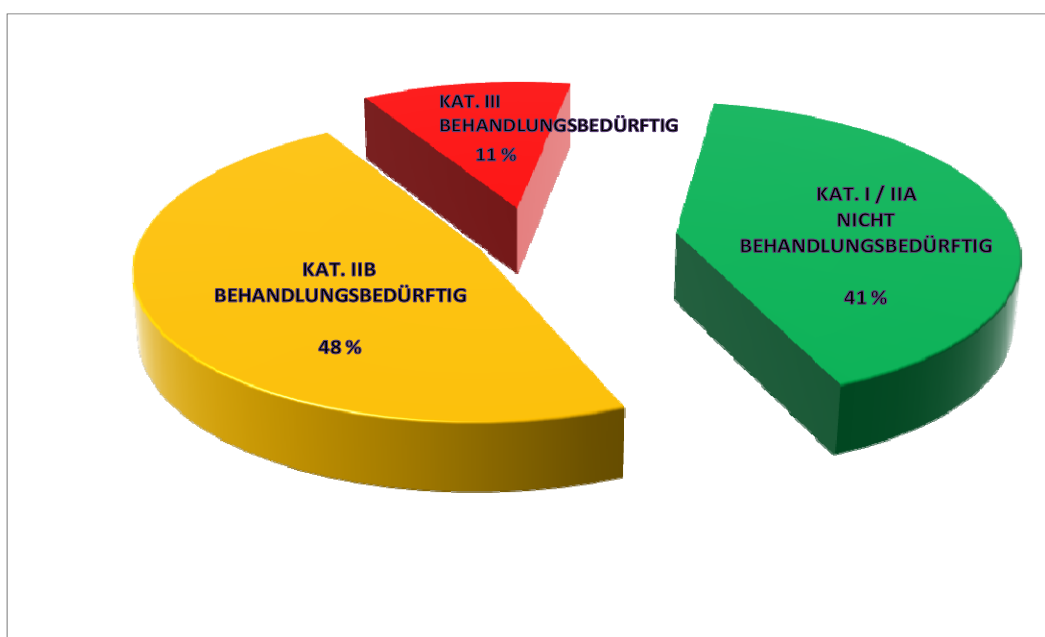


Abbildung 6-2: Hochgerechnete Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen > 200 m³/2h aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln Ende 2008

6.2 Maßnahmenbedarf bei NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$

Über die NW-Einleitungen in der wasserrechtlichen Zuständigkeit der UWB´n standen weniger Informationen zur Verfügung. Für den Kreis Euskirchen und den Rhein-Sieg-Kreis musste die Anzahl der NW-Einleitungen abgeschätzt werden. Für die anderen UWB´n lag die Anzahl der NW-Einleitungen vor. Für die Stadt Aachen und die Stadt Wiehl war darüber hinaus der Anteil an behandlungsbedürftigen Einleitungen bekannt.

Von den insgesamt 1.543 NW-Einleitungen im RegBez konnten 861 NW-Einleitungen (56 %) auf den Behandlungsbedarf gem. Trennsystemerlass geprüft werden. Für die restlichen NW-Einleitungen wurden von den UWB´n keine oder für die Prüfung unzureichende Unterlagen zur Verfügung gestellt. Abbildung 6-3 zeigt den Stand der Prüfung Ende 2008.

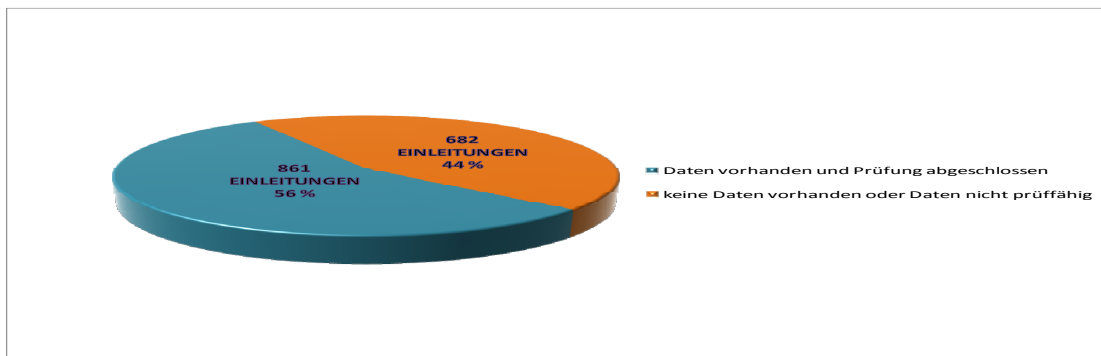


Abbildung 6-3: Maßnahmenbedarf im BezReg Köln: Stand der Prüfung der NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$ aus kommunalen Trennsystemen Ende 2008

Bei der Prüfung der 861 NW-Einleitungen wurde für 263 Einleitungen (30,5 %) Maßnahmenbedarf festgestellt. Dabei wurden 214 Einleitungen der Kategorie IIb (81 %) zugeordnet und 49 Einleitungen (19 %) der Kategorie III.

Für die restlichen ungeprüften 682 NW-Einleitungen wurde aufgrund fehlender Unterlagen die Behandlungsbedürftigkeit hochgerechnet. Durch Übertragung des prozentualen Anteils behandlungsbedürftiger Einleitungen von 30,5 % (s. o.) auf die ungeprüften Einleitungen ergeben sich weitere 208 behandlungsbedürftige NW-Einleitungen - 168 Einleitungen der Kategorie IIb und 40 der Kategorie III.

Nach dieser Hochrechnung sind von insgesamt ca. 1.543 NW-Einleitungen $< 200 \text{ m}^3/2\text{h}$, 471 Einleitungen behandlungsbedürftig, davon 382 der Kategorie IIb und 89 der Kategorie III (Abbildung 6-4).

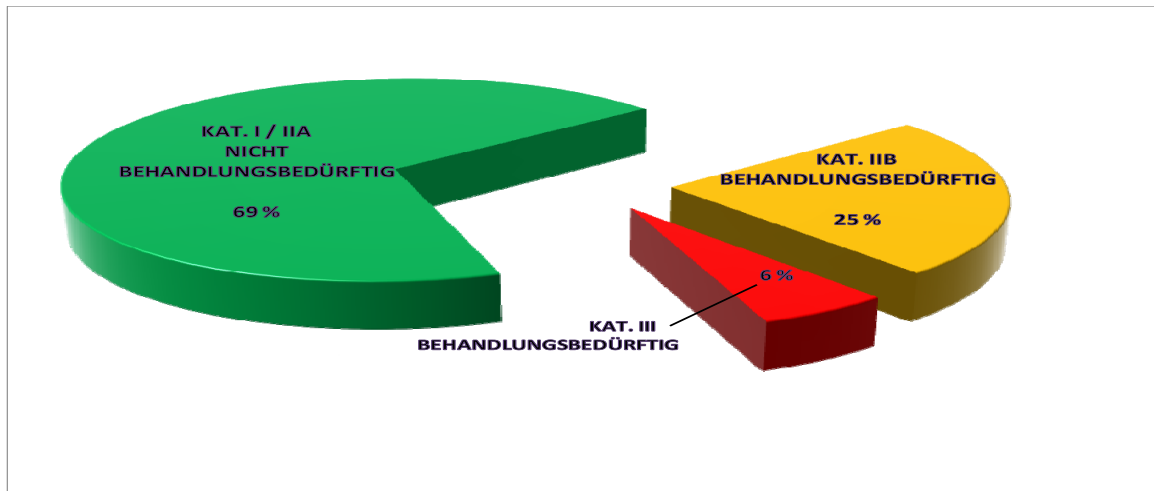


Abbildung 6-4: Hochgerechnete Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2\text{h}$ aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln Ende 2008

6.3 Zusammenfassung des Maßnahmenbedarfs im RegBez Köln

Tabelle 6-2 zeigt i. V. m. Abbildung 6-5 den Gesamtbedarf an Maßnahmen zur Behandlung von NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln. Es ist zu betonen, dass es sich bei diesem Ergebnis um eine Hochrechnung handelt, da für einige Kommunen die Anzahl und die Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen abgeschätzt werden mussten.

Tabelle 6-2: Hochgerechneter Maßnahmenbedarf im RegBez Köln Ende 2008

NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln	2.613
davon behandlungsbedürftig	1.097 (42 %)
davon Kategorie IIB	889
davon Kategorie III	208

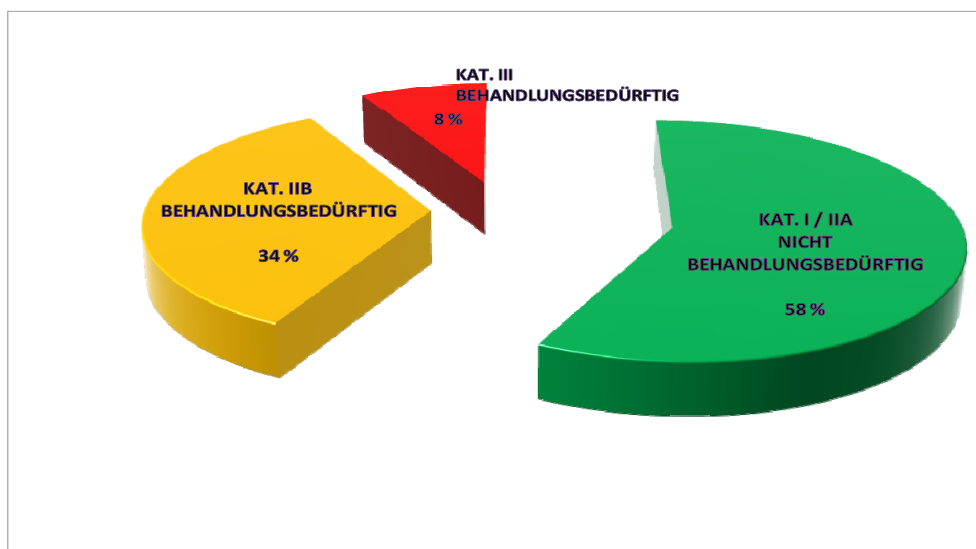


Abbildung 6-5: Hochgerechnete Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln Ende 2008

7 Auswirkung des Maßnahmenbedarfs auf die kommunalen NW-Entwässerungskonzepte im RegBez Köln

7.1 Kosten der Maßnahmenumsetzung

Da die Art der Maßnahmen, die später von den Kommunen an den behandlungspflichtigen Einleitungsstellen umgesetzt werden, nicht bekannt ist, wurde bei der Kostenschätzung von der Umsetzung nur zentraler Maßnahmen zur NW-Behandlung ausgegangen. Dabei wurden in Anlehnung an den Trennsystemerlass, Anlage 2 [MUNLV, NRW 2004] folgende Maßnahmenarten gewählt:

- Kategorie I und IIa: keine Maßnahme
- Kategorie IIb: RKB
- Kategorie III: RBF bzw. Anschluss an zentrale Kläranlage

Eventuell günstigere Alternativen wurden aufgrund der Vielzahl der Einleitungen und der fehlenden Kenntnis über die jeweiligen örtlichen Gegebenheiten nicht berücksichtigt. Vorausgesetzt wurde, dass die notwendigen Grundstücke vorhanden sind bzw. der Erwerb möglich ist.

Die Kosten für

- Grunderwerb
- Ingenieurleistungen
- Nebenanlagen (z. B. Zu-/Ableitungskanäle, Trennbauwerke)

konnten aufgrund der Unkenntnis über die örtlichen Besonderheiten nicht berücksichtigt werden. Die Betriebskosten bleiben ebenfalls unberücksichtigt.

7.1.1 Maßnahmen der Kategorie IIb - Nettobaukosten der RKB

Angesetzt werden die spezifische Nettobaukosten gem. [Kron, 2008] (Kapitel 4.1.2, Abbildung 4-1); sie werden allerdings limitiert auf maximal 7.724 €/m³, den spezifischen Kosten für Becken mit 25 m³ Volumen. Wie in Abbildung 7-2 gezeigt wird, werden im RegBez aller Voraussicht nach in größerer Zahl RKB mit kleinen Volumina erforderlich. Daher bietet es sich an, diese Becken aus vorgefertigten Einzelmodulen zu erstellen statt in Ortbetonbauweise. Die o. g. Begrenzung der zukünftigen spezifischen Baukosten für kleine Becken erscheint daher gerechtfertigt.

Bei 31 NW-Einleitungen, die der Kategorie IIb zugeordnet wurden, sind bereits RKBmD vorhanden, die jedoch gem. Trennsystemerlass, Anlagen 1 und 2, für die Behandlung von NW der Kategorie II nicht die erforderliche Reinigungsleistung aufweisen. Diese RKB müssen daher auf einen Betrieb ohne Dauerstau umgestellt werden, um den Anforderungen des Trennsystemerlasses zu genügen. Daher sind jeweils Entleerungspumpen einzubauen und die Ableitung zu einer Kläranlage herzustellen. Da hierfür kein Neubau der Becken erfolgen muss, werden diese NW-Einleitungen und die Kosten für die Umstellung der Betriebsweise nicht in der folgenden Kostenschätzung berücksichtigt.

Gem. Trennsystemerlass beträgt das erforderliche RKB-Volumen 5 m³/ha für angeschlossene Flächen der Kategorien I und IIa und 10 m³/ha für Flächen der Kategorien IIb und III, jeweils bezogen auf A_{E,b}. Für die Ermittlung des erforderlichen Behandlungsvolumens waren bei der Datenerhebung (Kapitel 5) daher die angeschlossenen befestigten Flächen nach Kategorien differenziert zu erfassen. Für die NW-Einleitungen im RegBez Köln, die der Kategorie IIb zugeordnet wurden und noch nicht über eine Behandlungsanlage verfügen, liegen folgende Informationen über die Flächen der Einzugsgebiete vor:

- 163 NW-Einleitungen: Flächenangaben (A_u, A_{E,b}) differenziert nach Kategorien
- 383 NW-Einleitungen: Flächenangaben (A_{u,ges}, A_{E,b,ges}, A_{E,k,ges}) für das Gesamteinzugsgebiet

■ 312 NW-Einleitungen: Keine Flächenangaben vorhanden

Da für die NW-Einleitungen der Kategorie IIb unterschiedlich detaillierte Flächenangaben vorliegen, wurde die Ermittlung der erforderlichen Beckenvolumina mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt (Abbildung 7-1).

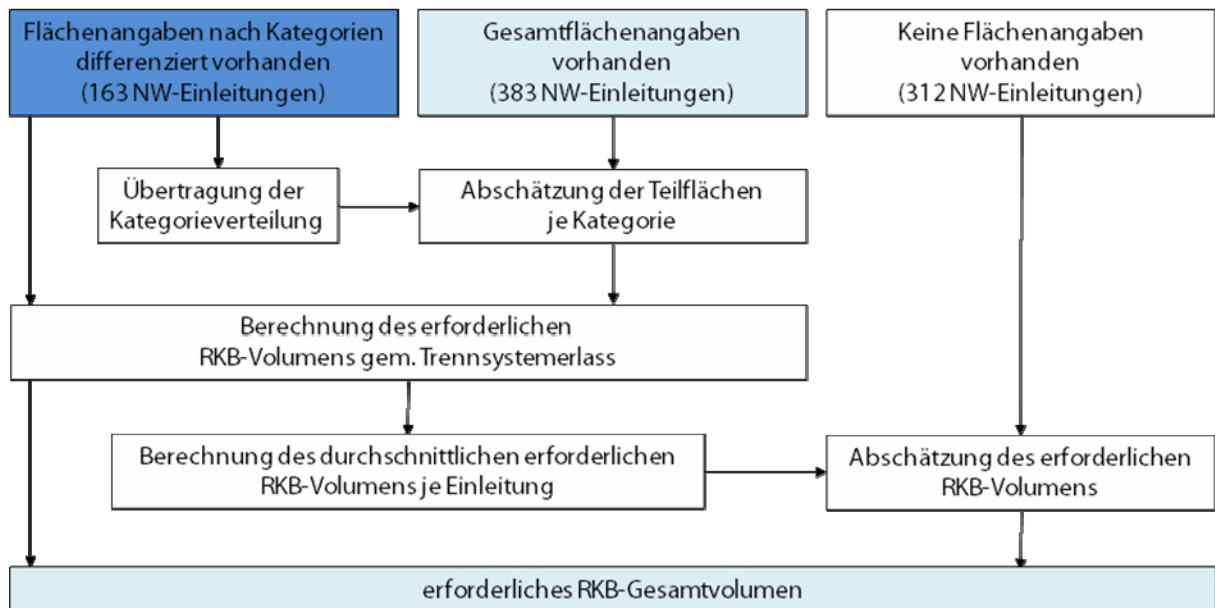


Abbildung 7-1: Vorgehensweise zur Hochrechnung des erforderlichen RKB-Volumens für die NW-Einleitungen der Kategorie IIb

Für 163 NW-Einleitungen konnte das erforderliche RKB-Volumen mit den nach Kategorien differenzierten Flächenangaben berechnet werden.

Für die 383 NW-Einleitungen, für die nur Angaben über die nicht nach Kategorien differenzierte, gesamte angeschlossene Fläche ($A_{E,k}$, $A_{E,b}$ oder A_u ; zur Flächenumrechnung vgl. Kapitel 8.4.1) vorliegen, wurde die Verteilung der Gesamtflächen auf die Kategorien abgeschätzt. Als Referenz dienten die Daten der Städte Aachen und Bergisch Gladbach (Tabelle 7-1 und Tabelle 7-2), da - abgesehen von der Stadt Düren (s. u.) - bislang nur hier die angeschlossenen Flächen differenziert nach Kategorien zur Verfügung stehen. Bei der Ermittlung der Kategorie-Verteilung wurden nur Einzugsgebiete mit höchster Kategorie IIb berücksichtigt (zur Zuordnung einer Kategorie zu einer Einleitungsstelle vgl. Abbildung 3-4). Die detaillierteren Daten der Stadt Düren wurden aufgrund eines für den RegBez Köln als nicht repräsentativ eingeschätzten, hohen Anteils der Kategorie III nicht verwendet.

Tabelle 7-1: Kategorie-Verteilung der angeschlossenen Flächen der Trennsysteme in Aachen

Einzugsgebiete mit höchster Kategorie IIb	Kategorie I	Kategorie IIa	Kategorie IIb
NW-Einleitungen > 200 m ³ /2h	54 %	18 %	28 %
NW-Einleitungen ≤ 200 m ³ /2h	49 %	23 %	28 %

Tabelle 7-2: Kategorie-Verteilung der angeschlossenen Flächen der Trennsysteme in Bergisch Gladbach

Einzugsgebiete mit höchster Kategorie IIb	Kategorie I	Kategorie IIa	Kategorie IIb
NW-Einleitungen > 200 m ³ /2h	64 %	20 %	16 %
NW-Einleitungen ≤ 200 m ³ /2h	69 %	21 %	10 %

Zur Abschätzung der befestigten Flächen je Kategorie wurde die prozentuale Kategorie-Verteilung der Stadt Aachen auf die kreisfreien Städte und die prozentuale Verteilung der Stadt Bergisch Gladbach auf die kreisangehörigen Städte und Gemeinden übertragen. Mit der auf diese Weise abgeschätzten Kategorie-Verteilung wurde anschließend für jede Kommune das jeweils erforderliche RKB-Volumen ermittelt. Dabei wurde für jede Einleitung ein eigenes RKB angesetzt. Die Möglichkeit, mehrere behandlungsbedürftige NW-Einleitungen an ein RKB anzuschließen wurde aufgrund der fehlenden Kenntnis der örtlichen Randbedingungen nicht geprüft.

Für die 546 NW-Einleitungen mit Flächenangaben ergibt sich ein erforderliches RKB-Volumen von 25.622 m³ (Durchschnitt: i. M. 62 m³ je Einleitung > 200 m³/2h; i. M. 14 m³ je Einleitung ≤ 200 m³/2h).

Für die 312 NW-Einleitungen ohne Flächenangaben, wurde das benötigte RKB-Volumen mit den vorgenannten durchschnittlichen RKB-Volumina je Einleitung hochgerechnet. Es ergibt sich ein zusätzliches Volumen von 9.470 m³.

Das für NW-Einleitungen im RegBez Köln erforderliche RKB-Volumen wird mit 35.092 m³ abgeschätzt; die Größenverteilung der Beckenvolumina zeigt Abbildung 7-2. Die erforderlichen Nettobaukosten für RKB werden zu ca. 150 Mio. € geschätzt.

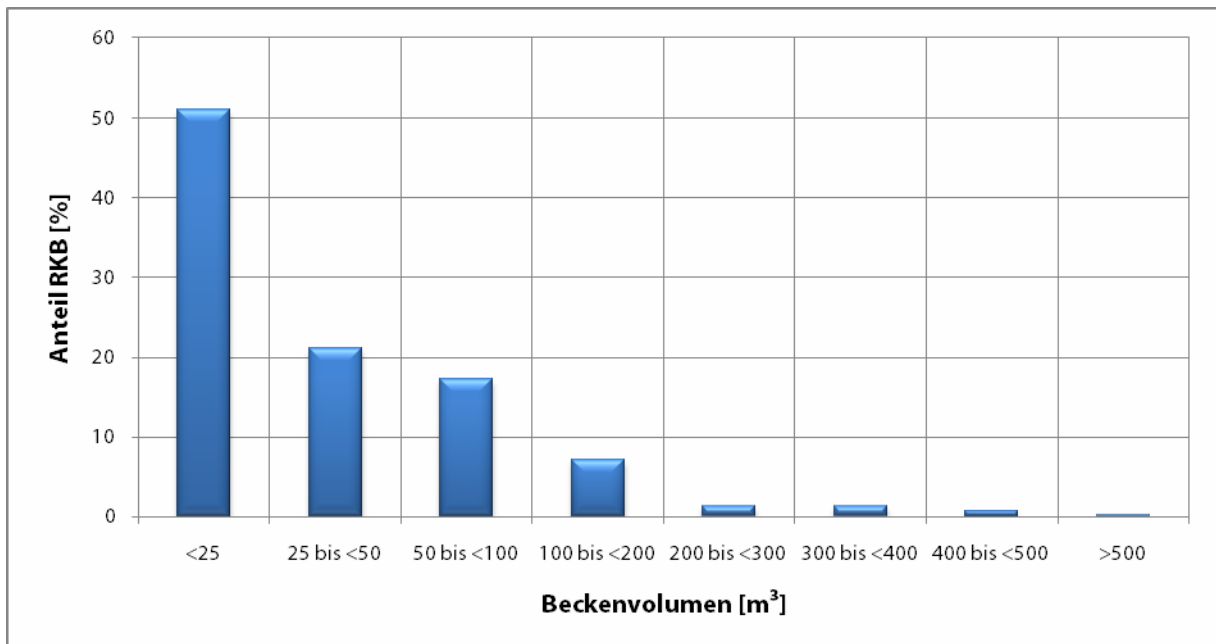


Abbildung 7-2: Größenverteilung der Volumina von RKB im RegBez Köln (Hochrechnung)

7.1.2 Maßnahmen der Kategorie III - Nettobaukosten der RBF

Angesetzt werden die auf A_u bezogenen, spezifischen Nettobaukosten nach [MUNLV NRW, 2003] (Kapitel 4.1.2, Abbildung 4-2). Der Preisstand dieser Daten (Jahr 2000) wurde auf das Jahr 2007 aktualisiert. Verwendet wurden hierzu die Preisindizes (PI) des Baupreisindex für Ortskanäle [Statistisches Bundesamt, 2008]. Bezogen auf das Basisjahr 2005 wurden angesetzt: PI₂₀₀₀ = 100,8; PI₂₀₀₇ = 108,4. Die Umrechnung ist in Kapitel 4.1.2 dargestellt.

