



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuwgv.at

ECOSTORMA
**ÖKOLOGISCHE UND ÖKONO-
MISCHE MASSNAHMEN DER
NIEDERSCHLAGSWASSER-
BEWIRTSCHAFTUNG**

IMPRESSUM



Medieninhaber und Herausgeber:
BUNDESMINISTERIUM
FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT,
UMWELT UND WASSERWIRTSCHAFT
Stubenring 1, 1010 Wien

Text und Redaktion: Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher

Bildquellen: die Autoren (falls nicht anders angegeben)

Konzept und Gestaltung: Dirk Muschalla

Lektorat: Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher

Druck: Zentrale Kopierstelle des BMLFUW, UW-Nr. 907

Gedruckt nach der Richtlinie „Druckerzeugnisse“ des Österreichischen Umweltzeichens.

Alle Rechte vorbehalten.

Wien, November 2014





**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

FÜR EIN LEBENSWERTES ÖSTERREICH.

UNSER ZIEL ist ein lebenswertes Österreich in einem starken Europa: mit reiner Luft, sauberem Wasser, einer vielfältigen Natur sowie sicheren, qualitativ hochwertigen und leistbaren Lebensmitteln. Dafür schaffen wir die bestmöglichen Voraussetzungen.

WIR ARBEITEN für sichere Lebensgrundlagen, eine nachhaltige Lebensart und verlässlichen Lebensschutz.



**MINISTERIUM
FÜR EIN
LEBENSWEERTES
ÖSTERREICH**

bmlfuw.gv.at

ECOSTORMA

Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung (GZ B102493)

Autoren:

Dirk Muschalla, Günter Gruber und Robert Scheucher (2014). ECOSTORMA – Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Wien, Österreich.

INHALT

Projektpartner	1
1 Einleitung	2
1.1 Problemstellung	2
1.2 Projektziele	3
2 Rechtliche Rahmenbedingungen.....	4
2.1 Europäische Vorgaben für die Errichtung von NWB-Maßnahmen.....	4
2.1.1 Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL)	4
2.2 Europäische Vorgaben zur Gebührengestaltung	4
2.2.1 Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL)	4
2.3 Bundesgesetzliche Vorgaben für die Errichtung und Förderung von NWB-Maßnahmen.....	5
2.3.1 Wasserrechtsgesetz (WRG, 1959).....	5
2.3.2 Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, 2010)	5
2.3.3 Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG, 2006)	6
2.3.4 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV, 1996)	6
2.3.5 Allgemein Bürgerliches Gesetzbuch (ABGB, 1811).....	6
2.3.6 Förderungsrichtlinien – Kommunale Siedlungswasserwirtschaft (1999 idgF)	6
2.4 Bundesgesetzliche Vorgaben zur Gestaltung der Kanalbenutzungsgebühren	7
2.4.1 Finanzverfassungsgesetz F-VG (1948), Finanzausgleichsgesetz FAG (2008)	7
2.5 Landesgesetzliche Vorgaben für die Errichtung und Förderung von NWB-Maßnahmen	7
2.5.1 Bundesland Steiermark	7
2.5.1.1 Steiermärkisches Raumordnungsgesetz (StROG, 2010)	7
2.5.1.2 Steiermärkisches Baugesetz (Stmk. BauG, 1995).....	7
2.5.1.3 Steiermärkisches Kanalgesetz (Kanalgesetz, 1988).....	8
2.5.1.4 Förderungsrichtlinien Abwasserentsorgung (2011).....	8
2.5.2 Bundesland Oberösterreich.....	9
2.5.2.1 Oberösterreichisches Abwasserentsorgungsgesetz (2001).....	9
2.5.2.2 Förderungsrichtlinien des Landes Oberösterreich (2014).....	9
2.6 Landesgesetzliche Vorgaben zur Gestaltung der Kanalbenutzungsgebühren	9
2.6.1 Bundesland Steiermark	9
2.6.1.1 Kanalabgabengesetz (1955)	9
2.6.2 Bundesland Oberösterreich.....	9
2.7 Kommunale Vorgaben für die Errichtung von NWB-Maßnahmen.....	10
2.7.1 Geschäftsbedingungen der Holding Graz (AB, 2011)	10
2.7.2 Vorgaben in der Stadtgemeinde Weiz.....	10
2.7.3 Linzer Kanalordnung (2004)	10
2.8 Kanalbenutzungsgebühren in den Projektgebieten	11
2.8.1 Grazer Kanalabgabenordnung (KanAbgO, 2005)	11
2.8.2 Kanalabgabenordnung Stadtgemeinde Weiz (2005)	11
2.8.3 Tarifordnung Linz AG (2011).....	11
2.9 Normen und Richtlinien.....	11
2.9.1 ÖNORMEN	11
2.9.2 ÖWAV-Regelblätter	12
2.9.3 ATV-DVWK-DWA – Arbeitsblätter und Merkblätter.....	12
3 Naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung.....	13
3.1 Grundlagen	13