Da Angaben über A_u für nur wenige NW-Einleitungen im RegBez Köln vorliegen, wurde angenommen, dass die undurchlässige Fläche in etwa der befestigten Fläche entspricht ($A_u \cong A_{E,b}$). Von den insgesamt 208 NW-Einleitungen der Kategorie III liegen für 131 Einleitungen Angaben über $A_{E,b}$ vor.

Es ist davon auszugehen, dass nicht in jedem Fall eine Behandlung des stark verschmutzten NW-Abflusses in einem RBF erfolgt. Je nach örtlicher Situation wird der behandlungsbedürftige NW-Abfluss auch einer zentralen Kläranlage zugeführt werden. Entscheidungsrelevant sind in diesem Zusammenhang u. a. folgende Aspekte:

- Entfernung einer Fläche der Kategorie III zu einer hydraulisch ausreichend leistungsfähigen Misch- oder ggf. auch Schmutzwasserkanalisation
- Kapazität der zentralen Kläranlage, differenziert nach Anlagenteilen

Bei einer Einleitung in eine Mischwasserkanalisation werden i. d. R. auch die Auswirkungen auf Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung (z. B. Regenüberlaufbecken) oder -rückhaltung zu betrachten sein.

In diesem Projekt wurde zur groben Abschätzung vereinfachend davon ausgegangen, dass kleinere NW-Einleitungen der Kategorie III an zentrale Kläranlagen angeschlossen werden. Als „kleinere Einleitungen“ werden dabei NW-Einleitungen definiert, deren angeschlossene, befestigte Fläche $A_{E,b} < 10$ ha beträgt – entsprechend dem Median der NW-Einleitungen $> 200 \text{ m}^3/2\text{h}$. Nach diesem Kriterium handelt es sich bei allen NW-Einleitungen $\leq 200 \text{ m}^3/2 \text{ h}$ sowie bei 48 NW-Einleitungen $> 200 \text{ m}^3/2 \text{ h}$ mit bekannter Anschlussfläche um „kleinere Einleitungen“. Ferner wird davon ausgegangen, dass es sich auch bei den 27 NW-Einleitungen $> 200 \text{ m}^3/2 \text{ h}$ mit unbekannter Anschlussfläche um „kleinere Einleitungen“ handelt.

Auf Grundlage der zuvor beschriebenen Annahmen werden 164 NW-Einleitungen (79 %) der Kategorie III an zentrale Kläranlagen angeschlossen. In Unkenntnis der örtlichen Gegebenheiten werden pauschale Nettobaukosten von 50.000 € für die Herstellung eines jeden Anschlusses angesetzt. Es ergeben sich Baukosten in Höhe von ca. 8 Mio. €.

Für die übrigen 44 NW-Einleitungen (21 %) der Kategorie III mit $A_{E,b} > 10$ ha wird angenommen, dass RBF herzustellen sind. Die dazu erforderlichen Nettobaukosten werden mit ca. 30 Mio. € abgeschätzt.

In dieser Summe nicht enthalten sind die Kosten einer zur Verhinderung der Kolmation jeweils vorzuschaltenden Sedimentationsstufe - i. a. ein RKB. Gem. Trennsystemerlass beträgt das erforderliche RKB-Volumen $5 \text{ m}^3/\text{ha}$ für angeschlossene Flächen der Kategorien I und IIa und $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ für Flächen der Kategorien IIb und III, jeweils bezogen auf $A_{E,b}$. Da nicht für alle NW-Einleitungen nach Kategorien differenzierte Flächenangaben vorliegen, wurden Kategorie-Verteilungen angenommen. So wurde die in Tabelle 7-3 dargestellte Kategorie-Verteilung übertragen auf kreisfreie Städte, die in Tabelle 7-4 dargestellte auf kreisangehörige Gemeinden. Bei der Ermittlung der Kategorie-Verteilungen wurden nur NW-Einleitungen mit höchster Kategorie III berücksichtigt (zur Zuordnung einer Kategorie zu einer Einleitungsstelle vgl. Abbildung 3-4).

Tabelle 7-3: Kategorie-Verteilung der angeschlossenen Flächen der Trennsysteme in Aachen

Einzugsgebiete mit höchster Kategorie III	Kategorie I	Kategorie IIa	Kategorie IIb	Kategorie III
NW-Einleitungen $> 200 \text{ m}^3/2\text{h}$	27	21	37	15

Tabelle 7-4: Kategorie-Verteilung der angeschlossenen Flächen der Trennsysteme in Bergisch Gladbach

Einzugsgebiete mit höchster Kategorie III	Kategorie I	Kategorie IIa	Kategorie IIb	Kategorie III
NW-Einleitungen > 200 m ³ /2h	59	21	17	3

Auf dieser Grundlage und unter Verwendung der Kostenfunktion gem. Abbildung 4-1 werden die erforderlichen Nettobaukosten für die Herstellung von RKB als Vorstufe von RBF mit ca. 20 Mio. € abgeschätzt.

7.1.3 Ergebnisse der Kostenschätzung für den RegBez Köln

Die ermittelten Kosten für die Umsetzung des Trennsystemerlasses für kommunale NW-Einleitungen sind vor allem aufgrund der Vielzahl der erforderlichen Annahmen als eine erste, grobe Hochrechnung zu verstehen, da nicht alle erforderlichen Daten für die Ermittlung vorlagen und für einige NW-Einleitungen keine bzw. nicht prüffähige Informationen zur Verfügung standen.

Angenommen werden mussten insbesondere:

- Anzahl der NW-Einleitungen und ihrer Behandlungsbedürftigkeit in den Kommunen, für die keine Informationen vorlagen
- Behandlungsbedürftigkeit der NW-Einleitungen, die aufgrund unzureichender Informationsgrundlage nicht geprüft werden konnten
- Angaben über A_{E,b} für NW-Einleitungen ohne oder mit größerer Flächenangabe
- Verteilung von A_{E,b} auf die verschiedenen Kategorien für NW-Einleitungen, für die diese Aufteilung von den Kommunen nicht vorgenommen wurde - d. h. alle außer Stadt Aachen, Stadt Bergisch Gladbach, Stadt Düren
- Anschlussgrad von Flächen der Kategorie III an zentrale Kläranlagen
- Kosten für den Anschluss von Flächen der Kategorie III an zentrale Kläranlagen

Ferner konnten aufgrund der nicht bekannten örtlichen Randbedingungen die Kosten für Grunderwerb, Ingenieurleistungen und Nebenanlagen nicht berücksichtigt werden. Diese Kostenanteile sind aber als erheblich einzustufen.

Die Ergebnisse der unter den vorgenannten Einschränkungen zu betrachtenden Kostenschätzung sind in Tabelle 7-5 dargestellt. Danach betragen die Nettobaukosten für die Umsetzung des Trennsystemerlasses im RegBez Köln unter Verwendung zentraler Maßnahmen ca. 208 Mio. €. Hinzuzurechnen sind die zuvor aufgeführten Kostenanteile.

Tabelle 7-5: Nettobaukosten für erforderliche zentrale NW-Behandlungsanlagen im RegBez Köln Ende 2008 (ohne Kosten für Grunderwerb, Ingenieurleistungen und Nebenanlagen)

Kategorie	Maßnahmen	NW-Einleitungen > 200 m²/2h	NW-Einleitungen ≤ 200 m³/2h	alle NW-Einleitungen
IIb	RKB	112 Mio. €	38 Mio. €	150 Mio. €
III	RBF (mit RKB als Vorstufe) bzw. Anschluss KA	54 Mio. €	4 Mio. €	58 Mio. €
Summe:		166 Mio. €	42 Mio. €	208 Mio. €

Bei der Kostenschätzung wurden nur zentrale NW-Behandlungsmaßnahmen betrachtet; eventuelles Einsparpotential durch dezentrale NW-Behandlungsanlagen wurde nicht berücksichtigt. Kos-

tenvorteile durch DNWB-Anlagen sind stark abhängig von den örtlichen Gegebenheiten. Jedes Einzugsgebiet muss individuell betrachtet werden. Festzuhalten ist aber:

- Eine dezentrale NW-Behandlung ist aus wirtschaftlicher Sicht insbesondere dann interessant, wenn das Gros der angeschlossenen Fläche zwar nicht behandlungsbedürftig ist, durch die Vermischung mit NW aus einer kleinen Teilfläche der Kategorie IIb oder III aber eine zentrale Behandlung des Gesamtabflusses vor Einleitung in das Gewässer erforderlich würde.
- Die Wirtschaftlichkeit einer dezentralen NW-Behandlungsanlage ist davon abhängig, in welchem Umfang ein bestehendes Entwässerungssystem ggf. rückgebaut oder modifiziert werden muss.
- Sind Nachrüstsätze in bestehende Anlagen integrierbar, kann dies - auch unter Berücksichtigung des erhöhten Betriebs- und Kontrollaufwandes - eine wirtschaftliche Lösung für die NW-Behandlung darstellen.

7.2 Zeitraum für die Maßnahmenumsetzung

Von den insgesamt 99 Kommunen lagen für 88 Kommunen Informationen vor, aus denen die jeweils erforderliche Maßnahmenzahl geschlossen werden konnte. Die Informationslage und damit die Aussagekraft bezüglich des erforderlichen Zeitraumes für die Maßnahmenumsetzung lässt sich wie folgt charakterisieren:

- | | | |
|---|---------------------|---|
| ■ | vollständig bekannt | 26 Kommunen: Maßnahmenbedarf
⇒Zeitraum gut abschätzbar |
| ■ | teilweise bekannt | 62 Kommunen: Maßnahmenbedarf
⇒Zeitraum weniger gut abschätzbar |
| ■ | nicht bekannt | 11 Kommunen: Maßnahmenbedarf
⇒Zeitraum nicht abschätzbar |

Aufgrund der Datenlage wurden 88 Kommunen in die nachfolgende Betrachtung einbezogen.

Die Zahl der pro Kommune zu behandelnden NW-Einleitungen schwankt zwischen 0 und 88. Abbildung 8-2 zeigt, dass 4 Kommunen mehr als 50 NW-Einleitungen behandeln müssen und 74 Kommunen (84 %) weniger als 10 NW-Einleitungen.

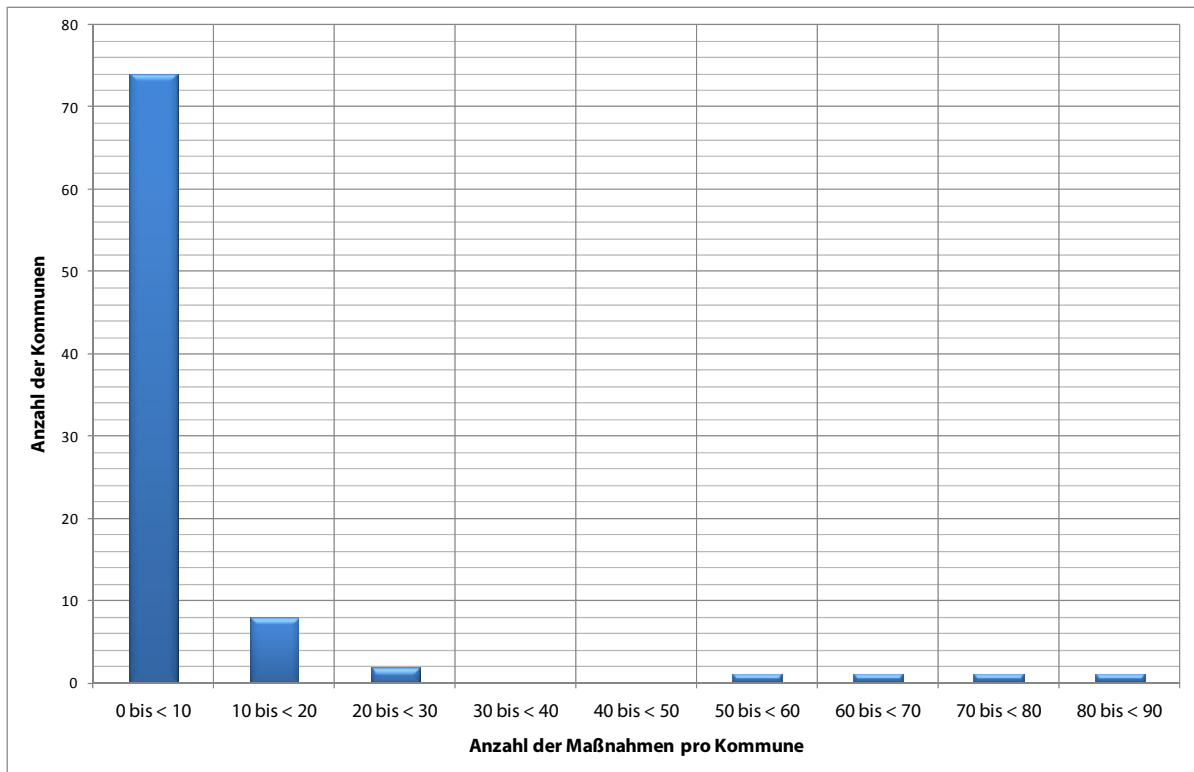


Abbildung 7-3: Anzahl erforderlicher NW-Behandlungsmaßnahmen pro Kommune; ausgenommen sind Kommunen, für die bislang keinerlei Informationen vorliegen (11 von 99)

Der Zeitraum, den eine Kommune für die Umsetzung der erforderlichen NW-Behandlungsmaßnahmen benötigt, ist insbesondere abhängig von folgenden Faktoren:

- Anzahl und Umfang der erforderlichen NW-Behandlungsmaßnahmen
- örtliche Randbedingungen für die Maßnahmenumsetzung (Grunderwerb, Planungsaufwand)
- personelle Kapazität einer Kommune für die Planung/Koordination/Durchführung von NW-Behandlungsmaßnahmen
- verfügbare Haushaltsmittel
- Gebührenentwicklung

Innerhalb dieses Projektes kann nur auf die Anzahl der erforderlichen NW-Behandlungsmaßnahmen pro Kommune geschlossen werden. Alle anderen Faktoren sind unbekannt und bedürfen einer konkreten Bewertung durch die einzelne Kommune. Daher wurden für die Abschätzung des Zeitraumes, den die Kommunen für die Umsetzung der Maßnahmen benötigen, folgende Annahmen zugrundegelegt:

- Als durchschnittlicher Zeitraum, in dem eine Maßnahme umgesetzt werden kann, werden 3 Jahre angesetzt - 1 Jahr Planung, 1 Jahr Grunderwerb, 1 Jahr Bauausführung.
- Die Anzahl der NW-Behandlungsmaßnahmen, die eine Kommune innerhalb eines Jahres planen bzw. an Planungsunternehmen vergeben kann, wird in Abhängigkeit von der Größe der Kommune gewählt. Es wird davon ausgegangen, dass die personelle Kapazität mit der Einwohnerzahl der Kommune steigt (Tabelle 7-6).
- Mit der Umsetzung wird Anfang 2009 begonnen.

Tabelle 7-6: Angenommene Anzahl der Maßnahmen, die pro Jahr von einer Kommune bearbeitet werden kann, in Abhängigkeit von der Einwohnerzahl der Kommune

Einwohnerzahl der Kommune	Anzahl der Maßnahmen, die pro Jahr geplant werden kann
≤ 25.000	1,5
≤ 75.000	4
≤ 200.000	6
> 200.000	8

Die Einwohnerzahl der im RegBez Köln gelegenen Kommunen liegt im Bereich zwischen ca. 4.000 und 1.000.000. Das nachfolgende Diagramm zeigt die Größenverteilung.

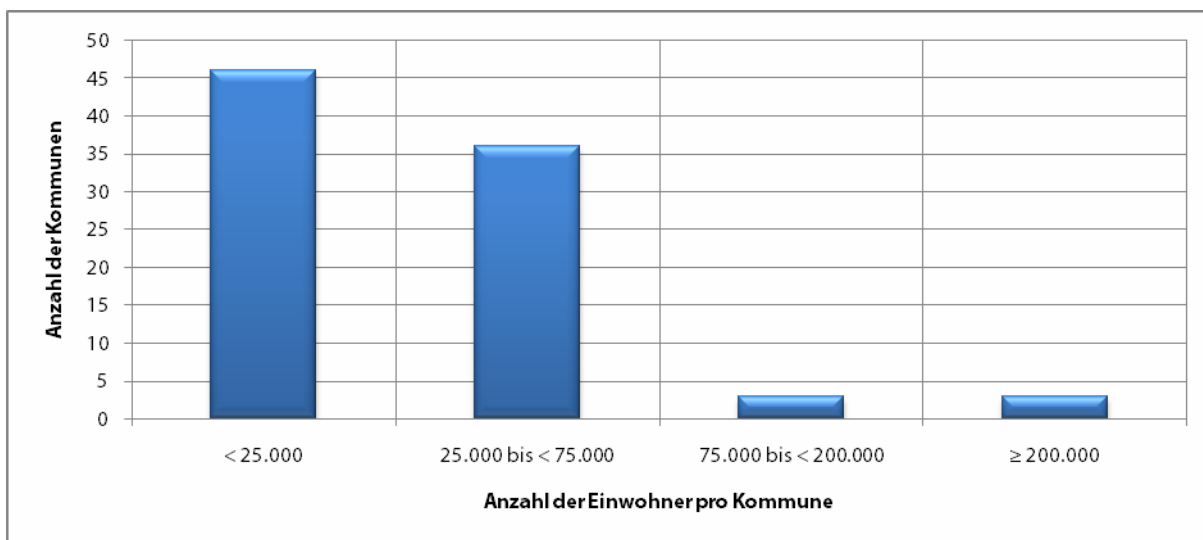


Abbildung 7-4: Verteilung der Einwohnerzahl der betrachteten 88 Kommunen im RegBez Köln

Prognostiziert man unter den o. g. Annahmen die zeitliche Entwicklung der Maßnahmenumsetzung im RegBez Köln, ergibt sich das folgende Bild.

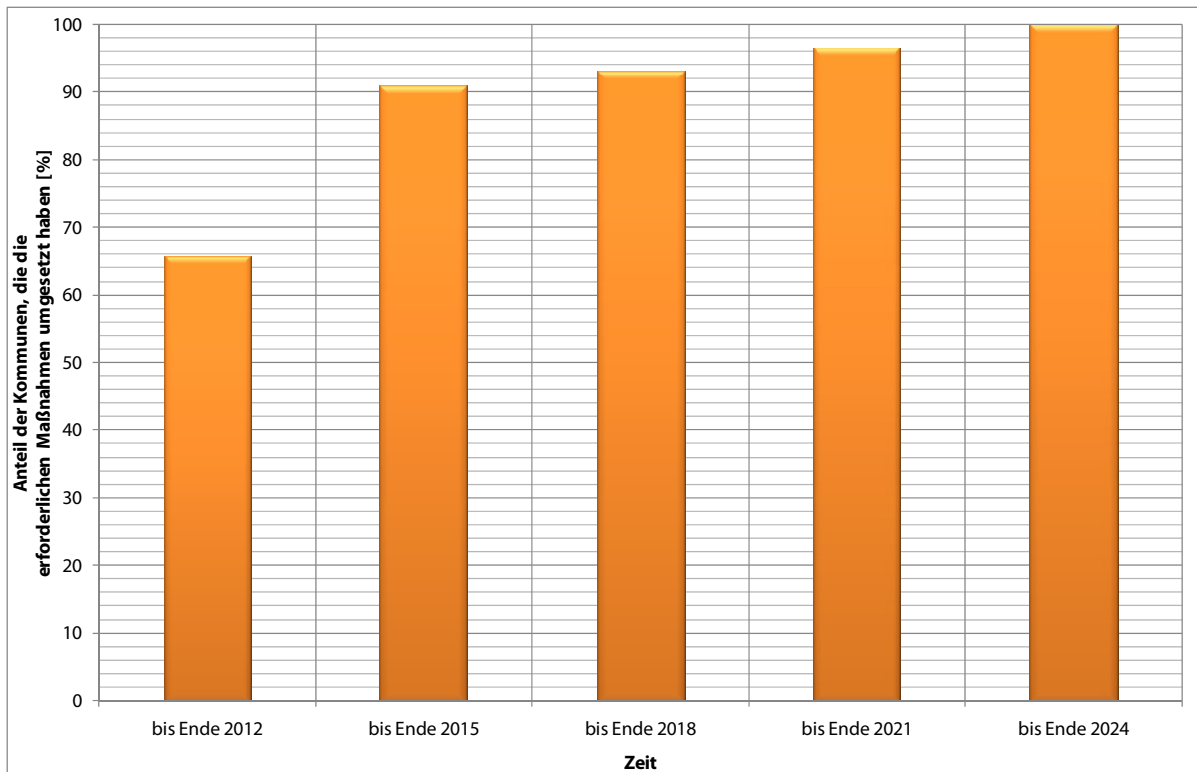


Abbildung 7-5: Prognostizierte zeitliche Entwicklung der Maßnahnumsetzung im RegBez Köln

Der Zeitplan der Wasserrahmenrichtlinie [WRRL; EG,2000] sieht folgende Fristen vor:

- 22.12.2012 Umsetzung der Maßnahmenprogramme
- 22.12.2015 Zielerreichung „Guter Zustand“
- 22.12.2021 1. Fristverlängerung für Zielerreichung
- 22.12.2027 2. Fristverlängerung für Zielerreichung

Setzt man die Fristen der WRRL in Bezug zu Abbildung 7-5, so lässt sich für die betrachteten 88 der 99 Kommunen im RegBez folgendes festhalten:

- Bis zum Ablauf der Frist zur Umsetzung der Maßnahmenprogramme (22.12.2012) können voraussichtlich mehr als die Hälfte der Kommunen im RegBez Köln die erforderlichen Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen umsetzen.
- Etwa 10 % der Kommunen im RegBez Köln werden voraussichtlich Schwierigkeiten haben, die erforderlichen Maßnahmen bis Ende 2015, d. h. bis zur Frist für die Zielerreichung, umzusetzen.
- Unter den getroffenen Annahmen können im RegBez Köln bis Ende 2024 voraussichtlich alle erforderlichen Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen umgesetzt werden.

Einzelheiten können einer auf CD-ROM (**Anhang 6**) beigefügten EXCEL®-Datei entnommen werden.

8 Wirksamkeit von NW-Behandlungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Dhünn

Die Wasserrahmenrichtlinie [EG, 2000] sieht zur Erreichung der gesetzten Ziele einen mehrstufigen Fristenplan vor. Die Phasen „Bestandsaufnahme“ und „Monitoring“ sind abgeschlossen. Auf Basis der Ergebnisse werden derzeit die für die Zielerreichung notwendigen Maßnahmenprogramme entwickelt. Dabei ist für jede Flussgebietseinheit ein Bewirtschaftungsplan aufzustellen. In diesem Zusammenhang sind die erforderlichen Maßnahmen und deren Auswirkungen zu identifizieren und in die Bewirtschaftungspläne einzubinden. Hierzu gehört auch der Maßnahmenbedarf, der sich aus der Anwendung des Trennsystemerlasses [MUNLV NRW, 2004] ergibt.

Im vorliegenden Kapitel soll mit Hilfe von Frachtberechnungen abgeschätzt werden, inwiefern sich die Umsetzung der Maßnahmen zur Behandlung des NW-Abflusses aus kommunalen Trennsystemen auf die stoffliche Belastung der Oberflächenwasserkörper auswirkt. Als Beispielraum wurde das Einzugsgebiet der Dhünn gewählt.

Da zum einen noch Unsicherheiten hinsichtlich der tatsächlichen stofflichen Belastung aus kommunalen Trennsystemen bestehen, zum anderen aber auch Art und Umfang der zukünftigen Maßnahmenumsetzung unbekannt sind, wurden wesentliche Eingangsgrößen der Frachtberechnung variabel gehalten und die Frachtberechnung in ein Geografisches Informationssystem integriert (Kapitel 9).

Bei der im Rahmen der vorliegenden Untersuchung durchgeführten Frachtberechnung wurde vorausgesetzt, dass nur zentrale Maßnahmen zur NW-Behandlung zur Anwendung kommen. In Anlehnung an den Trennsystemerlass, Anlage 2 wurden folgende Maßnahmenarten gewählt:

- Kategorie I und IIa: keine Maßnahme
- Kategorie IIb: RKB
- Kategorie III: RBF

8.1 Abgrenzung der Oberflächenwasserkörper im Einzugsgebiet der Dhünn

Als Betrachtungsraum zur Darstellung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs auf die Oberflächenwasserkörper wird das 197 km² große Einzugsgebiet der Dhünn gewählt (größtes Nebengewässer der Wupper). Das Einzugsgebiet der Dhünn lässt sich den Verwaltungsbezirken Rheinisch-Bergischer Kreis, Oberbergischer Kreis und Leverkusen zuordnen. Neben den NW-Einleitungen der Stadt Leverkusen sind die Einleitungen der kreisangehörigen Kommunen Bergisch Gladbach, Burscheid, Hückeswagen Kürten, Odenthal, Wermelskirchen und Wipperfürth zu berücksichtigen. Hier ist zum einen die Datenlage der NW-Einleitungen im Hinblick auf die Behandlungsbedürftigkeit gut, zum anderen liegt das Einzugsgebiet vollständig im RegBez Köln. Tabelle 8-1 bezeichnet i. V. m. Abbildung 8-1 die im Einzugsgebiet liegenden Oberflächengewässer mit > 10 km² Einzugsgebietsfläche.

Tabelle 8-1: Im Einzugsgebiet der Dhünn liegende Oberflächengewässer mit einem Teileinzugsgebiet von mehr als 10 km² [MUNLV NRW, 2005]

Nr.	Gewässerkennzahl	Gewässername	Einzugsgebietsgröße [km ²]	Gesamtlänge [km]
1	27368	Dhünn	197,5	39,9
2	273688	Mutzbach	27,6	14,7
3	273686	Scherfbach	16,9	9,7

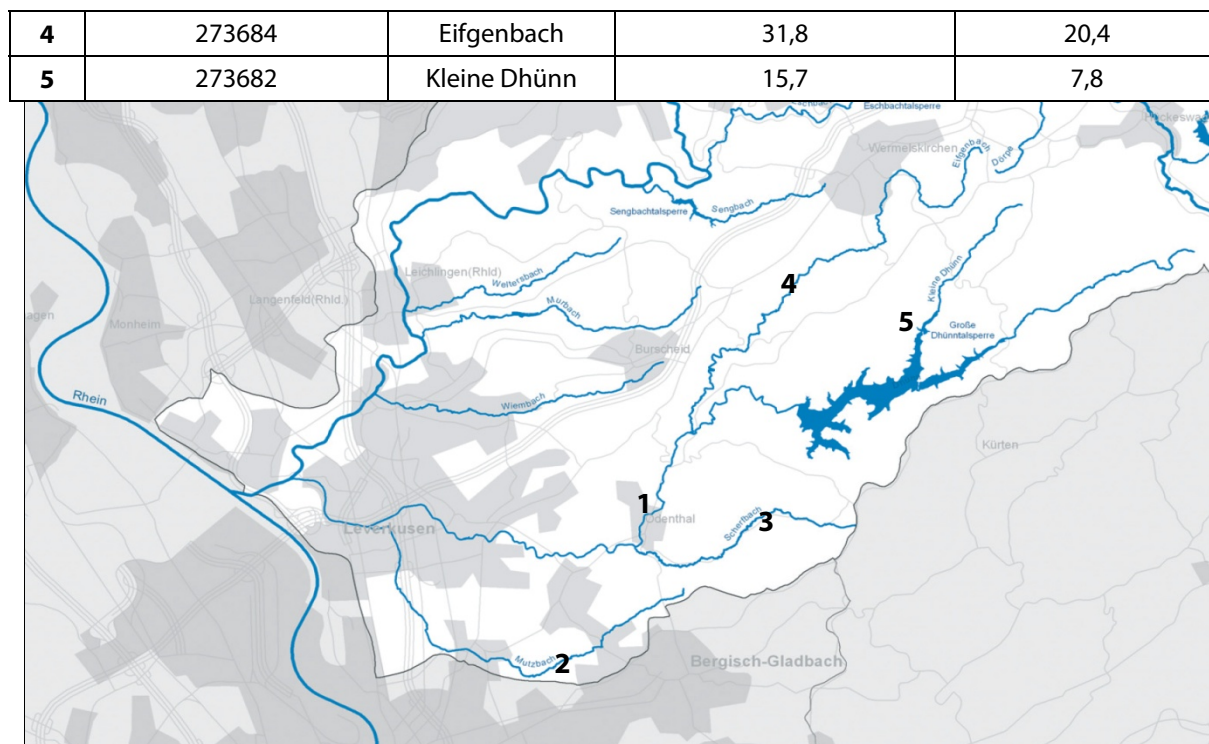


Abbildung 8-1: Das Gewässersystem der Dhünn; Nrn. vgl. Tabelle 8-1 [MUNLV NRW, 2005]

Um die im **Anhang 5** dokumentierten Ergebnisse der Frachtberechnung den Oberflächenwasserkörpern im Einzugsgebiet der Dhünn zuweisen zu können, sind in Tabelle 8-2 i.V. m. Abbildung 8-2 die Grenzen der Oberflächenwasserkörper angegeben bzw. dargestellt.

Tabelle 8-2: Oberflächenwasserkörper im Einzugsgebiet der Dhünn [MUNLV NRW, 2005]

Nr.	Gewässer	Wasserkörpernummer	Bezeichnung	von [km]	bis [km]	Länge [km]	Fläche [km ²]
1	Dhünn	DE_NRW_27368_0	Leverkusen	0	4,784	4,784	10,6
2	Dhünn	DE_NRW_27368_4784	außerorts in Leverkusen	4,784	13,988	9,204	30,8
3	Dhünn	DE_NRW_27368_13988	außerorts in Odenthal	13,988	23,668	9,68	22,5
4	Dhünn	DE_NRW_27368_23668	Große Dhünntalsperre	23,668	32,039	8,371	26,4
5	Dhünn	DE_NRW_27368_32039	oberhalb große Dhünntalsperre	32,039	40,034	7,995	23,3
6	Kleine Dhünn	DE_NRW_273682_0	außerorts in Dhünn	0	5,04	5,04	10,8
7	Eifgenbach	DE_NRW_273684_0	Dabringhausen/ Wermelskirchen	0	20,435	20,435	31,5
8	Scherfbach	DE_NRW_273686_0	Odenthal/Bechen	0	9,709	9,709	16,8
9	Mutzbach	DE_NRW_273688_0	Leverkusen	0	2,154	2,154	1,2
10	Mutzbach	DE_NRW_273688_2154	Leverkusen/Dünnwald	2,514	6,927	4,773	13,6
11	Mutzbach	DE_NRW_273688_6927	Außerorts in Dünn-	6,927	10,018	3,091	4,9

			wald				
12	Mutzbach	DE_NRW_273688_10018	Außerorts in Bergisch Gladbach	10,018	15,099	5,081	4,8

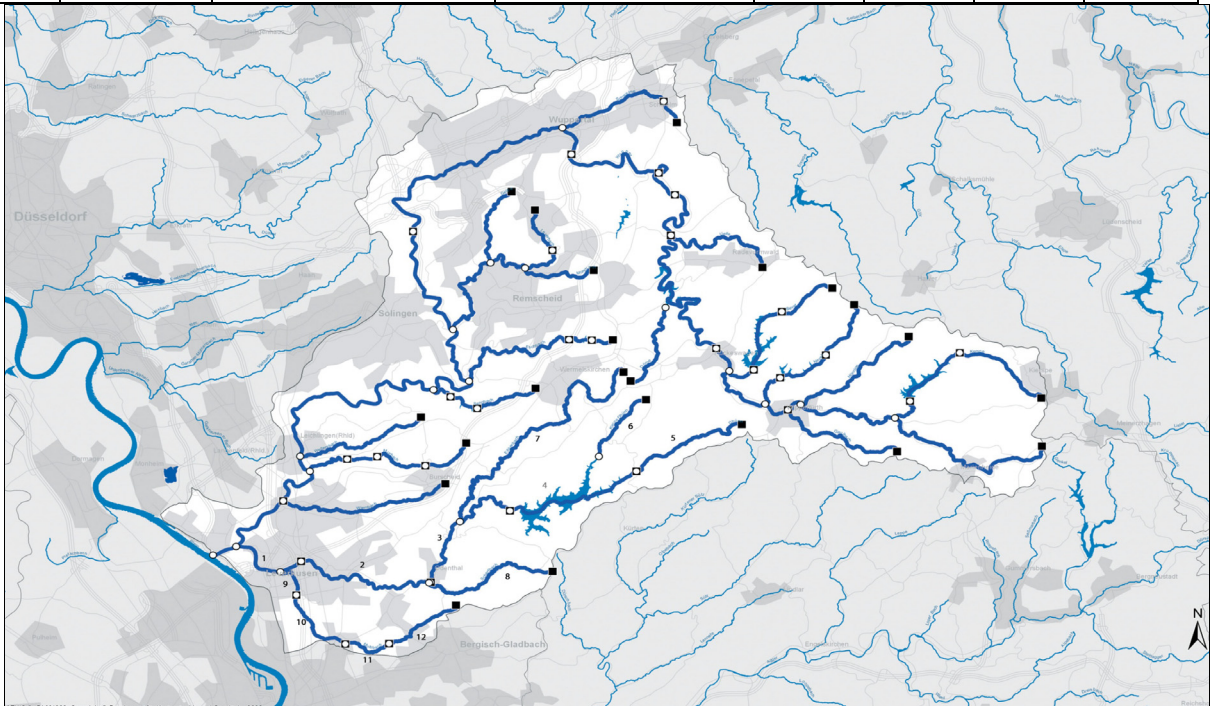


Abbildung 8-2: Oberflächenwasserkörper der Dhünn (Nummern vgl. Tabelle 8-2) [MUNLV NRW, 2005]

8.2 Betrachtete Eintragspfade

In die Betrachtung einbezogen wurden Frachten aus kommunalen Abwassereinleitungen, d. h.

- Einleitungen aus kommunalen Kläranlagen
- Einleitungen aus kommunalen Mischsystemen (Mischwasserentlastungen)
- Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen (NW-Einleitungen)

Die Frachten der beiden erstgenannten Quellen wurden der Literatur entnommen, die Frachten aus kommunalen NW-Einleitungen wurden in der vorliegenden Untersuchung berechnet.

Die Frachtemission aus industriellen bzw. gewerblichen Kläranlagen ist im Einzugsgebiet der Dhünn im Vergleich zu der Frachtemission aus kommunalen Kläranlagen nur von geringer Bedeutung. Die Mehrzahl der produzierenden Betriebe ist an öffentliche Kläranlagen angeschlossen [MUNLV NRW, 2005].

NW-Einleitungen von Privatflächen (z. B. Parkplätze von Gewerbe- und Industriebetrieben) mussten unberücksichtigt bleiben, da hierüber keine Informationen vorlagen. Gleiches gilt für Frachten, aus diffusen Quellen.

Einleitungen von Kühl- und Sumpfungswasser sowie Einleitungen aus Kleinkläranlagen sind gem. der Bestandsaufnahme für NRW [MUNLV NRW, 2005] im Einzugsgebiet der Dhünn nicht als relevant einzustufen.

8.3 Betrachtete Parameter

Der Trennsystemerlass unterteilt die im Niederschlagswasser vorhandenen Schmutzstoffparameter in drei Gruppen:

- Mineralölkohlenwasserstoffe
- Gelöste und partikulär gebundene Sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe
- Gelöste und partikulär gebundene Schwermetalle und organische Schadstoffe

Zur Festlegung der im Weiteren zu betrachtenden Parameter wurden diese Gruppen zunächst umstrukturiert (Abbildung 8-3). Die nachfolgende Auswahl der Parameter orientierte sich an den in der Bestandsaufnahme NRW [MUNLV NRW, 2005] betrachteten Stoffgrößen und an der Verfügbarkeit von Messdaten für Niederschlagswasser in Trennsystemen.

Erläuterungen zu den betrachteten Stoffgruppen und Parametern enthält Kapitel 3.1.

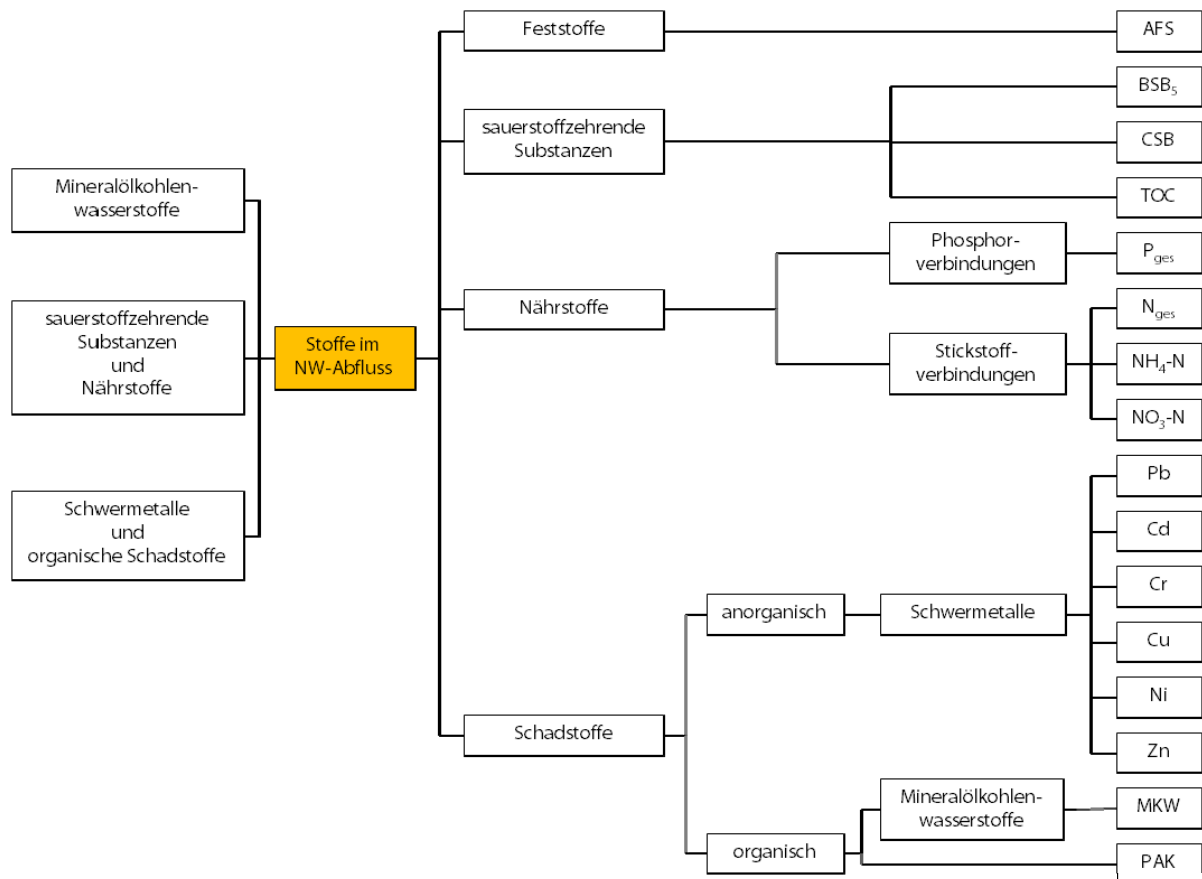


Abbildung 8-3: Stoffgruppen und Auswahl der Parameter für die weitere Betrachtung

8.4 Frachtberechnung

8.4.1 Frachten aus kommunalen Trennsystemen

Ziel ist die Berechnung der an einer Einleitstelle aus einem kommunalen Trennsystem eingeleiteten Fracht eines Stoffes x. Die auf den Stoff x bezogene Reinigungsleistung η_x einer ggf. vorhandenen bzw. geplanten NW-Behandlungsanlage ist dabei zu berücksichtigen. Die eingeleitete Fracht ergibt sich dann aus:

$$B_{x,TS} = VQ \cdot C_{x,TS} / 1000 \cdot (100 - \eta_x) / 100$$

mit: $B_{x,TS}$ [kg/a] Fracht des Parameters x aus dem Trennsystem

VQ [m³/a] eingeleitetes NW-Volumen (s. u.)

$C_{x,TS}$ [mg/l] Konzentration des Parameters x

η_x [%] Reinigungsleistung einer Maßnahme bzgl. des Parameters x

Einzelheiten zu den zugrundegelegten Stoffkonzentrationen gibt Kapitel 8.4.1.1, zu den angesetzten Reinigungsleistungen das Kapitel 8.4.1.2.

Das in der o. g. Formel benötigte NW-Volumen wird berechnet mit

$$VQ = h_{N,a} \cdot A_u \cdot 10$$

mit: VQ [m^3/a] eingeleitetes NW-Volumen

$h_{N,a}$ [mm/a] mittlere Jahresniederschlagshöhe für das betrachtete Gebiet

A_u [ha] an die Einleitungsstelle angeschlossene, undurchlässige Fläche

Nur für wenige Einleitungsstellen lagen Werte für A_u vor. In den meisten Fällen gaben die Kommunen Werte an für die befestigte Fläche $A_{E,b}$ oder, bzw. und Werte für die kanalisierte Fläche $A_{E,k}$. In diesen Fällen wurde wie folgt verfahren:

- wenn $A_{E,b}$ gegeben: $A_u \cong A_{E,b}$ (vereinfachende Annahme)
- wenn $A_{E,k}$ gegeben $A_u = \Psi_m \cdot A_{E,k}$ (mittl. Abflussbeiwert Ψ_m gem. DWA-M 153 [DWA, 2007])

Bei der Wahl des mittleren Abflussbeiwertes Ψ_m besteht aufgrund der Unkenntnis der jeweiligen örtlichen Gegebenheiten eine erhebliche Unsicherheit. Darum wird dieser Parameter variabel gehalten und kann in einer Eingabemaske des GIS frei gewählt werden (Kapitel 9). Den im vorliegenden Bericht dokumentierten Ergebnissen liegt folgender Wert zugrunde:

$$\Psi_m = 0,7$$

Datengrundlage für die mittleren Jahresniederschlagshöhen $h_{N,a}$ war die D-E-A (Datendrehscheibe-Einleiterüberwachung-Abwasser des LANUV NRW). Verwendet wurden die über einen 25-jährigen Betrachtungszeitraum gemittelten Werte.

8.4.1.1 Zugrundegelegte Stoffkonzentrationen

Als Grundlage für die Frachtberechnung wurden die Minimal-, Maximal- und Median- Konzentrationswerte des DWA-Datenpools gewählt [Brombach und Fuchs, 2003] - ausgenommen der Werte für MKW und PAK. Für diese beiden Parameter ist der Stichprobenumfang des Datenpools gering, so dass auf die in [MUNLV NRW, 2004a] genannten Referenzkonzentrationen zurückgegriffen wurde. Die Werte und ihre Streuung werden in Abbildung 8-4 dargestellt.

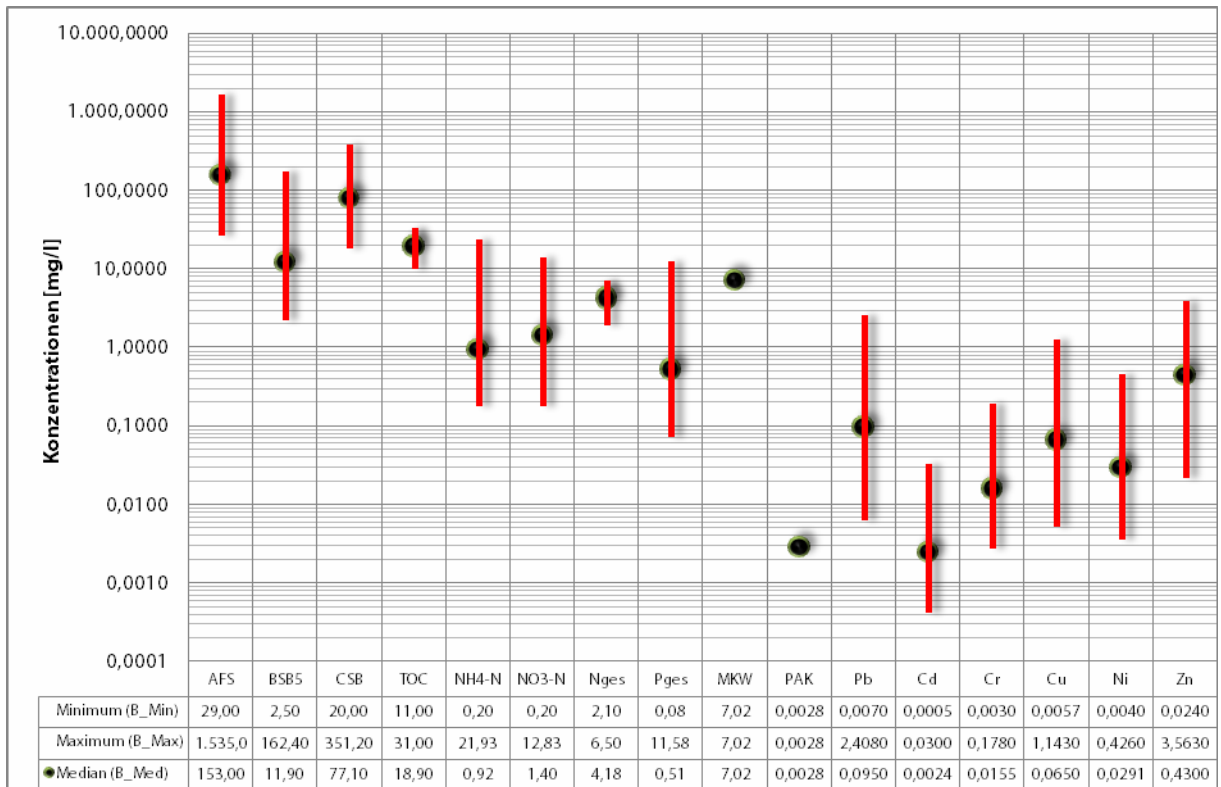


Abbildung 8-4: Der Frachtberechnung zugrunde gelegte Stoffkonzentrationen (B_Min, B_Max, B_Med)

Die Herkunftsflächen der Kategorien I bis III gem. Trennsystemerlass [MUNLV NRW, 2004] sind unterschiedlich stark verschmutzt. Um diesen Aspekt in die Frachtberechnung einzubeziehen, wurde folgende Abstufung der Stoffkonzentrationen angenommen (Tabelle 8-3):

- I ⇒ 0 % der Konzentrationen (unverschmutztes NW)
- Ila ⇒ 33% der Konzentrationen (gering verschmutztes NW – nicht behandlungsbedürftig)
- IIb ⇒ 66% der Konzentrationen (mäßig verschmutztes NW – behandlungsbedürftig)
- III ⇒ 100% der Konzentrationen (stark verschmutztes NW)

8.4.1.2 Reinigungsleistung zentraler NW-Behandlungsmaßnahmen

Wie bereits erläutert, wurden folgende Maßnahmen in Ansatz gebracht:

- Kategorie I und Ila: keine Maßnahme
- Kategorie IIb: RKB
- Kategorie III: RBF

Die angesetzten Reinigungsleistungen sind Kapitel 4.1.1, Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4 zu entnehmen.

Da Literaturangaben über die Reinigungsleistung von RKB und/oder RBF fehlen, ist für folgende Parameter keine Frachtbilanzierung für das Gewässersystem Dhünn nach Umsetzung aller NW-Behandlungsmaßnahmen (Plan-Zustand) möglich:

- NO₃-N
- MKW
- PAK
- Cd
- Cr

Tabelle 8-3: Der Frachtberechnung zugrundegelegte Stoffkonzentrationen, unterschieden in die Kategorien der Herkunftsflächen

Parameter	Einheit	Konzentration C											
		Kategorie I			Kategorie IIa			Kategorie IIb			Kategorie III		
		Minimum	Median	Maximum	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median	Minimum	Maximum	Median
AFS	mg/l	0	0	0	9,57	506,55	50,49	19,14	1.013,10	100,98	29,00	1.535,00	153,00
BSB ₅	mg/l	0	0	0	0,83	53,59	3,93	1,65	107,18	7,85	2,50	162,40	11,90
CSB	mg/l	0	0	0	6,60	115,90	25,44	13,20	231,79	50,89	20,00	351,20	77,10
TOC	mg/l	0	0	0	3,63	10,23	6,24	7,26	20,46	12,47	11,00	31,00	18,90
MKW	mg/l	0	0	0	2,32	2,32	2,32	4,63	4,63	4,63	7,02	7,02	7,02
P _{ges}	mg/l	0	0	0	0,03	3,82	0,17	0,05	7,64	0,34	0,08	11,58	0,51
NH ₄ -N	mg/l	0	0	0	0,07	7,24	0,30	0,13	14,47	0,61	0,20	21,93	0,92
NO ₃ -N	mg/l	0	0	0	0,07	4,23	0,46	0,13	8,47	0,92	0,20	12,83	1,40
N _{ges}	mg/l	0	0	0	0,69	2,15	1,38	1,39	4,29	2,76	2,10	6,50	4,18
PAK	µg/l	0	0	0	0,92	0,92	0,92	1,84	1,84	1,84	2,79	2,79	2,79
Cd	µg/l	0	0	0	0,15	9,90	0,79	0,30	19,80	1,58	0,46	30,00	2,40
Cr	µg/l	0	0	0	0,99	58,74	5,12	1,98	117,48	10,23	3,00	178,00	15,50
Ni	µg/l	0	0	0	1,32	140,58	9,60	2,64	281,16	19,21	4,00	426,00	29,10
Pb	µg/l	0	0	0	2,31	794,64	31,35	4,62	1.589,28	62,70	7,00	2.408,00	95,00
Cu	µg/l	0	0	0	1,88	377,19	21,45	3,76	754,38	42,90	5,70	1.143,00	65,00
Zn	µg/l	0	0	0	7,92	1.175,79	141,90	15,84	2.351,58	283,80	24,00	3.563,00	430,00

8.4.2 Frachten aus Mischwasserentlastungen

In Tabelle 8-4 sind die in [MUNLV, 2007] für den Betrachtungsraum genannten Jahresfrachten aus Mischwasserentlastungen zusammengestellt.

Frachten aus Mischwasserentlastungen		
TOC	t/a	66,30
N _{ges}	t/a	15,2
P _{ges}	t/a	3,8

Tabelle 8-4:
Stofffrachten aus Mischwasserentlastungen in das Gewässersystem der Dhünn [MUNLV NRW, 2007]

8.4.3 Frachten aus kommunalen Kläranlagen

Im Betrachtungsraum wird aus folgenden kommunalen Kläranlagen (KA) gereinigtes Abwasser in das Gewässersystem der Dhünn eingeleitet:

- KA Odenthal-Osenau
- KA Wermelskirchen
- KA Wermelskirchen-Dhünn

Für diese Kläranlagen werden von [Wupperverband, 2008] bzw. in [MUNLV NRW, 2006] die in Abbildung 8-5 dargestellten, jährlich emittierten Frachten genannt.

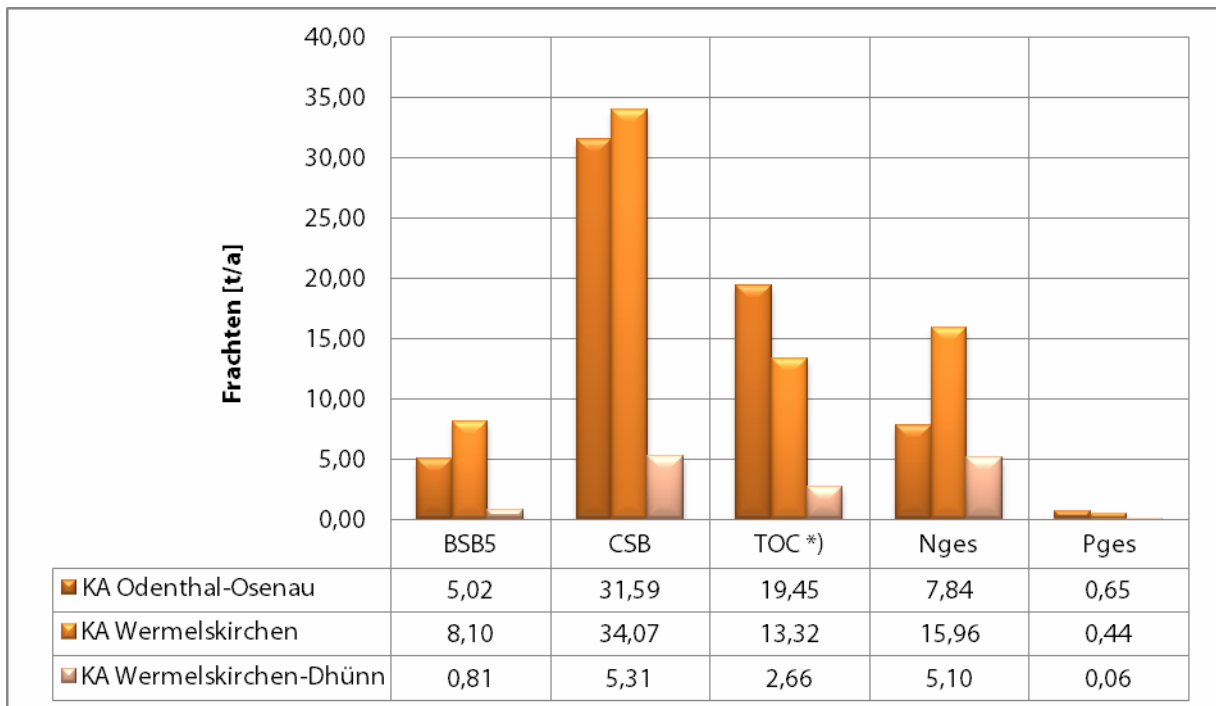


Abbildung 8-5: Frachtaustrag aus kommunalen Kläranlagen in das Gewässersystem der Dhünn [Daten: Wupperverband (WV), 2008; Daten *): MUNLV NRW, 2006]

8.5 Ergebnisse der Frachtberechnung

8.5.1 Situation im Ist-Zustand

Abbildung 8-6 zeigt die aus kommunalen Trennsystemen in das Gewässersystem der Dhünn eingeleiteten Stofffrachten für den Ist-Zustand, d. h. ohne NW-Behandlungsmaßnahmen. Dargestellt sind die bis zur Mündung kumulierten Werte – und zwar Mediane und Spannweiten.

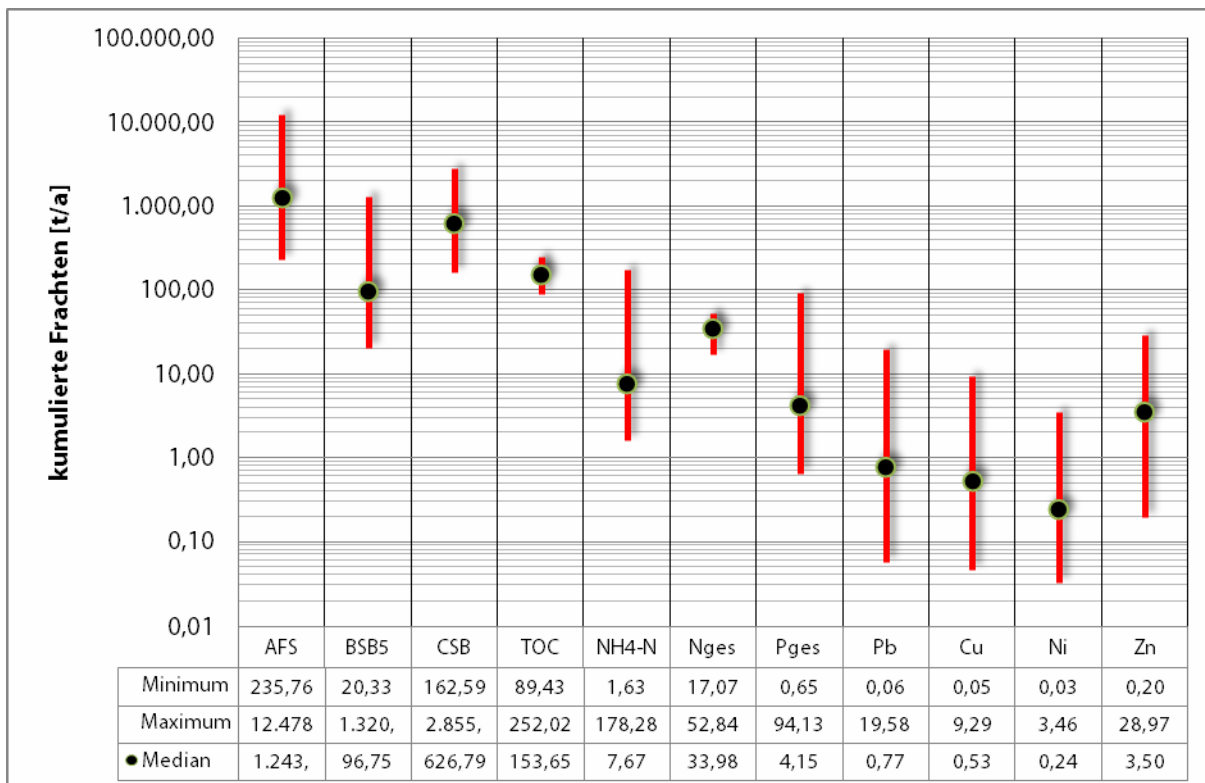


Abbildung 8-6: Gesamtjahresfrachten der aus kommunalen Trennsystemen in das Gewässersystem der Dhünn eingetragenen Stoffe für den Ist-Zustand

Der in Abbildung 8-7 für wertemäßig bekannte Parameter dargestellte Vergleich kommunaler Abwassereinleitungen bestätigt die Vermutung, dass für einzelne Parameter die Gesamtemission aus kommunalen NW-Einleitungen bedeutend höher sein kann als die Gesamtemission aus Kläranlagen oder Mischwasserentlastungen. Den für die kommunalen Trennsysteme angegebenen Frachten liegt der Median der Stoffkonzentrationen gem. Tabelle 8-3 zugrunde.

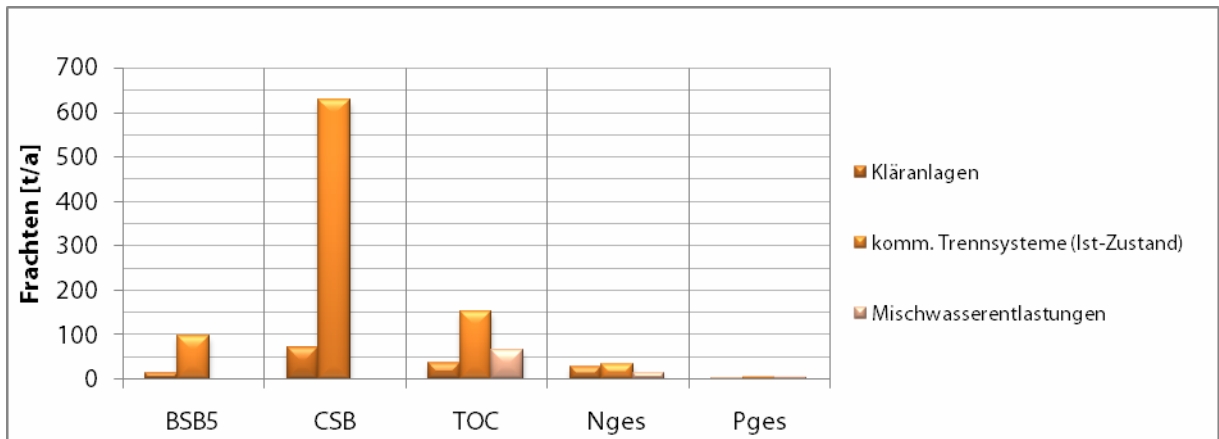


Abbildung 8-7: Vergleich der Jahresfrachten aus kommunalen Abwassereinleitungen in das Gewässersystem der Dhünn für den Ist-Zustand

8.5.2 Situation nach Umsetzung aller NW-Behandlungsmaßnahmen (Plan-Zustand)

Der Plan-Zustand ist der Zustand, für den angenommen wird, dass im Einzugsgebiet der Dhünn alle erforderlichen Maßnahmen zur NW-Behandlung umgesetzt sind. Durch Variation der Reinigungsleistung (Kapitel 4.1.1, Tabelle 4-3 und Tabelle 4-4) der Maßnahmen wurden drei Zustände betrachtet:

- Pla1: Zustand unter Ansatz minimaler Reinigungsleistung (R_Min)
- Pla2: Zustand unter Ansatz des Medians der Reinigungsleistung (R_Med)
- Pla3: Zustand unter Ansatz der maximalen Reinigungsleistung (R_Max)

Darüber hinaus wurden die Stoffkonzentrationen variiert (Tabelle 8-3): angesetzt wurden die Median-Werte (B_Med), die minimalen Werte (B_Min) und die maximalen Werte (B_Max).

In Abbildung 8-8 sind die bis zur Mündung der Dhünn kumulierten Jahresfrachten aus kommunalen NW-Einleitungen für den Ist- und den Plan-Zustand gegenübergestellt. Angesetzt wurden die Median-Werte der Stoffkonzentrationen (B_Med); die Reinigungsleistung der NW-Behandlungsanlagen wurde variiert (R_Min; R_Med; R_Max). Erwartungsgemäß schwanken die berechneten Frachten des Plan-Zustandes deutlich in Abhängigkeit von dem für die Reinigungsleistung angesetzten Wert. Erkennbar ist auch die z. T. erhebliche Frachtreduzierung infolge NW-Behandlung.

Das mögliche Spektrum des durch NW-Behandlung im Gesamteinzugsgebiet der Dhünn erzielbaren absoluten Frachtrückhalts in [t/a] wird in Abbildung 8-9 wiedergegeben durch die Zustände

- Minimalwert der Stoffkonzentration (B_Min) und minimale Reinigungsleistung (R_Min) der NW-Behandlungsanlagen ⇒ minimaler Frachtrückhalt
- Maximalwert der Stoffkonzentration (B_Max) und maximale Reinigungsleistung (R_Max) der NW-Behandlungsanlagen ⇒ maximaler Frachtrückhalt

In Abbildung 8-10 werden die Daten der Abbildung 8-9 auf die Frachten des Ist-Zustandes bezogen. Dargestellt wird also, um welchen Anteil der Stoffaustrag aus NW-Einleitungen im Gesamtsystem Dhünn durch NW-Behandlungsanlagen reduziert werden kann. Der Blick auf die Median-Werte der Reinigungsleistung (R_Med) lässt erkennen, dass - abgesehen von N_{ges} und TOC - die Frachten der übrigen Parameter um etwa 50% und mehr reduziert werden.

Die vorstehenden Betrachtungen beziehen sich auf das gesamte Gewässersystem und sind das Ergebnis von Frachtbilanzierungen für die Mündung der Dhünn. Die im Projekt erstellte GIS-Applikation (Kapitel 9) ermöglicht darüber hinaus eine differenzierte räumliche Frachtbetrachtung für beliebige Orte im Gewässersystem. Frachtreduzierende Sedimentations-, Abbau- bzw. Umwand-

lungsprozesse wurden allerdings nicht berücksichtigt. Hierzu wäre die Anwendung eines Gewässergütemodells erforderlich.

Exemplarisch sind in Abbildung 8-11 für den Parameter CSB die im Gewässerverlauf kumulierten Frachten dargestellt - zum einen für den Ist-, zum anderen für einen Planungszustand. Als Stoffkonzentrationen wurden die Median-Werte (B_Med) gem. Tabelle 8-3 angesetzt; ebenso wurden für die Reinigungsleistungen der NW-Behandlungsanlagen die Median-Werte (R_Med) zugrunde gelegt. Die in der Abbildung angegebenen Nummern beziehen sich auf die Nummerierung der Oberflächenwasserkörper gem. Tabelle 8-2. Aufgrund der zwischen Ist- und Plan-Zustand abgestimmten Farbcodierung ist erkennbar, ob und in welchem Umfang durch Maßnahmen der NW-Behandlung in den verschiedenen Oberflächenwasserkörpern eine Frachtreduzierung eingetreten ist. In **Anhang 5** sind vergleichbare Abbildungen für weitere Parameter zusammengestellt.

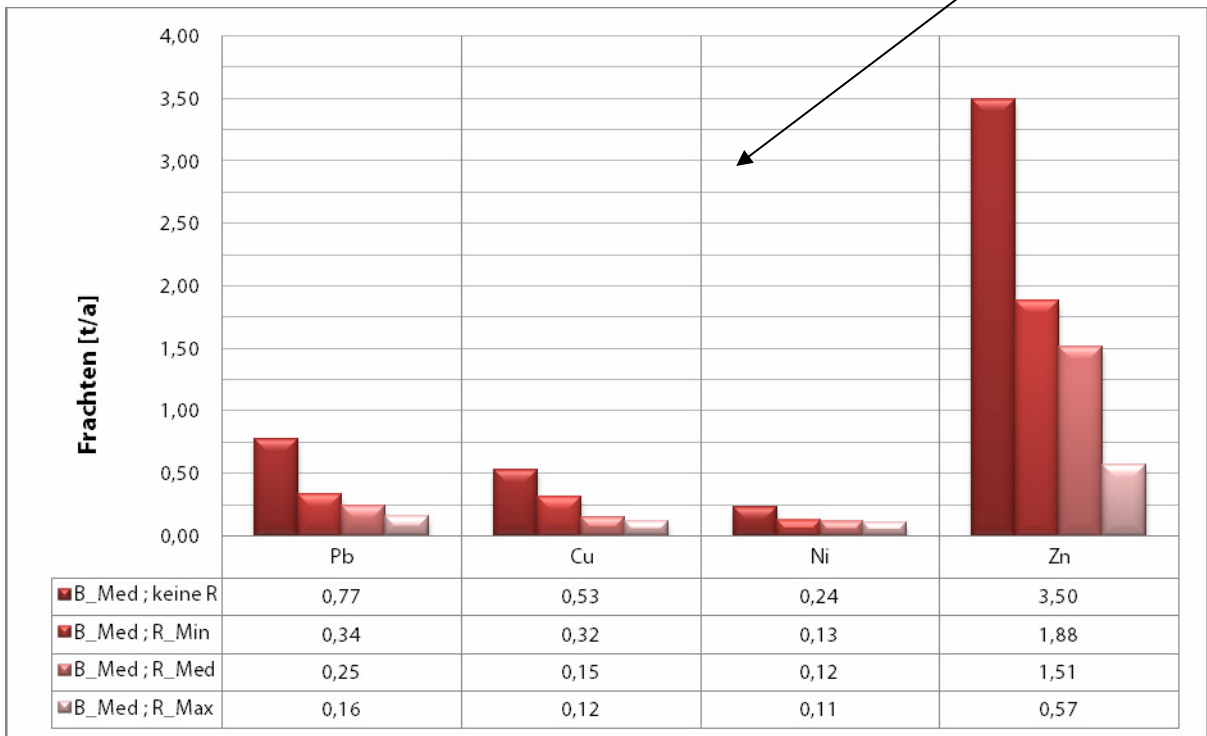
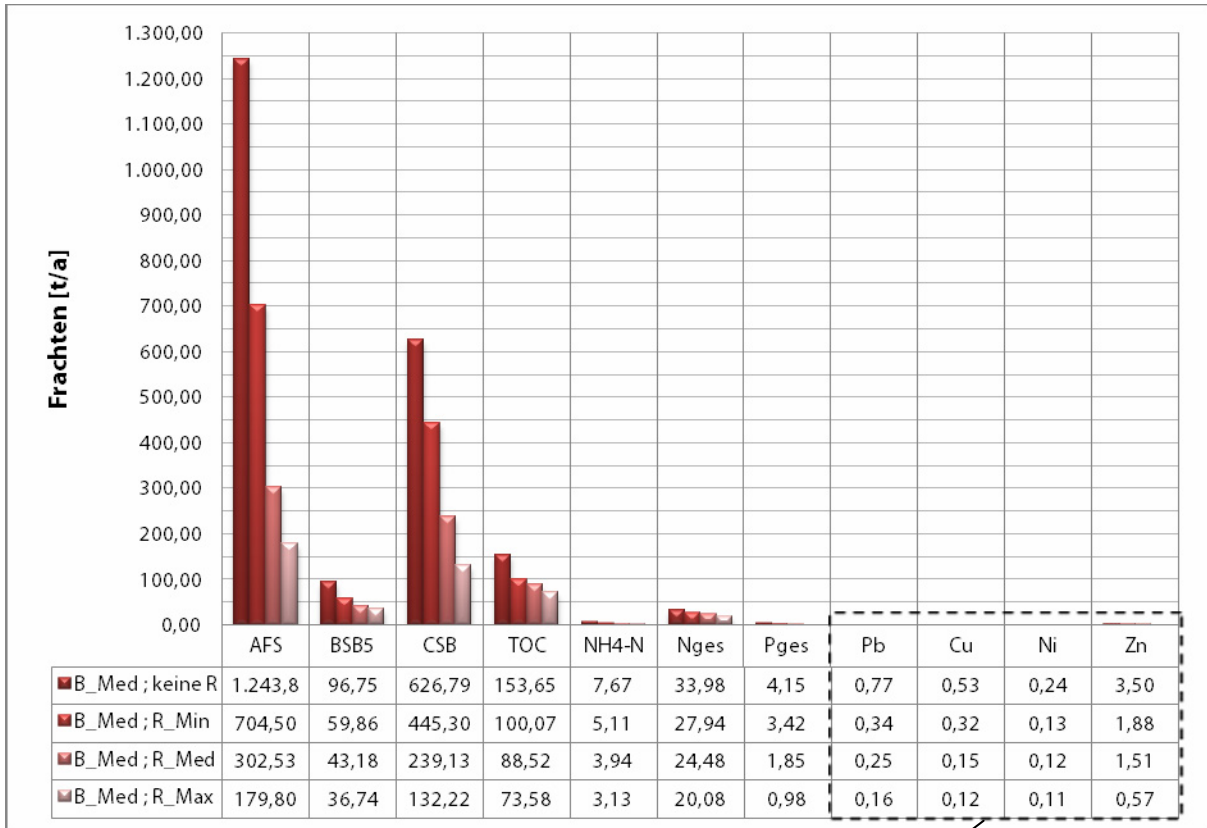


Abbildung 8-8: *Vergleich der kumulierten Jahresfrachten aus kommunalen Trennsystemen in das Gewässersystem der Dhünn für den Ist- und den Plan-Zustand mit:*

- B_Med ; keine R (Belastung: Medianwerte; keine Reinigungsleistung) = Ist-Zustand*
- B_Med; R_Min (Belastung: Medianwerte; Reinigungsleistung: Minimalwerte)*
- B_Med; R_Med (Belastung: Medianwerte; Reinigungsleistung: Medianwerte)*
- B_Med; R_Max (Belastung: Medianwerte; Reinigungsleistung: Maximalwerte)*

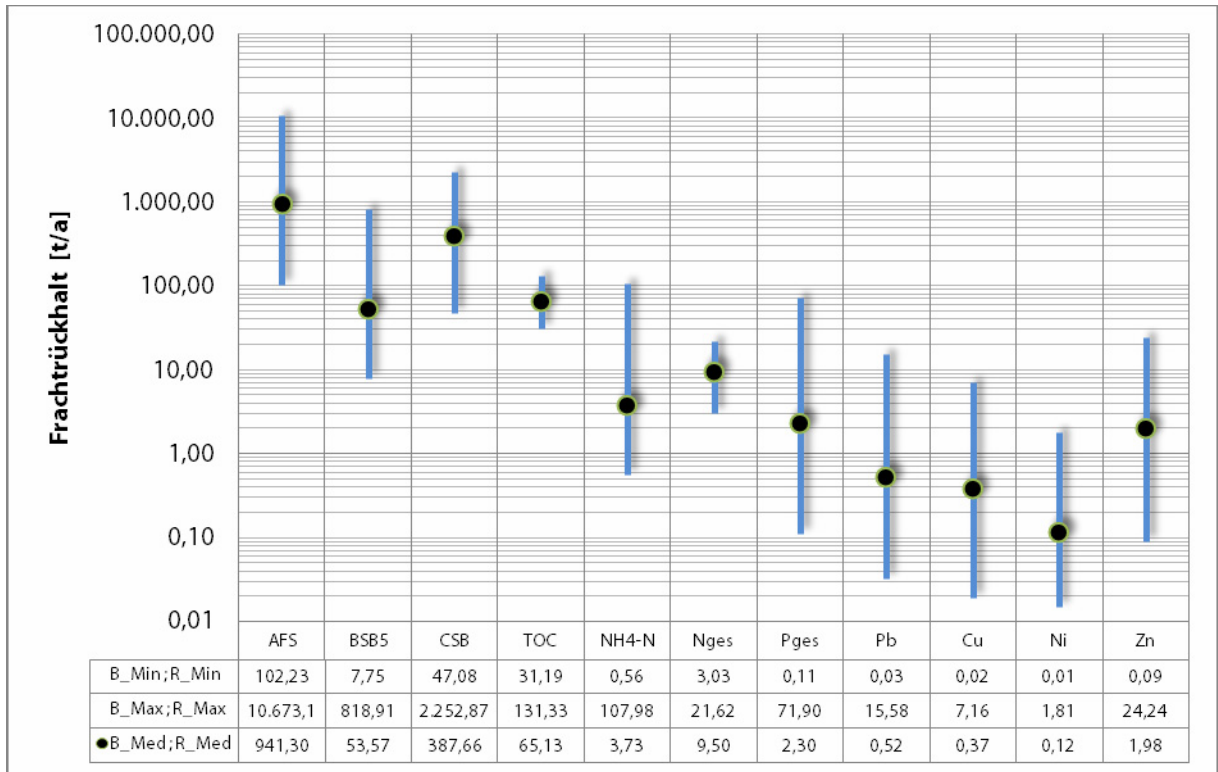


Abbildung 8-9: Absolutwerte der im Einzugsgebiet der Dhünn durch NW-Behandlung zurückgehaltenen Jahresfrachten mit:

B_Min; R_Max (Belastung: Minimalwerte; Reinigungsleistung: Maximalwerte)

B_Max; R_Max (Belastung: Maximalwerte; Reinigungsleistung: Maximalwerte)

B_Med; R_Med (Belastung: Medianwerte; Reinigungsleistung: Medianwerte)

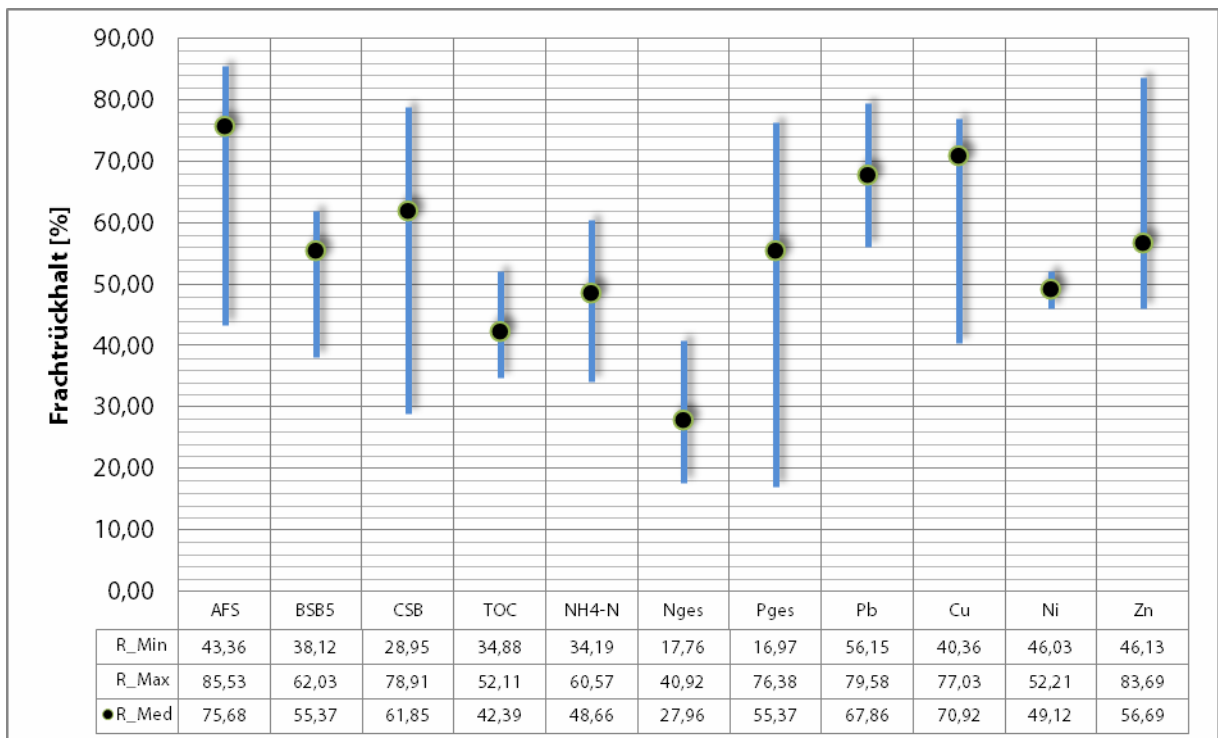
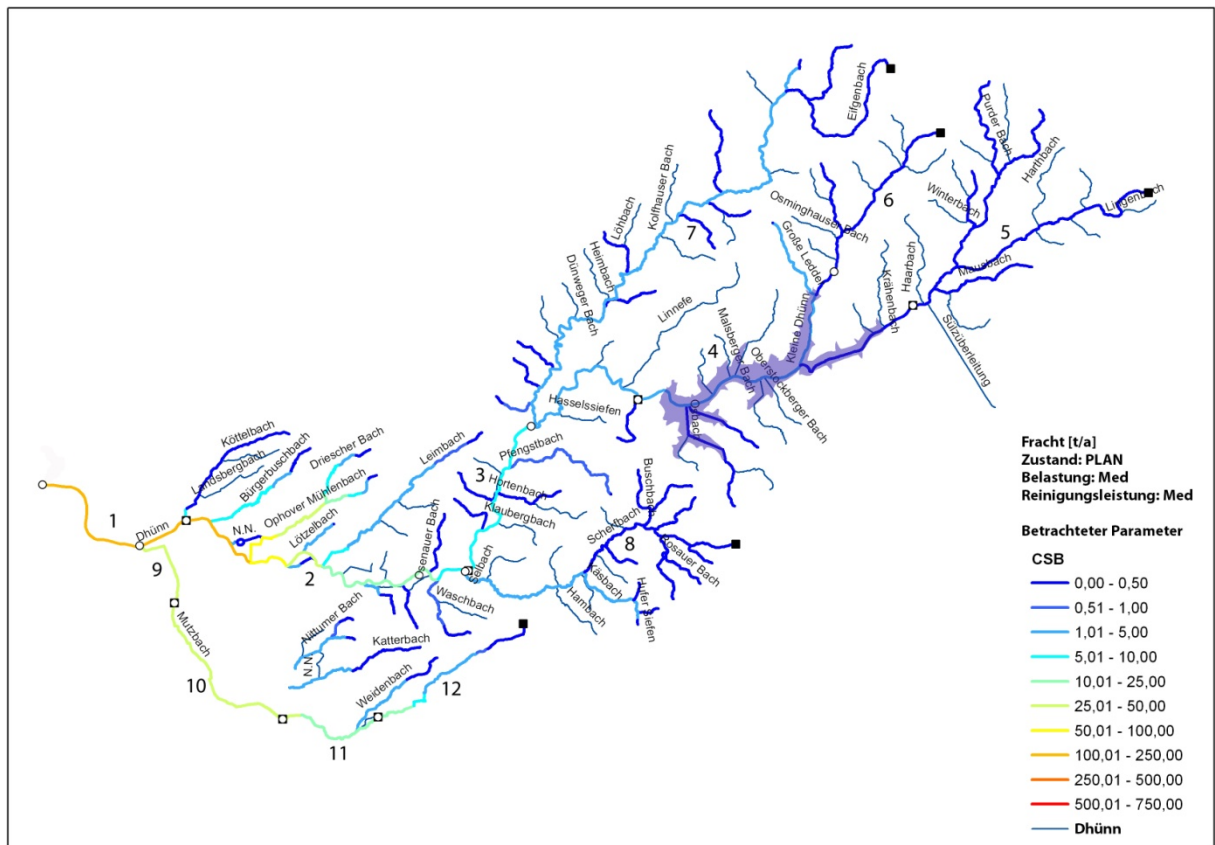
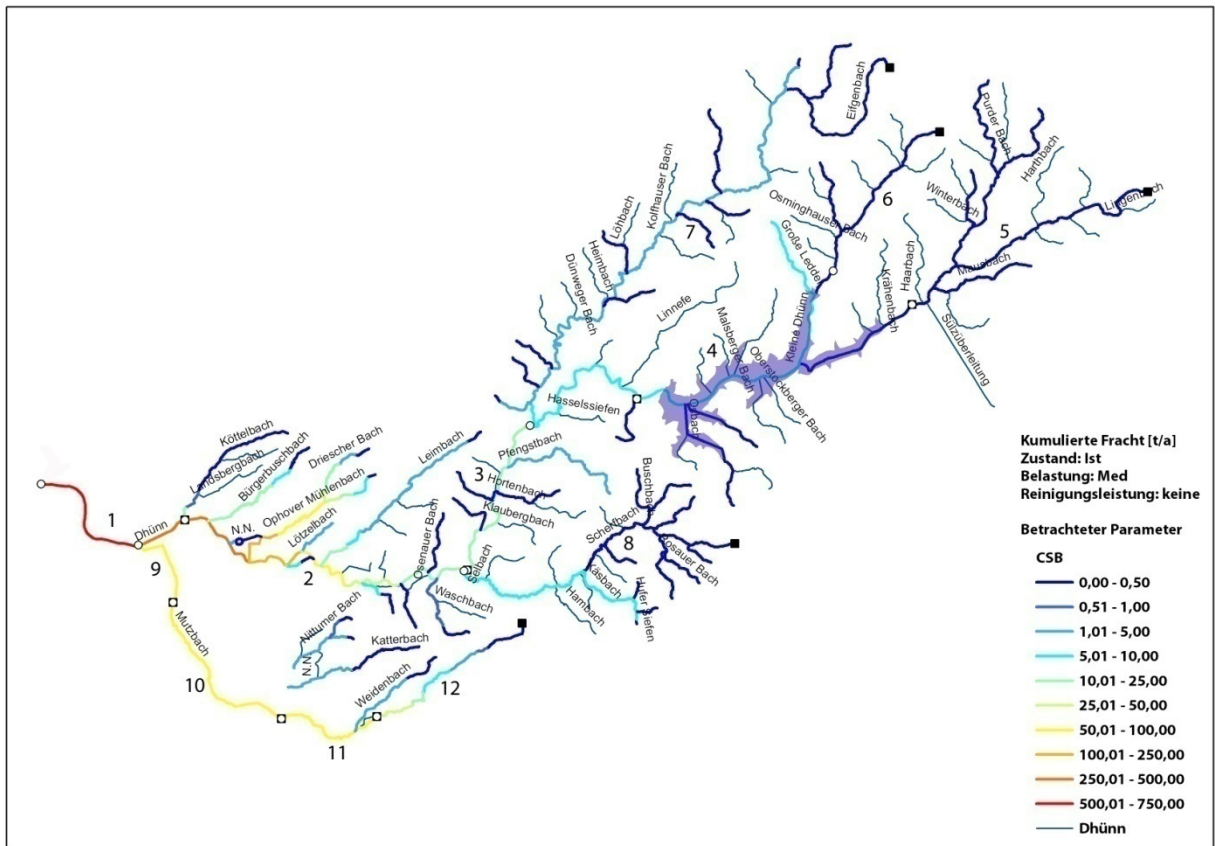


Abbildung 8-10: Durch NW-Behandlung zurückgehaltener Frachtanteil im Einzugsgebiet der Dhünn mit:
 R_Min; R_Med; R_Max: Minimalwert/Maximalwert/Median der Reinigungsleistung



*Abbildung 8-11: Parameter CSB: Jahresfrachten aus kommunalen NW-Einleitungen in das Gewässersystem der Dhünn für den Ist-Zustand (oben) und einen Plan-Zustand (unten);
Nummern: Oberflächenwasserkörper (vgl. Tabelle 8-2)*

9 Das GIS „NW-Behandlung im Trennsystem“

Im Rahmen des Projektes wurde das Programm „Trennsystem“ entwickelt. Es dient der strukturierten Speicherung, raumbezogenen Analyse und Darstellung der im Projekt erfassten Daten. Im aktuellen Entwicklungszustand, beigefügt auf CD-ROM (**Anhang 6**), erfüllt es folgende Zwecke:

- Erfassung der verfügbaren Informationen über NW-Einleitungen
- Raumbezogene Darstellung der Einleitungsstellen innerhalb des Gewässersystems
- Erfassung der Konzentrationen charakteristischer Stoffparameter des NW-Abflusses
- Erfassung der Reinigungsleistungen zentraler NW-Behandlungsanlagen bzgl. der charakteristischen Stoffparameter des NW-Abflusses
- Berechnung der über NW-Einleitungen eingetragene Frachten für charakteristische Stoffparameter des NW-Abflusses und Kumulierung der Frachten entlang der Gewässerstrecken für folgende Fälle:
 - ohne Maßnahmen zur NW-Behandlung
 - mit zentralen Maßnahmen zur NW-Behandlung
- Darstellung der Ergebnisse der o. g. Frachtberechnungen
 - als punktuell eingeleitete Frachten
 - als entlang der Gewässerstrecken kumulierte Frachten

Das GIS enthält sämtliche zum Stand Ende 2008 verfügbaren und für die Frachtberechnung relevanten Informationen für NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen – beschränkt auf das Verwaltungsgebiet der BezReg Köln. Es kann ohne weiteres über die räumlichen Grenzen des Reg-Bez Köln hinaus erweitert werden.

Verwendet wurde eine frei verfügbare Software auf der Basis der Programmiersprache Java und unter LGPL Lizenz. Jedem Benutzer ist es erlaubt, diese Software zu nutzen und zu modifizieren.

Das Programm „Trennsystem“ arbeitet mit einer Datenbank und zwei Shapefiles. Der Datenbankzugriff erfolgt über JDBC. Daher sind Zugriffe auf alle gängigen Datenbanken möglich, wie beispielsweise Oracle, MS-SQL, Access, MySQL und PostgreSQL. Zur Zeit greift das Programm auf eine Access-Datenbank zurück.

Das Datenmodell wurde im Rahmen dieses Projektes entwickelt und die Software arbeitet mit den aus dem Datenmodell hervorgegangenen Tabellennamen, Feldnamen und Feldtypen. Wird diese Struktur geändert, ist die Software entsprechend anzupassen. Einen Überblick über den aktuellen Stand gibt die nachfolgende Abbildung.

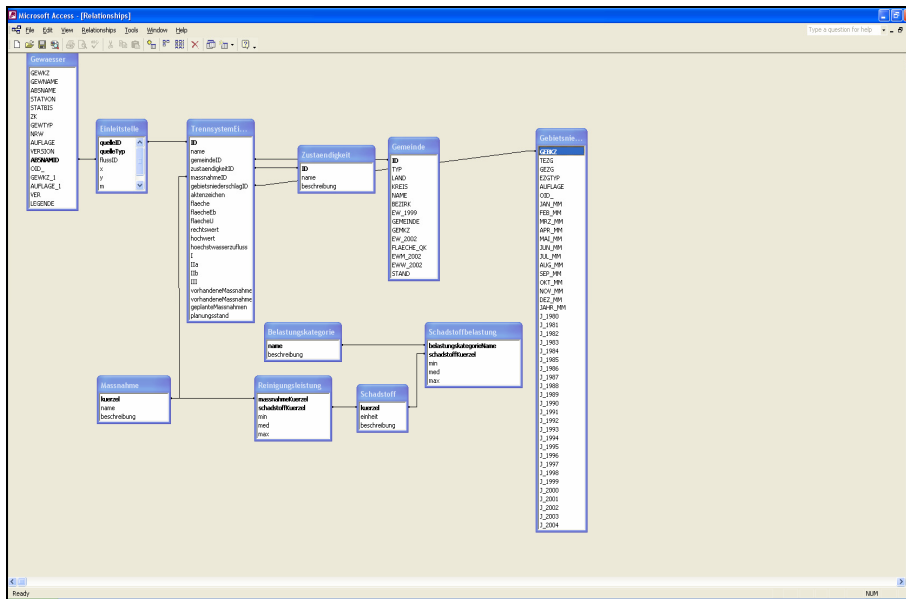


Abbildung 9-1:
Datenmodell

Die zentrale Tabelle heißt „TRENNSYSTEMEINLEITUNG“, welche eine Einleitung ins Gewässer über eine Einleitstelle abbildet. TRENNSYSTEMEINLEITUNG enthält alle Angaben zur Berechnung der eingeleiteten Frachten (Niederschlag, Fläche, Kategorie der Herkunftsfläche gem. Trennsystemerlass, Art der geplante NW-Behandlungsmaßnahme etc). Zur Zeit werden die Kategorien I, IIa, IIb und III als boolesche Werte abgebildet.

Für die Frachtberechnung ist die höchste Kategorie maßgebend. Sofern die dafür notwendigen Daten vorliegen, sind die Abbildung der relativen oder der absoluten Flächenbeträge jeder Belastungskategorie anstatt boolescher Werte programmtechnisch möglich. Damit könnte für eine gegebene NW-Behandlungsanlage der Beitrag jeder Belastungskategorie bei der Berechnung der Frachten differenziert werden.

Einleitstellen erhalten Frachten aus einer Quelle und leiten diese ins Gewässer. Zurzeit sind zwei Typen von Einleitungsquellen definiert: Frachten aus Trennsystemeinleitungen und Frachten aus einem anderen Gewässer. In Abbildung 9-2 sind Trennsystemeinleitungen rot, die zugehörigen Einleitstellen aus Trennsystemeinleitungen grün und Einleitstellen aus anderen Gewässern blau dargestellt. Im Beispiel leitet der Driescher Bach in den Ophover Mühlenbach ein. Dies ist für die Frachtkumulation von Bedeutung, da an der blau dargestellten Einleitstelle die Gesamtfrachten des Driescher Baches kumuliert sind und an den Ophovener Mühlenbach weitergegeben werden.

Die genaue Lage der Einleitstelle aus einer Trennsystemeinleitung ist i. d. R. nicht bekannt. Sie wird im Programm daher aus dem geringsten Abstand zum nächsten Gewässer automatisch ermittelt. Um die berechnete Zuordnung der Einleitstellen zu den Trennsystemeinleitungen zu visualisieren, werden Verbindungslinien als Shapefile (EinleitstelleLinien.shp) erstellt (vgl. Abbildung 9-2).

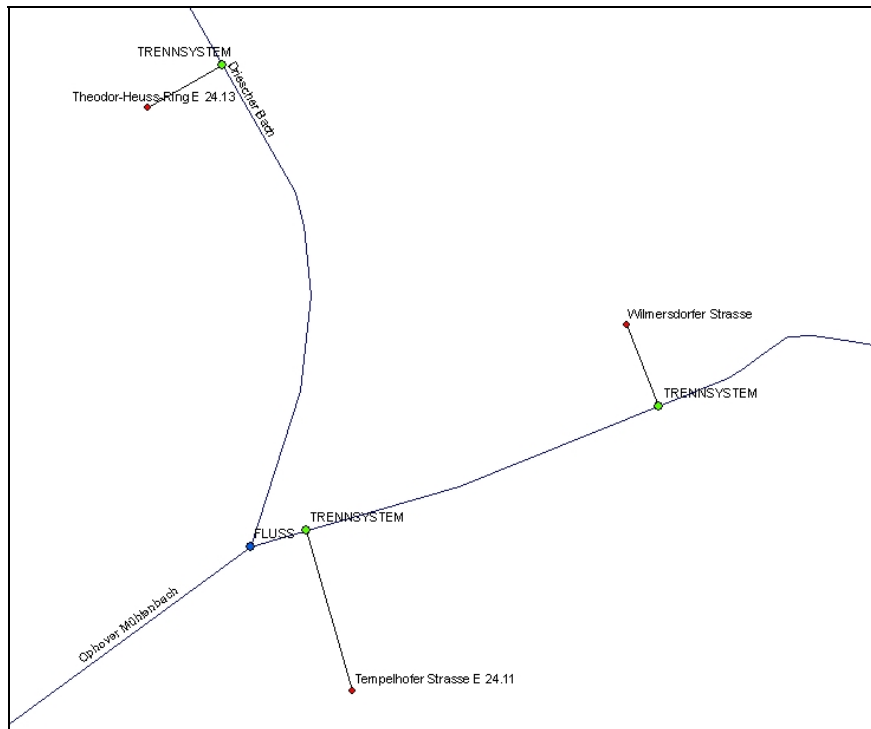


Abbildung 9-2:
Einleitstellen

Eine Erweiterung des Datenmodells für die Berücksichtigung weiterer Quellen (z. B. aus Mischwasserentlastungen, Kläranlagenabläufen) ist programmtechnisch realisierbar. Die Methoden zur Frachtkumulierung und zur Darstellung der Ergebnisse bleiben unverändert.

Eine TRENNSYSTEMEINLEITUNG ist thematisch mit zwei Gruppen von Tabellen verknüpft: Schadstoffbelastungen (in der Regel in mg/l) und Reinigungsleistungen (in Prozent). Schadstoffbelastungen werden aus der Belastungskategorie der Herkunftsflächen abgeleitet, die ihrerseits ein Attribut der TRENNSYSTEMEINLEITUNG ist. Reinigungsleistungen hängen vom Schadstoff und von der Maßnahme ab. Die TRENNSYSTEMEINLEITUNG ist mit einer Maßnahme aus dem Katalog von Maßnahmen verknüpft. Jede Maßnahme hat für jeden Schadstoff eine bestimmte Reinigungsleistung. Aus der Stoffbelastung und der Reinigungsleistung ergibt sich unter Einbeziehung der abflusswirksamen Fläche und der Niederschlagsmenge die Stofffracht.

Das Programm „Trennsysteme“ besteht aus drei Hauptkomponenten, die jeweils über eine eigene Eingabemaske verfügen:

- Übergeordnete Eingabedaten („Trennsystemparameter“)
- Informationen zu den NW-Einleitungen („Einleitung“)
- Definition des betrachteten Szenarios („Szenarien“)

In der Eingabemaske „Trennsystemparameter“ (Abbildung 9-3) werden zunächst die Verbindungen mit der Datenbank und mit den zu verwendenden Shapefiles (Gewässersystem; Gebietsniederschläge) definiert. Außerdem wird das Ausgabeverzeichnis ausgewählt; alle Berechnungsergebnisse und weitere Shapefiles werden dort abgelegt. Enthält das Verzeichnis, in dem das Programm gespeichert ist, ein Verzeichnis namens „data“, dann sucht die Applikation dort nach einer Datenbank „trennsystem.mdb“ und nach den zwei Shapefiles

- GebN_GSK3B_koeln.shp (Gebietsniederschläge) und
- gsk3b_gewkz_gewname_BR_Koeln.shp (Gewässerkarte Auflage 3b).

Abbildung 9-3: Eingabemaske „Trennsystemparameter“

Wird in der Eingabemaske im Bereich „Schadstoffe“ ein Schadstoff neu definiert, dann müssen im Bereich „Schadstoffbelastung“ für jede Kategorie die Konzentrationen und in den Bereichen „Maßnahmen“ und „Reinigungsleistung“ für jede Maßnahme die Reinigungsleistung für den neuen Schadstoff definiert werden. Das Programm „Trennsysteme“ stellt Prozeduren zum Import von Schadstoffen mit Konzentrationsangaben, Maßnahmen mit zugehörigen Reinigungsleistungen und Trennsystemeinleitungen aus Excel-Tabellen zur Verfügung; diese wurden bei der Aufstellung des GIS einmalig verwendet und sind nicht auf den Eingabemasken sichtbar.

Die Eingabemaske „Einleitung“ stellt die einzelnen NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen dar (Abbildung 9-4). Die „Einleitungstabelle“ enthält die wesentlichen Parameter der Einleitungen, die durch Anklicken des jeweiligen Spaltenkopfes sortiert werden können. Durch die Selektion einer Tabellenzeile wird der vollständige Datensatz im Einleitungseditor dargestellt und kann dort überarbeitet werden.

Der Erstellung einer Trennsystemeinleitung folgt automatisch die Erstellung der Einleitstelle nach dem Kriterium des minimalen Abstandes zum nächsten Gewässer (vgl. Abbildung 9-2). Wenn Trennsystemeinleitungen gelöscht oder neu erzeugt wurden, oder wenn die Lage einer bestehenden Trennsystemeinleitung geändert wurde, dann müssen der Konsistenz halber neue Shapefiles erzeugt werden. In der Menüleiste unter „GIS“ können die Trennsystemeinleitungen, die Einleitstellen und die Verbindungslinien zwischen beiden in drei separaten Shapefiles erzeugt werden.

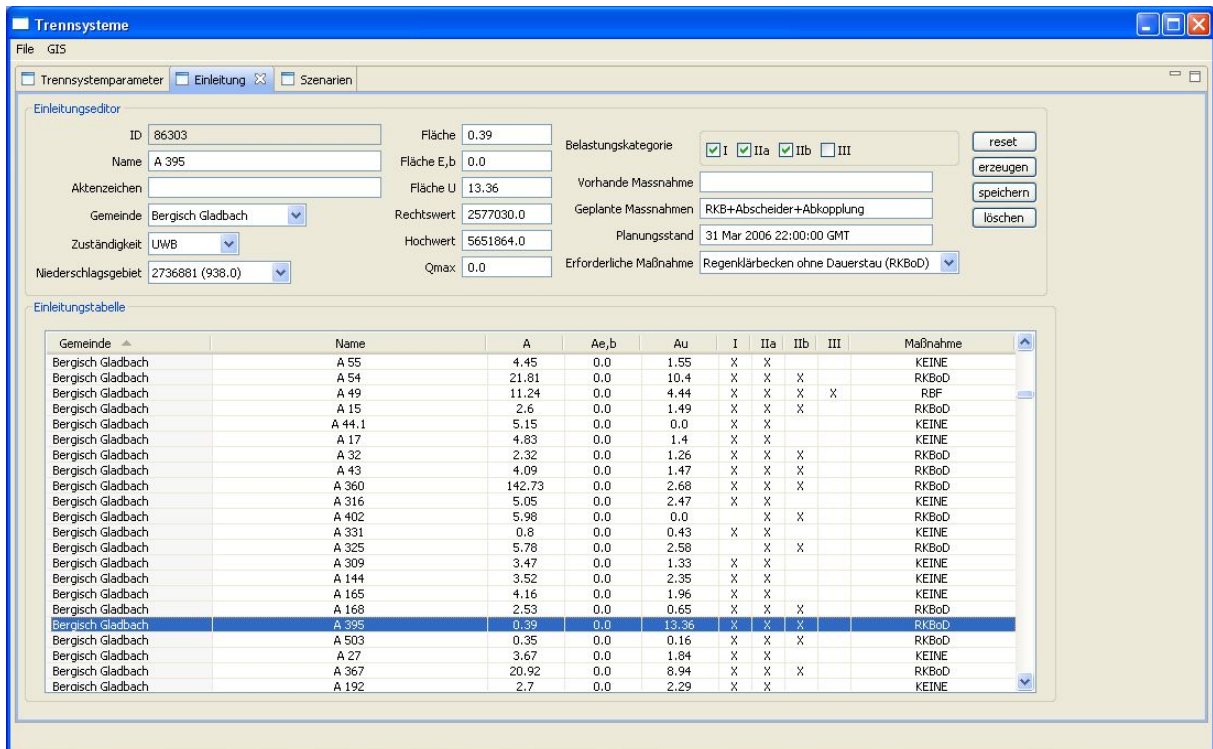


Abbildung 9-4: Eingabemaske „Einleitung“

In der Eingabemaske „Szenarien“ (Abbildung 9-5) werden Szenarienparameter ausgewählt und die gewünschten Szenarien erzeugt. Auch lässt sich der mittlere Abflussbeiwert Ψ_m global wählen; mit diesem Wert erfolgt gem. Kapitel 8.4.1 die für die Frachtberechnung erforderliche Bestimmung von A_u für den Fall, dass nur die an eine Einleitungsstelle angeschlossene kanalisierte Fläche $A_{E,k}$ bekannt ist.

Es werden Shapefiles erstellt für

- die punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen zugeführten Frachten
- die punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen kumulierten Frachten
- die auf den Gewässerverlauf bezogene linienhafte Darstellung der kumulierten Frachten

Die/der Programmanwender/in kann wählen, ob das Minimum (min.), das Maximum (max.) oder der Median-Wert (med.) der Stoffkonzentrationen der Frachtberechnung zugrundegelegt wird. Wird der „Ist-Zustand“ ausgewählt, ermittelt das Programm die Frachten für den Zustand ohne NW-Behandlungsanlagen; im aktuellen Bearbeitungszustand ist das GIS nicht in der Lage bereits bestehende NW-Behandlungsanlagen bei der Frachtberechnung zu berücksichtigen.

Sollen Frachten für den Endzustand, d. h. nach Umsetzung aller NW-Behandlungsmaßnahmen ermittelt werden, so kann gewählt werden, ob der Minimal-, Maximal- oder Median-Wert der Reinigungsleistung der NW-Behandlungsmaßnahmen angesetzt werden soll.

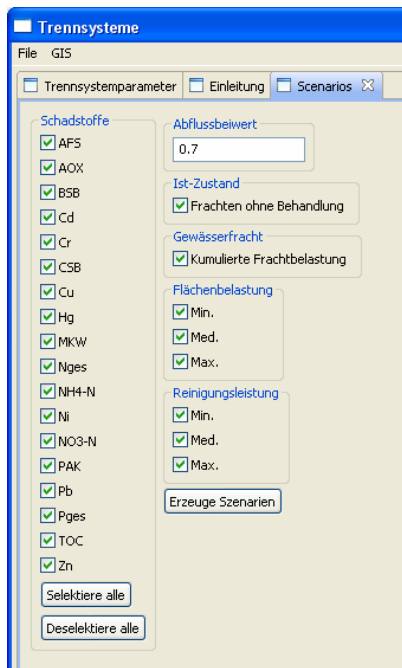


Abbildung 9-5:
Eingabemaske „Szenarien“

Die im gewählten Ausgabeverzeichnis erstellten Shapefiles enthalten eine Spalte für jeden ausgewählten Schadstoff mit den je Einleitung zugeführten bzw. entlang der Gewässer kumulierten Frachten. Die Namensgebung der Files geschieht nach folgendem Muster:

- punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen zugeführten Frachten ohne Behandlung: *EinleitstelleFrachtenOhneBehandlungPunktBelastung.shp* ; z. B.:
 - *EinleitstelleFrachtenOhneBehandlungPunktMin.shp*
(Verwendung der Minimal-Werte der Stoffkonzentrationen)
 - *EinleitstelleFrachtenOhneBehandlungPunktMed.shp*
(Verwendung der Median-Werte der Stoffkonzentrationen)
 - *EinleitstelleFrachtenOhneBehandlungPunktMax.shp*
(Verwendung der Maximal-Werte der Stoffkonzentrationen)
- punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen zugeführten Frachten mit Behandlung: *EinleitstelleFrachtenBelastungReinigungsleistung.shp* ; z. B.:
 - *EinleitstelleFrachtenMinMax.shp*
(Minimal-Werte der Stoffkonzentrationen; Maximal-Werte der Reinigungsleistung)
 - *EinleitstelleFrachtenMedMed.shp*
(Median-Werte der Stoffkonzentrationen; Median-Werte der Reinigungsleistung)
 - *EinleitstelleFrachtenMaxMin.shp*
(Maximal-Werte der Stoffkonzentrationen; Minimal-Werte der Reinigungsleistung)
- punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen kumulierten Frachten ohne Behandlung: *EinleitstelleFrachtenBelastungReinigungsleistung.shp* ; z. B.:
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungPunktMin.shp*
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungPunktMed.shp*
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungPunktMax.shp*
- punktweise Darstellung der an den Einleitungsstellen kumulierten Frachten mit Behandlung: *EinleitstelleFrachtenBelastungReinigungsleistung.shp* ; z. B.:
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenPunktMinMax.shp*
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenPunktMedMed.shp*
 - *EinleitstelleKumulierteFrachtenPunktMaxMin.shp*

- linienhafte Darstellung der kumulierten Frachten ohne Behandlung:
EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungLinieBelastung.shp ; z. B.:
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungLinieMin.shp
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungLinieMed.shp
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenOhneBehandlungLinieMax.shp
- linienhafte Darstellung der kumulierten Frachten mit Behandlung:
EinleitstelleKumulierteFrachtenLinieBelastungReinigungsleistung.shp ; z. B.:
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenLinieMinMax.shp
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenLinieMedMed.shp
 - EinleitstelleKumulierteFrachtenLinieMaxMin.shp

10 Zusammenfassung

Im Zeitraum Mitte Juni 2007 bis Ende Dezember 2008 wurde durch die FH Köln im Auftrag der BezReg Köln das Projekt „Maßnahmen zur Niederschlagswasserbehandlung in kommunalen Trennsystemen am Beispiel des Regierungsbezirkes Köln“ bearbeitet.

Unter Beschränkung auf kommunale Trennsysteme im RegBez Köln wurden folgende Aufgaben gestellt:

- Erfassung des Bedarfs an Maßnahmen zur NW-Behandlung
- Abschätzung der Auswirkungen des Maßnahmenbedarfs auf die kommunalen Niederschlagsentwässerungskonzepte
- Exemplarische Abschätzung der Auswirkungen der erforderlichen NW-Behandlungsmaßnahmen auf die Maßnahmenprogramme gem. WRRL für das Gewässersystem der Dhünn

Losgelöst vom Gebiet des Kölner Regierungsbezirks waren darüber hinaus die Möglichkeiten einer dezentralen NW-Behandlung zusammenzustellen und zu bewerten.

Bedarf an Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen im RegBez Köln

Durchgeführt wurde eine Erhebung der Daten aller NW-Einleitungen im RegBez Köln. Angefragt wurden Kommunen und Untere Wasserbehörden. Auch die Datenbestände der BezReg Köln wurden einbezogen. Erfragt wurden Informationen zu den Einleitungen selbst, den an die Einleitstellen angeschlossenen Flächen sowie zu bereits vorhandenen bzw. geplanten Maßnahmen der NW-Behandlung. Bestehende Unklarheiten wurden in Gesprächen mit den Beteiligten sowie durch ergänzende Unterlagen soweit wie möglich geklärt.

Da nicht in jedem Fall ausreichende Daten oder Unterlagen bezogen werden konnten, mussten Informationslücken durch geeignete Annahmen geschlossen werden.

Zur weiteren Analyse und Darstellung wurden die Informationen in ein Geografisches Informationssystem integriert, das im Rahmen des Projektes entwickelt wurde.

Auf Grundlage des Trennsystemerlasses [MUNLV NRW, 2004] und unter Berücksichtigung der behördeninternen Vorgehensweise der BezReg Köln wurde ein Schema zur Prüfung der Behandlungsbedürftigkeit von NW-Einleitungen erstellt. Das Prüfschema wurde auf die kommunalen NW-Einleitungen im RegBez Köln angewendet.

Ende 2008 stellt sich der hochgerechnete Maßnahmenbedarf im RegBez Köln wie folgt dar: 42 % der insgesamt 2.613 NW-Einleitungen aus kommunalen Trennsystemen sind behandlungsbedürftig. Von den behandlungsbedürftigen NW-Einleitungen sind 81 % der Kategorie IIb und 19 % der Kategorie III gem. Trennsystemerlass zuzuordnen.

Auswirkungen des Bedarfs an NW-Behandlungsmaßnahmen auf die kommunalen Niederschlagsentwässerungskonzepte im RegBez Köln

Zu prognostizieren waren die durch die NW-Behandlungsmaßnahmen entstehenden Baukosten sowie der für die Umsetzung der Maßnahmen erforderliche Zeitraum. Aufgrund der begrenzten Informationsgrundlage waren jeweils stark vereinfachende Annahmen erforderlich. Die Ergebnisse der Prognosen sind daher als Orientierung für weitere, konkretisierende Arbeiten zu verstehen.

Die Nettobaukosten für alle im RegBez Köln erforderlichen NW-Behandlungsanlagen werden mit ca. 208 Mio. € abgeschätzt. Nicht in dieser Summe enthalten sind die als erheblich eingeschätzten Kosten für Grunderwerb, Ingenieurleistungen und ggf. erforderliche Nebenanlagen; diese Kostenanteile sind in besonderem Maße von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten abhängig und entziehen sich daher einer übergeordneten Kostenschätzung.

Da erwartet wird, dass ein größerer Teil der erforderlichen RKB nur ein Volumen $<25 \text{ m}^3$ benötigt, sollten zur Reduzierung des baulichen Aufwandes - und damit zur Kostendämpfung - standardisierte, vorgefertigte Einzelmodule verwendet werden.

Hinsichtlich des für die Maßnahmenumsetzung erforderlichen Zeitraums ist zunächst festzustellen, dass die Kommunen des RegBez Köln sehr unterschiedliche belastet sein werden. Im Extremfall hat eine einzelne Kommune Behandlungsmaßnahmen für knapp 90 NW-Einleitungen vorzusehen.

Unter bestimmten Voraussetzungen bzgl. der Dauer für die Durchführung einer Einzelmaßnahme und unter Berücksichtigung einer nach der Größe der Kommune gestaffelten Möglichkeit der Parallelbearbeitung, können mehr als die Hälfte der Kommunen die erforderlichen Maßnahmen bis Ende 2012, der Frist zur Umsetzung der Maßnahmenprogramme gem. WRRL, umsetzen. Etwa 10 % der Kommunen im RegBez Köln werden voraussichtlich Schwierigkeiten haben, die erforderlichen Maßnahmen bis Ende 2015, der Zielerreichungs-Frist der WRRL, fertig zu stellen. Die Gültigkeit der getroffenen Annahmen vorausgesetzt, können bis Ende 2024 im RegBez Köln alle erforderlichen Maßnahmen zur NW-Behandlung in kommunalen Trennsystemen fertig gestellt sein.

Abschätzung der Auswirkungen der erforderlichen NW-Behandlungsmaßnahmen auf die Maßnahmenprogramme gem. WRRL für das Gewässersystem der Dhünn

Die WRRL sieht zur Erreichung der gesetzten Ziele einen mehrstufigen Fristenplan vor. Die Phasen „Bestandsaufnahme“ und „Monitoring“ sind abgeschlossen. Auf Basis der Ergebnisse werden derzeit die für die Zielerreichung notwendigen Maßnahmenprogramme entwickelt. Dabei ist für jede Flussgebietseinheit ein Bewirtschaftungsplan aufzustellen. In diesem Zusammenhang sind die erforderlichen Maßnahmen und deren Auswirkungen zu identifizieren und in die Bewirtschaftungspläne einzubinden. Hierzu gehört auch der Maßnahmenbedarf, der sich aus der Anwendung des Trennsystemerlasses ergibt.

Mit Hilfe einfacher Frachtberechnungen wurde abgeschätzt, inwieweit sich die Umsetzung der Maßnahmen zur Behandlung des NW-Abflusses aus kommunalen Trennsystemen auf die stoffliche Belastung der Oberflächenwasserkörper im Gewässersystem der Dhünn auswirkt. Frachtreduzierende Sedimentations-, Abbau- bzw. Umwandlungsprozesse wurden nicht berücksichtigt; hierzu wäre die Anwendung eines Gewässergütemodells erforderlich.

Als ein Ergebnis ist festzuhalten: werden sowohl für die im NW-Abfluss enthaltenen Stoffkonzentrationen als auch für die Reinigungsleistung der NW-Behandlungsanlagen die Mediane der bekannten Wertespektren zugrundegelegt, so können die durch NW-Einleitungen in das Gewässersystem Dhünn emittierten Gesamtfrachten für 9 der 11 betrachteten Parameter durch zentrale NW-Behandlungsanlagen um etwa 50 % und mehr reduziert werden.

Die im Rahmen des Projektes in ein Geografisches Informationssystem integrierte Frachtberechnung ermöglicht auch eine differenzierte räumliche Betrachtung für beliebige Orte im Gewässersystem. Grundlegende Eingangsgrößen können variiert werden. Die entwickelte Software ist auf CD beigefügt.

Dezentrale Maßnahmen der NW-Behandlung

Im Zuge des Projektes wurde eine auf deutschsprachige Länder beschränkte Marktrecherche durchgeführt, in der die derzeit verfügbaren Anlagen zur dezentralen NW-Behandlung zusammengestellt wurden. Die erfassten Anlagen wurden nach ihren Wirkungsweisen typisiert. Den Herstellerangaben folgend wurden die Einsatzbereiche eingestuft.

Nicht für alle bekannt gewordenen Anlagen liegen gemessene Reinigungsleistungen vor. Die derzeit verfügbaren Daten wurden zusammengestellt. Ein unmittelbarer Vergleich der Reinigungsleistungen zur Ermittlung eines zu bevorzugenden Systems ist nicht möglich. Um eine derartige Aussage treffen zu können, müssten die Prüfbedingungen und -methoden zunächst vereinheitlicht werden. Diesbezüglich besteht Handlungsbedarf. Erst in der Folge können die nötigen verglei-

chenden Untersuchungen durchgeführt werden. Gleiches gilt für die Aspekte Betriebssicherheit und Betriebsaufwand.

Im Rahmen des Projektes wurden für zwei in Köln-Wahn und Köln-Porz-Lind gelegene Gebiete Planungsbeispiele für dezentrale NW-Behandlungsanlagen erarbeitet. Ermittelt bzw. abgeschätzt wurden die unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten zu erwartenden Investitions- und Betriebskosten.

11 Quellenverzeichnis

- ALLOWAY, B.J.; AYRES, D.C. (1996): *Schadstoffe in der Umwelt*; Spektrum Akademischer Verlag; Heidelberg.
- ANSELM, F.; GAUGER, T.; KÖBLER, R. (1998): *Kartierung von Toleranzwerten der Wirkung von Luftverunreinigungen auf Materialien in Deutschland*; Endbericht zum Forschungsvorhaben 108 07 034 des Umweltbundesamtes.
- AQUACLEAN (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Aqua Clean GmbH; Internetseite www.aquaclean.org; eingesehen im Herbst 2007; *Centrifoel® das Sicherheitsstraßenablaufsystem, Roval informiert, Preisliste Centrifoel-Sicherheitsstraßenablauf*; erhalten im Herbst 2007.
- AQUACLEAN GMBH (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Fa. AquaClean*; Internetseite www.aquaclean.org, eingesehen 07/2008; persönliche Mitteilungen.
- ARP (2006): *SABA Attinghausen*; Schlussdokumentation; André Rotzetter + Partner Beratende Ingenieure AG; Schweiz.
- ATHANASIADIS, K. (2005): *Filtration des Niederschlagswassers von Kupferdächern zum Schutz von Boden und Grundwasser*; Berichte aus Wassergüte und Abfallwirtschaft, TU München, Band Nr.185.
- ATV (1995): *Betriebsaufwand für die Kanalisation*; Teil 1: Betriebsaufgaben und Intervalle, Teil 2: Personal, Fahrzeuge, Geräte; Arbeitsblatt ATV-A 147, GFA, Hennef.
- ATV (1999): *Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung*; Arbeitsblatt ATV-A 166, GFA, Hennef.
- ATV-DVWK (2000): *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser*, Merkblatt ATV-DVWK-M 153, GFA, Hennef.
- ATV-DVWK (2001): *Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von BAUWERKEN der zentralen Regenwasserbehandlung und –rückhaltung*; Merkblatt ATV-DVWK-M 176, GFA, Hennef.
- ATV-DVWK (2002): *Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen von Trocken- und Regenwetterabflüssen in Misch- und Trennkanalisationen*, Langfassung Abschlussbericht, ATV-DVWK-Forschungsfonds 2001, Projekt 1-01, GFA, Hennef.
- ATV-DVWK (2002a): *Abwasserkanäle und –leitungen in Wassergewinnungsgebieten*; Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 142, GFA, Hennef.
- AUSTERMANN-HAUN, U. (2005): *Fachliche Anforderung zur Erfassung von Niederschlagswassereinleitungen bei den Unteren Wasserbehörden*, Version 1.4. Fachbereich Bauingenieurwesen, Labor für Siedlungswasserwirtschaft, FH Lippe und Höxter.
- BÄR, S. (2007): Firma Betonwerke Müller GmbH, persönliche Mitteilung.
- BALL, J. E.; JENKS, R.; AUBOURG, D. (1998): *An assessment of the availability of pollutant constituents on road surfaces*; *Sci. Total Environ* 209, pp. 243-254.
- BAUN, A.; ARNBJERG-NIELSEN, K. (2001): *Stormwater from roads can affect aquatic organisms*; eingesehen am 28/01/2008.
- BBODSCHG (1998): *Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten*, BGBl I 1998, 502, 17. März 1998.
- BBODSCHV (1999): *Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung*, BGBl I 1999, 1554, 12. Juli 1999.
- BERBEE, R.; RIJS, G.; DE BROUWER, R.; VAN VELZEN, L. (1999): *Characterization and Treatment of Runoff from Highways in the Netherlands Paved with Impervious and Pervious Asphalt*; *Water Environment Research*, 71 (2), pp. 183-190; Alexandria, VA, USA.
- BOLLER, M. (2003): *Nachhaltige Regenwasserentsorgung auf dem Weg in die Praxis*; EAWAG news, Siedlungsentwässerung im Wandel 57, pp. 24-28.

- BÖHM, E.; HILLENBRAND, T. (2003): *Kosten-Wirksamkeit von Maßnahmen im Bereich der Regenwasserbehandlung und –bewirtschaftung*; Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung, Karlsruhe.
- BORN, W. ET AL. (2007): *Niederschlagswasserbehandlung durch Retentionsbodenfilteranlagen*; Hessisches Ministerium für Umwelt, ländlichen Raum und Verbraucherschutz.
- BRANDNER, W. (2006): *Bemessung und Kostenermittlung eines Retentionsbodenfilters*; Masterarbeit.
- BREMEN (2005): *Vorreinigung von Niederschlagsabflüssen vor der Versickerung, D-Rainclean, Datengrundlage*; Bodenökologisches Labor Bremen GmbH, Bremen, März 2005.
- BROMBACH, H.; FUCHS, S. (2003): *Datenpool gemessener Verschmutzungskonzentrationen in Misch- und Trennkanalesationen*; Abschlussbericht, ATV-DVWK Forschungsfonds 2001, Projekt: 1-01.
- BROMBACH, H. (2005): *Technische Filterung von Oberflächenabflüssen aus Siedlungsgebieten*; Zwischenbericht des Forschungsprojektes, Programm „Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung“ (BWPLUS).
- BROMBACH, H.; WEIB, G. (2007): *Technische Filterung von Oberflächenabflüssen aus Siedlungsgebieten – Pilotanlage Bad Mergentheim „Im Abelt“*; Abschlussbericht des Forschungsprojektes, Programm „Lebensgrundlage Umwelt und ihre Sicherung, Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Förderkennzeichen: BWT 24007; 11/2007.
- BRUNNER, P.G. (2002): *Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem*, Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg.
- BUWAL (2002): *Wegleitung – Gewässerschutz bei der Entwässerung von Verkehrswegen*, Vollzugshilfe des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Abteilung Gewässerschutz und Fischerei, Sektion Abwasser und Landwirtschaft, Bern, Trennerlass 1988.
- CLEMENS, M. (1997): *Laborversuche zur Funktionsprüfung des Leichtstoffabscheiders Centrifoel*; TÜV Rheinland Sicherheit und Umweltschutz GmbH Bericht Nr. 920/722713, Köln, 02. Juni 1997.
- COLDEWEY, W.G.; GEIGER, W.F. (2004): *Pilotstudie zum Einfluss der Versickerung auf den Wasserhaushalt eines Stadtteils*, Phase III; Abschlussbericht zu Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW, Az: IV-9-042234.
- DBU (2005): Dierkes, C.; Göbel, P.; Coldewey, W.: *Entwicklung und Optimierung eines kombinierten unterirdischen Reinigungs- und Versickerungssystems für Regenwasser*, Abschlussbericht Az: 18622, Umweltbundesamt.
- DBU (2007): Hilliges, R., Helmreich, B., Horn, H., Bischof, F., Dierkes, C.: *Entwicklung und Optimierung eines mehrstufigen Reinigungssystems für Straßen- und Parkplatzabläufe in urbanen Gebieten zur Abflussdämpfung*; Abschlussbericht Az: 223388, Umweltbundesamt.
- DIBT (2005): *Zulassungsgrundsätze für Abwasserbehandelnde Flächenbeläge*; Schriftreihe des Deutschen Instituts für Bautechnik, Reihe B, Heft 19.
- DIERKES, C.; LOHMANN, M. (2005): *Versickerungsleistung und Schadstoffrückhalt bei der konzentrierten Versickerung der Regenabflüsse von Parkflächen über Betonsteine mit erweiterten Fugen*; Abschlussbericht Pilotvorhaben der Emschergenossenschaft.
- DIERKES, C. (2006): *Möglichkeiten der Vorbehandlung von Niederschlagswasser vor der Versickerung*; 5. Regenwassertage der DWA, Bad Wildungen.
- DIERKES, C.; RAASCH, U.; SPENGLER, B. (2006): *Versickerungsleistung und Stoffrückhalt von wasserdurchlässigen Flächenbelägen bei hohen Anschlussverhältnissen*; KA Abwasser Abfall 53 (12), pp. 1232-1237.
- DIERKES, C.; SCHUMANN, A. (2007): *Dezentrale Reinigung von Regenabflüssen mit Filterschächten*; Spiegel 2/07, pp. 22-23.
- DIERKES, C. (2007): Firma HydroCon GmbH; persönliche Mitteilung.
- DIN 1229 (1986): *Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen*; Klassifizierung, Baugrundsätze, Prüfung, Überwachung und Kennzeichnung.

- DIN 1999 (2003, 2008): *Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten*; Teil 100 (2003): Anforderungen für die Anwendung von Abscheideranlagen nach DIN EN 858-1 und DIN EN 858-2; Teil 101 (2008; Entwurf): Zusätzliche Anforderungen an Abscheideranlagen und DIN 1999-100; Beuth Verlag Berlin.
- DIN 19594 (1990): *Aufsätze 300x500 für Abläufe Klasse C250* – Teil 1 (1990): Zusammenstellung (1990) Teil 2 (1990): Einzelteile; Beuth Verlag Berlin.
- DIN 38409 H 18 (1981): *Deutsche Einheitsverfahren zu Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchungen*; Bestimmung von Kohlenwasserstoffen, Beuth Verlag Berlin.
- DIN 4034 (2004): *Schächte aus Beton-, Stahlfaserbeton- und Stahlbetonfertigteile für Abwasserleitungen und Kanäle-Typ 1 und Typ 2*-Teil 1 (2004): Anforderungen, Prüfung und Bewertung der Konformität, Teil 2 (1999): Schächte aus Beton und Stahlbetonfertigteilen; Schächte für Brunnen und Sickeranlagen, Maße und technische Lieferbedingungen.
- DIN 4052 (2006): *Betonteile und Eimer für Straßenabläufe*; Teil 1 (2006): Allgemeine Anforderungen und Einbau; Teil 2 (2006): Zusammenstellungen und Bezeichnungen; Teil 3 (2006): Betonteile; Teil 4: Eimer; Beuth Verlag Berlin.
- DIN EN 124 (2004): *Aufsätze und Abdeckungen für Verkehrsflächen*; Entwurf, Beuth Verlag; Berlin 2004.
- DIN EN 858 (2002, 2003): *Abscheideranlagen für Leichtflüssigkeiten (z. B. Öl und Benzin)* – Teil 1 (2002): Bau-, Funktions- und Prüfgrundsätze, Kennzeichnung und Güteüberwachung, Teil 2 (2003): Wahl der Nenngröße, Einbau, Betrieb und Wartung; Beuth Verlag Berlin.
- DVGW (2006): *Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete – Teil 1: Schutzgebiete für Grundwasser*; DVGW W 101; Beuth Verlag Berlin, Wien, Zürich.
- DWA (2005): *Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem*; Merkblatt DWA-M 178, GFA, Hennef.
- DWA (2005A): *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser*, Arbeitsblatt DWA-A 138, GFA, Hennef.
- DWA (2007): *Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser*, Merkblatt DWA-M 153, GFA, Hennef.
- EAWAG (2005): *Schadstoffe im Straßenabwasser einer stark befahrenen Straße und deren Retention mit neuartigen Filterpaketen aus Geotextil und Adsorbermaterial*; Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG), Schweiz; Schlussbericht.
- EG (1996): *Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24.09.1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung*, Abl. EG Nr. L 257 v. 10.10.1996, pp. 26-40.
- EG (2000): *Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*, Abl. EG vom 22.12.2000 Nr. L 327 S. 1.
- EG (2001): *Entscheidung 2455/2001/EG des europäischen Parlamentes und des Rates vom 20.11.2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG*, Abl. EG vom 15.12.2001 Nr. L 331 S. 1.
- ESOG (2006): *ESOG - Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer*; Abschlussbericht Az. IV-9-042 252; Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW.
- FALLER, M., RICHNER, P. (1998): *Umwelteinflüsse auf Werkstoffe – Oberflächen*; Polysurface 39 (1998), No 3, pp. 7-11.
- FBR (2007): *fbr – wassersiegel 03/07*; Zeitschrift der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V.; 4. Ausgabe: März 2007.
- FGSV (1998): *Merkblatt für wasserdurchlässige Befestigung von Verkehrsflächen*, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln.

- FGSV (2001): *Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO)*; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Köln.
- FGSV (2002): *Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten (RiStWag)*; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Köln.
- FGSV (2005): *Richtlinie für die Anlage von Straßen (RAS), Teil: Entwässerung (RAS-Ew)*; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen; Köln.
- FRÄNKISCHE ROHRWERKE GEBR. KIRCHNER GMBH & CO. KG (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG; Internetseite www.fraenkische.de; eingesehen im Herbst 2007; *Unterirdische Reinigungssysteme für Regenwasser*; *Praxisberichte Logistikterminal Firma Schenker und ALDI Ingolstadt*; erhalten im Herbst 2007.
- FRÄNKISCHE ROHRWERKE GEBR. KIRCHNER GMBH & CO. KG (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma Fränkische Rohrwerke Gerb. Kirchner GmbH & Co. KG*; Internetseite www.fraenkische.de eingesehen 07/2008; persönliche Mitteilungen.
- FREYLIT UMWELTECHNIK (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Freylit Umwelttechnik; Internetseite www.freyllit.com, eingesehen im Herbst 2007; *Produktübersicht PFE, Betriebs- und Wartungsanleitung PFE*; erhalten im Winter 2007.
- FUNKE KUNSTSTOFFE GMBH (2006): *Presseinformation der Funkegruppe über DIBt-Zulassung für D-Rainclean®-Sickermulden-System von Funke*.
- FUNKE KUNSTSTOFFE GMBH (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Funke Kunststoffe GmbH; Internetseite www.funkegruppe.de; eingesehen im Herbst 2007; *D-Rainclean® – Behandlung und Versickerung von belasteten Niederschlagswasserabflüssen; Baustellen-Info*; erhalten im Herbst 2007.
- FUNKE KUNSTSTOFFE GMBH (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma Funke Kunststoffe GmbH*; Internetseite www.funkegruppe.de; eingesehen 07/2008; persönliche Mitteilungen.
- GÄTH, S.; STERNHEIM, M.; FREDE, H.G. (1990): *Einfluss des Kraftfahrzeugverkehrs auf den Schwermetallgehalt von Straßenabflusswasser*; Forum Städte Hygiene, 41 (Sept/Okt); pp. 235-238; Hannover.
- GEIGER, W.; DREISEITL, H. (2001): *Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten*; Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München, 2. Auflage, ISBN 3-486-26459-1.
- GLAS, M.; STÖRR, H. (2007): *Lamellenabscheider in der Regenwasserbehandlung – Planung, Bau und erste Betriebserfahrungen*; KA – Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg.: 54, Nr. 5, pp. 462-472.
- GÖTTLE, A. (1978): *Ursachen und Mechanismen der Regenwasserverschmutzung*; Berichte aus Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, TU München, Heft Nr. 23, 1978.
- GOLDSCHMIDT, R. (2008): IUTA, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg; persönliche Mitteilung.
- GRAU, A. (2003): *Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung Niederschlagswasser nach der neuen ATV DVWK A 138*; 31. Abwassertechnisches Seminar: Regenwasserversickerung - eine Möglichkeit der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Heft Nr. 175, pp. 19-53.
- GREENLIFE (2007): *Centrifoeel®-Sicherheitsstraßenablauf*; aus: www.greenlife.de; eingesehen am 19. Oktober 2007.
- GRUENING, H.; HOPPE, H. (2007): *Vergleichende Untersuchungen zu Regenklärbecken und Filtersystemen*; 6. Regenwassertage, DWA, Passau, 11.-12. Juni.
- HAMBURG (2000): *Straßenabwasserreinigung mit der Pilotanlage Halenreihe*, Abschlussbericht, Freie und Hansestadt Hamburg, Amt für Umweltschutz.
- HAMBURG (2007): *Untersuchung einer Behandlungsanlage für Straßenabflüsse an der Bremer Straße in Hamburg-Harburg*; HydroCon GmbH Münster; 20. Dezember 2007.

- HÄRIG, S.; KLAUSEN, D.; HOSCHEID, R. (2003): *Technologie der Baustoffe -Handbuch für Studium und Praxis*; C.F. Müller Verlag Heidelberg; 14. Auflage; ISBN 3-7880-7731-X.
- HARLEBUSCH, R. (1986): *Möglichkeiten der Schmutzrückhaltung bei unterschiedlichen Straßenabläufen*; Diplomarbeit am Institut für Wassertechnik, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover.
- HÄUSER, J. (1996): *Kosten der Regenwasserbehandlungsanlagen in Regenklärbecken und Retentionsbodenfilteranlagen*; Diplomarbeit; FH Karlsruhe – Hochschule der Technik; 09/1996.
- HEITKER GMBH (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Heitker GmbH: Internetseite www.heitker-lingen.de;- eingesehen im Herbst 2007; *Leitfaden für modernes Regenwassermanagement – Innovative Entwässerungssysteme*; erhalten im Herbst 2007; Firma Heitker GmbH, persönliche Mitteilung.
- HELMREICH, B., HILLIGES, R., SCHRIEWER, A., ATHANASIADIS, K. (2005): *Schadstoffe aus Niederschlagswasserabflüssen und deren Bewertung*, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, TU München, Heft Nr. 185.
- HELMREICH, B. (2007): *Dezentrale Systeme zur weitergehenden Reinigung von Straßenablaufwasser*; Aachener Schriften zur Stadtentwässerung, Band 11, Aachen 2007, ISBN 978-3-938996-14-0.
- HERRMANN, R.; DAUB, J.; STRIEBEL, T.; ROBIEN, A. (1998): *Schadstofffrachten von Dachflächen und Straßen und Beobachtungen zu Quellen und Mobilität von Schadstoffen*; in: Schlussbericht des BMBF-Verbundprojektes Niederschlag, FKZ: 02WA93214, Band 1, pp. 73-97; Oldenbourg-Verlag, München.
- HERMANN, E. (2005): *Behandlung von hochbelastetem Straßenabwasser – Neue Verfahren*; Gas, Wasser, Abwasser; Schweizerischer Verein des Gas- und Wasserfaches, Zürich.
- HOINKIS, J.; LINDNER, E. (2007): *Chemie für Ingenieure*; WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 13. Auflage, ISBN 978-3-527-31798-1.
- HORN, H., HELMREICH, B., LAMMEL, M. (2007): *Zur Beprobung einer Behandlungsanlage zum Rückhalt von Kupfer aus Kupferdachabflüssen*; Bericht (Entwurf) der TU München, Lehrstuhl für Siedlungswasserwirtschaft, 02. November 2007.
- HUBER AG (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Hans Huber AG: Internetseite www.huber.de; eingesehen im Herbst 2007; *Dezentrale Regenwasserbehandlung von Metalldächern, Informationsbroschüre dezentrale Regenwasserbehandlung – Huber-Hydro-Filt®; Huber Report (August 2004)*; erhalten im Herbst 2007.
- HVITVED-JACOBSEN, T.; YOUSEF, Y.A. (1996): *Highway runoff quality, environmental impacts and control*; 6th International Conference on Urban Storm Drainage, Proceedings, pp. 515-520; Hannover.
- HYDRO INTERNATIONAL (2007): Internetseite www.hydrointernational.biz; eingesehen im Herbst 2007.
- IFS (2005): *Untersuchungen zur Leistungsfähigkeit eines Sedimentationsrohres zur Vorbehandlung von Niederschlagsabflüssen vor der Versickerung*; Erläuterungsbericht, Ingenieurgesellschaft für Stadthydrologie mbH, Hannover, März 2005.
- IKT (2005): *Prüfung des haufwerksporigen Betonsteins geoSTON entsprechend der DIBt-Zulassungsgrundsätze für Abwasserbehandelnde Flächenbeläge*. – Prüfauftrag Nr. P00705, Gelsenkirchen, 21. Dezember 2005.
- INNENMINISTERIUM NRW (1994): *Verordnung zur Regelung von Zuständigkeiten auf dem Gebiet des technischen Umweltschutzes* vom 14. Juni.
- ISO 9377-1+2 (2000): *International Organization for Standardization, Water quality; Determination of hydrocarbon oil index – Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography*, ISO 9377-2: 2000 (E), Geneva, Switzerland.
- IUTA (2005): *Bestimmung der Leistungsfähigkeit eines Fallrohrfilters zur Dachentwässerung von Metalldächern durch einen 12-monatigen Langzeitversuch* – Kurzfassung, Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V., Duisburg, 10. November 2005.

- IUTA (2006): *Feldversuch Sickerschächte und Langzeitsäulenversuche im Labor zur Ermittlung der maximalen Standzeit*; Endbericht, Institut für Energie und Umwelttechnik e.V., Duisburg, 22. Dezember 2006.
- KÄSER, J. (2008): *Informationen und persönliche Mitteilungen zu Geotextilfiltersack*; Schoellkopf AG, Schweiz.
- KASTING, U. (2002): *Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Abflüssen stark befahrener Straßen*; Dissertation, Universität Kaiserslautern; 2002.
- KASTING, U.; JANICZEK, M.; GROTEHUSMANN, D. (2003): *Bodenfilteranlagen zur Reinigung von Abflüssen stark verschmutzter Verkehrsflächen – Halbtechnische Bodenfilterversuche –; KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg.: 50, Nr.11, pp. 1428-1433.*
- KASTING, U. (2004): *Reinigungsleistung von zentralen Anlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen*; KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall, Jg.: 51, Nr.9, pp. 948-953.
- KAUFMANN, P. (2006): *Der Straßenwasser-Filtertschacht – ein Forschungsprojekt der Berner Fachhochschule*; Schadstoffrückhalt in Straßensammlern; Kanalisationsforum, Bern 2006.
- KAZEMI, A. (1998): *Schwermetallbelastung von Straßenkehricht auf Straßen mit unterschiedlichen Kfz-Frequenzen. – Forum Städte-Hygiene, 40: pp. 153-156; Hannover.*
- KLOSTERMANN GMBH & CO. KG (2007): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma Betonwerke Heinrich Klostermann GmbH & Co. KG*; Internetseite www.klostermann-beton.de, eingesehen im Herbst 2007; *Die sickerfähige Pflasterbauweise; Ökopflaster mit Schadstofffilter; Planungshandbuch; Preisliste; geoCleaning®* erhalten im Herbst 2007.
- KLOSTERMANN GMBH & CO. KG (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma Betonwerke Heinrich Klostermann GmbH & Co. KG*; Internetseite www.klostermann-beton.de eingesehen 07/2008; persönliche Mitteilungen.
- KME (2007): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma KME Germany AG: TECU®-Filtersysteme Dachentwässerung*, erhalten im Winter 2007.
- KOCHS, T. (2008): *Kostenangaben zu den Retentionsbodenfiltern Gilleshütte und Herrenshoff; Reinigungsleistung zum Retentionsbodenfilter Gilleshütte*, Städtischer Abwasserbetrieb Korschenbroich; 11/2008.
- KRON, M. (2008): *Bemessung, Reinigungsleistung und Kosten von Anlagen zur zentralen Niederschlagswasserbehandlung im Trennsystem*; Diplomarbeit, FH Köln.
- KRAUTH, K.H.; KLEIN, H. (1981): *Untersuchungen über die Beschaffenheit des über ein Rückhaltebecken mit leichtflüssigkeitsabscheider geleiteten Niederschlagswassers der A8/B10 bei Ulm/West*; Schlussbericht Institut für Siedlungswasserbau, Wassergüte- und Abfallwirtschaft der Universität Stuttgart im Auftrag des Autobahnamtes Baden-Württemberg; unveröffentlicht.
- KRAUTH, K.H.; KLEIN, H. (1982): *Untersuchungen über die Beschaffenheit des Oberflächenwassers von Bundesautobahnen*; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 363, Bundesminister für Verkehr, Bonn Bad-Godesberg.
- KRAUTH, K.H.; STOTZ, G. (1993): *Qualitativer und quantitativer Einfluss von Absetzanlagen auf den Betrieb von Versickerungsbecken*; Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; Heft 672, Bundesminister für Verkehr, Bonn Bad-Godesberg.
- KURZ, M. (2003): *Betriebserfahrungen am Bodenfilter Saarbrücken-Ensheim, einem Bodenfilter zur weitergehenden Mischwasserbehandlung*; Fachkolloquium bewachsene Bodenfilter 2003 Entsorgungsverband Saar.
- LANGE, G. (1999): *Gutachtliche Aussage zur Reinigungsleistung des Centrifool Sicherheitsstraßenablauf*; Achim, 07. April 1999.
- LANGE, G. ET AL. (2003): *Wirksamkeit von Entwässerungsbecken im Bereich von Bundesfernstraßen*; Forschungsbericht, Heft 861, herausgegeben vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn.
- LEHMANN, B. (2007): *Firma KME Germany AG, persönliche Mitteilung.*

- LEISSE, R. (2008): *Anlagen zur dezentralen Behandlung von Niederschlagswasser im Trennverfahren*; Diplomarbeit, FH Köln.
- LFU BADEN-WÜRTTEMBERG (2002): *Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem*, Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg, 1. Auflage, Karlsruhe.
- LFU BADEN-WÜRTTEMBERG (2005): *Arbeitshilfen für den Umgang mit Regenwasser in Siedlungsgebieten*, Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg, 1. Auflage, Karlsruhe.
- LFU BADEN-WÜRTTEMBERG (2008): *Technische Regeln zur Ableitung und Behandlung von Straßenoberflächenwasser*.
- LFW BAYERN (1999): *Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Flächen*; Zwischenbericht, Entwicklungsvorhaben Bayrisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- LFU (2006): *Filtration des Niederschlagswassers von Kupferdächern zum Schutz von Boden und Grundwasser*; Abschlussbericht, Geschäftszeichen: 33-4402.3, Bayrisches Landesamt für Umwelt, München, August 2006.
- LFU BAYERN(2007): *Versickerung des Niederschlagswassers von befestigten Verkehrsflächen - Abschlussbericht Entwicklungsvorhaben Oktober 1996 – Oktober 2005*, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LGA (1998): *Sonderprüfung eines selbsttätigen Abschlusses in einem Schmutzwassereinlauf*; - Prüfzeugnis Nr. 4980178-01a, Würzburg, 02. November 1998.
- LIENHARD, M. (2007): Mall GmbH, persönliche Mitteilung.
- LIENHARD, M. (2007 A): *Info-Veranstaltung, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt (BSU), Regenwasserbewirtschaftung: Realisierte Projekte und Produktentwicklung*.- Hamburg, 25. September 2007.
- LINTEL GMBH & Co. KG (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Betonwerke Lintel GmbH & Co. KG: Internetseite www.betonwerk-lintel.de;- eingesehen im Herbst 2007; *Ideen für Haus und Garten*; erhalten im Herbst 2007.
- LORD, B.N., (1978): *Nonpoint Source Pollution from Highway Stormwater Runoff*; The Science of the Total Environment, 59 (1987): 437-456; Amsterdam, Niederlande.
- MALL GMBH (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Mall GmbH: Internetseite www.mall.info;- eingesehen im Herbst 2007; *Prospekt Schmutzfangzelle, MSA, Terra-Regenspeicher®*, *INNODRAIN®*; *Technische Daten Schmutzfangzelle, MSA, Terra-Regenspeicher®*, *INNODRAIN®*; *Wartungshinweise*;- erhalten im Herbst 2007.
- MALL GMBH (2008): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Mall GmbH: *Preisliste Schmutzfangzelle, MSA, MLK-R, Terra-Regenspeicher®, MF*;- erhalten im Herbst 2007.
- MIELING, R., GARTUNG, E. (1988): *Versickerungsanlagen mit Geotextilfiltern*. – 1. Kongress Kunststoffe in der Geotechnik K-GEO 88, Hamburg, DGEG, S.23-30.
- MÜLLER GMBH (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Betonwerke Müller GmbH: Internetseite www.mueller-schachttechnik.de;- eingesehen im Herbst 2007; *Prospekte Müller ECO Bodenfilter – Die Lösung für Regenwasserversickerung*;- erhalten im Herbst 2007.
- MÜLLER, M. (2007): Firma ACO Drain Passavant; persönliche Mitteilung.
- MUNLV NRW (1998): *Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes*, RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen – IV B 5 – 673/229010 / IV 6 – 031 002 0901 vom 18.05.
- MUNLV NRW (1998A): *Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes*, RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen – IV B 5 – 673/229010 / IV 6 – 031 002 0901 vom 18.05.
- MUNLV NRW (2003): *Retentionsbodenfilter – Handbuch für Planung, Bau und Betrieb*, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf.

- MUNLV NRW (2004): *Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren*, RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen – IV-9 031 001 2104 – vom 26.05.
- MUNLV NRW (2004a): *Bestandsaufnahme NRW Rhein/Niederrhein/Wupper: Dokumentation der wasserwirtschaftlichen Grundlagen*; Stand: 2004.
- MUNLV NRW(2005): *Ergebnisbericht Wupper Wasserrahmenrichtlinie in NRW - Bestandsaufnahme*, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf.
- MUNLV NRW (2005a): *Bestandsaufnahme Niederrhein, Umsetzung der WRRL in der FGE Rhein*, März 2005, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen; Düsseldorf.
- MUNLV NRW (2006): *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in NRW*, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf; 12. Auflage.
- MUNLV NRW (2007): *Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in NRW*, Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf; 13. Auflage.
- MUNLV NRW (2007A): *Verwaltungsvorschrift über die Aufstellung von Abwasserbeseitigungskonzepten der Gemeinden*, RdErl. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen – IV-7 – 031 002 0101 / IV-2673/2-30369 – vom 27.12.2007.
- MUNLV NRW (2007B): *Wassergesetz für das Land Nordrhein-Westfalen – Landeswassergesetz – LWG*, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen.
- MUNLV NRW (2007C): *ESOG - Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer*, Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Abschlussbericht.
- MURL (1988): *Anforderungen an die öffentliche Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren*; RdErl. des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft Nordrhein-Westfalen vom 04.01.
- NADLER, A.; MEIßNER, E. (2001): *Ergebnisse einer Versuchsanlage zur Versickerung des Niederschlagswassers von Straßen; Korrespondenz Abwasser, Abfall*, Jg.: 48, Nr. 5, pp. 624-639.
- NAMUTH, M. (2006): *Pilotprojekt „Retentionsbodenfilter Hartum“*; Forschungsprojekt im Auftrag des MUNLV NRW; AZ IV-9-042 240 0010; Endbericht.
- NEUHAUS, J. (2008): *Entwässerung im Trennsystem unter Verwendung dezentraler Niederschlagswasserbehandlungsanlagen am Beispiel zweier Kölner Teilgebiete*; Diplomarbeit, FH Köln.
- NOLTING, B., GABRYL, P., SCHÖNBERGER, O. (2006): *Orientierende Untersuchungen an den Steinsystemen Aquafil und Öko-Drain mit den Bettungs- und Fugenmaterialien Kalksandstein- und Basaltsplit*, Abschlussbericht; Auftrag der Firma Betonwerke Lintel GmbH & Co. KG.
- ÖKOREAL (2005): *Bepflanzte Bodenfilter; Forschungsprojekt*; Endbericht Stufe 1; Gesellschaft für Ökologieprodukte m.b.H. Forschung und Entwicklung, Hrsg.: Lebensministerium, Wien.
- PFEIFER, R. (1998): *Schmutzstoffrückhalt durch chemisch-physikalische Regenwasserbehandlung im Trennsystem*, Schriftenreihe des ISWW Karlsruhe, Nr. 92, Oldenbourg Verlag, München, Wien.
- PFEIFER, S. (2007): *Untersuchung des Substrates „optigrün“*; Lehrstuhl Hydrologie Universität Bayreuth, 29. Oktober 2007.
- PORT, E. (2004): *Erfahrungen mit Retentionsbodenfiltern in Hessen*; 3. Regenwassertage, Trier, ATV-DVWK, Hennef, pp. 123-142.

- PURATOR UMWELTECHNIK GES. MBH (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Purator Umwelttechnik Ges. mbH: *Prospekt Purasorp-Adsorptionsfilteranlage*; aus: www.purator.com; eingesehen im Herbst 2007.
- REHAU AG & Co. (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma REHAU AG. + Co.: Internetseite www.rehau.de;- eingesehen im Herbst 2007; *RAUSIKKO®-Regenwasserbehandlung, Preisliste RAUSIKKO®-Hydroclean*; erhalten: Herbst 2007.
- REHAU AG & Co. (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Fa. REHAU AG & Co*; Internetseite www.rehau.de, eingesehen 07/2008; persönliche Mitteilungen.
- ROTH, H. (2008): *RKB Klinghamm – Stand der Untersuchungen*; persönliche Mitteilung am 5.11.2008.
- RÜSING (2007): Firma Betonwerke Lintel GmbH & Co. KG, persönliche Mitteilung.
- SASSE, F. (2007): Firma Straßen und Tiefbau GmbH, persönliche Mitteilung.
- SCHÖN (2007): Firma REHAU AG & Co., persönliche Mitteilung.
- SCHRECK, P. (2007): Firma Schreck Vlies- und Filtertechnik GmbH, persönliche Mitteilung.
- SCHRECK VLIES- UND FILTERTECHNIK GMBH (2008): *Broschüren und Informationsmaterial der Firma Schreck*; persönliche Mitteilungen.
- SCHÜTZE (2007): Firma REHAU AG & Co., persönliche Mitteilung.
- SCHUMANN (2007): Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH, persönliche Mitteilung.
- SIEKER, F. (2002): *Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten: Grundlagen und Anwendungsbeispiele – neue Entwicklungen*; expert Verlag, Renningen 2002.
- SIEKER, H. (2003): *Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung - ein Beitrag zur Grundwasserbewirtschaftung in städtischen Gebieten*. 31. Abwassertechnisches Seminar: Regenwasserversickerung – eine Möglichkeit der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, Berichte aus Wassergüte- und Abfallwirtschaft, Heft Nr. 175, pp. 1-18.
- SIEKER (2006): Internetseite www.sieker.de, Referenzen: Sanierung eines Teilgebiets mit INNODRAIN®, *Waltrop_kurzfassung.pdf*.
- SIEKER (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma Ingenieurgesellschaft Sieker mbH: Internetseite www.sieker.de;- eingesehen im Herbst 2007; *INNOLET® – Fragen und Antworten, INNOLET® – Prospekt, INNOLET® – Technische Daten*;- erhalten im Herbst 2007.
- SOMMER, H. (2007): *Anlagen zur Behandlung und Filtration von Straßenabflüssen im Trennsystem, Neuentwicklungen und Untersuchungen*, Dissertation, Universität Hannover.
- STEIN, D. (2005): *Untersuchungen an bestehenden Straßenabläufen bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit und Realisierung von technischen Möglichkeiten zur Verbesserung des Feststoffrückhaltevermögens am Beispiel der Neukonzeption der Firma ACO Drain Passavant*; Abschlussbericht zum Forschungs- und Entwicklungsprojekt i.A. des MUNLV NRW – Förderkennzeichen IV – 9-042 3A5-, Bochum, Mai 2005.
- STEINER, M. (2007): *Monitoring SABA Attinghausen – Erste Leistungsbeurteilung – Erste Trends*; wst²¹; Schweiz; 27.06.2007.
- STEINER, M. (2008): *Monitoring SABA Attinghausen – 3. Zwischenbericht*; wst²¹; Schweiz; 03.03.2007.
- STEINHARDT GMBH WASSERTECHNIK (2007): *HydroM.E.S.I.® Partikelabscheider – Technische Unterlagen Stand 11/07*; Steinhardt GmbH Wassertechnik; Taunusstein; 11/2008.
- STMLU (2000): *Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in das Grundwasser (TRENGW)*, Bayerisches Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen.
- STMLU (2002): *Technische Regeln zum schadlosen Einleiten von gesammeltem Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer (TREN OG)*, Bayerisches Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen.
- SCHUELER, T.R. (1987): *Controlling Urban Runoff: A Practical Manual for Planning and Designing Urban BMPs*; Metropolitan Washington Council of Governments, Washington, DC., USA; 1987.

- SOMMER, H. (2007): *Bodenfilter*; eingesehen am 05.11.2007.
- SOMMER, H. (2007A): *Anlagen zur Behandlung von Straßenabflüssen in Gebieten mit Trennsystemen- Neuentwicklungen und Untersuchungen*; Dissertation, Universität Hannover.
- STAATLICHES UMWELTAMT SIEGEN (2004): *Dokumentation der wasserwirtschaftlichen Grundlagen, Bestandsaufnahme NRW Rhein/Mittelrhein/Lahn*.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2008): Preisindizes für die Bauwirtschaft; www.destatis.de; eingesehen 08/2008.
- STEINER, M. (2007): *Monitoring SABA Attinghausen – Erste Leistungsbeurteilung – Erste Trends*; wst²¹, Schweiz; 27.06.2007.
- STEINHARDT GMBH WASSERTECHNIK (2007): *HydroM.E.S.I. ® Partikelabscheider – Technische Unterlagen Stand 11/07*; Steinhardt GmbH Wassertechnik, Taunusstein.
- STOTZ, G.; KRAUTH, K. (2001): *Wirkung von Regenklärbecken für die Reinigung von Niederschlagswasser; KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall*, Jg.: 48, Nr.5, pp. 639-650.
- TERZIOGLU, K.; PETER, A.; SAFERT, F. (1987): *Regenklärbecken am Dianasee in Berlin*; *Korrespondenz Abwasser* 34, 12/1987, pp. 1296-1302.
- THIEL, A. (2007): Firma Fränkische Rohrwerke Gebr. Kirchner GmbH & Co. KG, persönliche Mitteilung.
- THÜRINGEN (2002): *Kostenkennziffern für eine kostengünstige kommunale Abwasserentsorgung im Freistaat Thüringen*; Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt des Freistaates Thüringen, Katalog 2002.
- TÖWS, R. (2007): Firma Funke Kunststoffe GmbH, persönliche Mitteilung.
- UBA (2004): *Maßnahmen zur Minderung der Einträge in die Gewässer für Kupfer, Zink und Blei*; Abschlussfachgespräch Fraunhofer ISI (Karlsruhe), Umweltbundesamt, Berlin, 24. Juni 2004.
- UBA (2004A): *Regen(ab)wasserbehandlung und –bewirtschaftung unter Berücksichtigung der Anforderungen nach §7a WHG und einer möglichst ortsnahe Versickerung*; Forschungsbericht 298 26 516, UBA-FB 000607, Umweltbundesamt, Texte 09-04.
- UBA (2005): *Einträge von Kupfer, Zink und Blei in Gewässer und Böden – Analyse der Emissionspfade und mögliche Emissionsminderungsmaßnahmen*, Forschungsbericht 202 242 20/02, UBA-FB 000824, Umweltbundesamt, Texte 19-05.
- UHL, M. (2003): *Retentionsbodenfilter – Handbuch für Planung Bau und Betrieb*; MUNLV NRW.
- UHL, M.; JÜBNER, M. (2004): *Retentionsbodenfilter zur Mischwasserbehandlung – Untersuchung von Sandsubstraten und Betriebsweisen*; *KA - Korrespondenz Abwasser, Abfall*, Jg.: 51, Nr.3, pp. 261-270.
- UHL, M. (2006): *ESOG - Einleitung des von Straßen abfließenden Oberflächenwassers in Gewässer*; Abschlussbericht Az. IV-9-042 252; Forschungsvorhaben im Auftrag des MUNLV NRW.
- VLUXX, (2004): *Hauptbahnhof Ludwigshafen am Rhein – Entwicklungsperspektiven des Umfeldes*; Projekt „Integriertes Planen“ 2004, "VLUXX" - Vision Ludwigshafen 20XX; Projekt an der Universität Karlsruhe (TH) im Rahmen des Studienganges "Bauingenieurwesen - Vertieferrichtung III"; aus: <http://www.vluxx.de/anlagen/4-26.pdf>, eingesehen am 05.02.
- WAG (2004): *Regenwasserbehandlungsanlagen naturnaher Bauart*; Abschlussbericht zum Pilotbetrieb 2001 bis 2004; Forschungsvorhaben im Auftrag der WAG/Nordeifel GmbH ausgeführt durch Björnson Beratende Ingenieure GmbH.
- WASSMANN, H. (1996): *Grundlagen einer immissionsorientierten Regenwasserbewirtschaftung in Ballungsräumen*; Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Umweltbundesamt, Texte 76/95.
- WINER, R. (2000): *National Pollutant Removal Performance Database for Stormwater Treatment Practices 2nd Edition*; Center for Watershed Protection; for: EPA Office for Science and Technology, USA.

- WEIß, G.; BROMBACH, H. (2004): *Kritische Bewertung der Immissionsbelastung der Gewässer durch Regenwassereinleitungen*, Gewässerschutz • Wasser • Abwasser, 37. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft
- WELKER, A.; HARTING, K. (2007): *Mineralölkohlenwasserstoffe in Verkehrsflächenabflüssen*; Wasser und Abfall 3, pp. 20-25, 2007.
- WLB (2007): *Eintrag von Kupfer und Zink in die Umwelt – Möglichkeiten zur naturnahen Versickerung von Niederschlagswasser*; Sonderdruck aus wlb Wasser, Luft und Boden 9/2007.
- WUPPERVERBAND (2008): *Informationen über die Jahresfrachten der Kläranlagen im Einzugsgebiet der Dhünn*; bereitgestellt vom Wupperverband.
- XANTHOPOULOS, C. (1992): *Schadstoffe im Regenabflusse II*, Präsentation eines BMFT-Verbundprojektes, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Universität Karlsruhe, Band 64.
- ZANZIGER, H. (2000): *Untersuchungen zur Filterwirkung und zum Schadstoffrückhaltevermögen von Geotextilen Filterelementen*. – LGA, Nürnberg.
- 3P TECHNIK (2007): Broschüren und Informationsmaterial der Firma 3P Technik Filtersysteme GmbH: Internetseite www.3ptechnik.de; eingesehen im Herbst 2007; *Rainwater-Ordner*; erhalten im Herbst 2007.