3.1.1	Wasserhaushalt	13
3.1.2	Qualität des Niederschlagswassers	14
3.2	Maßnahmen der naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung	15
3.2.1	Verringerung des Oberflächenabflusses	17
3.2.2	Vorbehandlung von Niederschlagswasserabflüssen	18
3.2.3	Regenwassernutzung	19
3.2.4	Versickerung von Niederschlagswasser	19
3.2.5	Retention und Ableitung von Niederschlagswasserabflüssen	24
3.2.6	Kosten von NWB-Maßnahmen	26
3.3	Methodik für die Auswahl von NWB-Maßnahmen	28
3.3.1	Einflussfaktoren auf die Auswahl von NWB-Maßnahmen	28
3.3.1.1	Siedlungsstrukturelle Faktoren	28
3.3.1.2	Wasserwirtschaftliche Faktoren	29
3.3.1.3	Geogene Faktoren	31
3.3.2	Entscheidungsmatrix	33
3.3.3	Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte / Maßnahmenkatalog	35
4	Strategien für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen	36
4.1	Neubaugebiete	36
4.2	Bestandsgebiete	36
4.2.1	Methodik für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen	36
4.2.1.1	Defizitanalyse	37
4.2.1.2	Bestandsanalyse	37
4.2.1.3	Realisierbarkeit	37
4.2.1.4	Kosten-Nutzen-Analysen	37
5	Anreizsysteme für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen	39
5.1	Getrennte Kanalbenutzungsgebühren „Abwassergebührensplitting“	39
5.2	Förderungen von dezentralen NWB-Maßnahmen	46
6	Fallstudien – Niederschlagswasserbewirtschaftung in den Projektgebieten	48
6.1	Projektgebiet: Graz – West	48
6.1.1	Defizitanalyse	50
6.1.2	Bestandsanalyse	51
6.1.2.1	Bürgerbefragung	53
6.1.2.2	Hydrodynamische 1D Modellierung	57
6.1.2.3	Bestimmung des Abkoppelungspotenzials	64
6.1.3	Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen	69
6.1.4	Nutzenanalysen – Entlastung des Entwässerungssystems	76
6.1.5	Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen	79
6.1.6	Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete	88
6.1.7	Ergebnisse zum Projektgebiet Graz – West	89
6.2	Projektgebiet: Weiz	90
6.2.1	Defizitanalyse	90
6.2.2	Bestandsanalyse	90
6.2.3	Hydrodynamische 1D – 1D Modellierung	93
6.2.3.1	Bestimmung des Abkoppelungspotenzials	96
6.2.4	Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen	96
6.2.5	Nutzenanalysen – Verringerung der Hangwasserproblematik und Entlastung des Entwässerungssystem	97
6.2.6	Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen	97

6.2.7	Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete	104
6.2.8	Ergebnisse zum Projektgebiet Weiz	105
6.3	Projektgebiet: Linz	106
6.3.1	Defizitanalyse	107
6.3.2	Bestandsanalyse	107
6.3.3	Hydrodynamische 1D Schmutzfrachtmodellierung	110
6.3.3.1	Bestimmung des Abkoppelungspotenzials	114
6.3.4	Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen	114
6.3.5	Nutzenanalysen – Reduktion der Entlastungsmengen	115
6.3.5.1	Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen	119
6.3.5.2	Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete	122
6.3.6	Ergebnisse zum Projektgebiet Linz	122
7	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	123
8	Danksagung	126
9	Projektteam	127
10	Verzeichnisse	128
10.1	Referenzen	128
10.2	Abbildungen	132
10.3	Tabellen	136
11	Anhang	138
11.1	Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Graz	138
11.2	Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Weiz	140
11.3	Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Linz	142

Projektpartner



Holding Graz Services
Wasserwirtschaft
Wasserwerksgasse 5
8045 Graz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Werner Pirkner



Linz AG Services
Linz Service GmbH für Infrastruktur und kommunale Dienste
Wiener Straße 151
4021 Linz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Martin Heindl



Stadtgemeinde Weiz
Abteilung Wasserversorgung
Alfons-Petzold-Gasse 5
8160 Weiz
Ansprechpartner: Ing. Walter Ederer



Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Fachabteilung A 14
Wasserwirtschaftliche Planung und Siedlungswasserwirtschaft
Wartingergasse 43
8010 Graz
Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Peter Rauchlatner



Technische Universität Graz
Institut für Siedlungswasserwirtschaft
und Landschaftswasserbau
Stremayrgasse 10/I
8010 Graz
Ansprechpartner: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Muschalla,
Ass.-Prof. DI Dr.techn. Günter Gruber und
Dipl.-Ing. Robert Scheucher

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Durch die zunehmende Urbanisierung werden die bestehenden Misch- und Regenwasserkanäle bei Starkniederschlägen immer häufiger bis an die Grenzen ihrer hydraulischen Leistungsfähigkeit belastet. Dies kann zu Überstauereignissen in der Kanalisation oder auch zu Überflutungen führen. Auch wird das verunreinigte Niederschlags- bzw. Mischwasser bei stärkeren Regenereignissen über Entlastungsbauwerke (Mischwasserüberläufe) direkt in die Vorfluter abgeschlagen.

Bei abflussschwachen Fließgewässern kann es durch den hydraulischen Stress zur Beeinträchtigung der Biozönose, zu kritischen Sauerstoffdefiziten, akut toxisch wirkenden Ammoniakkonzentrationen und zur Beeinträchtigung der Nutzung durch den Menschen, führen (ÖWAV-RB 19, 2007).

Aufgabe einer Mischwasserbehandlung ist es entsprechend ÖWAV-RB 19 (2007), den Mischwasserabfluss zur Kläranlage hydraulisch zu begrenzen und gleichzeitig die stoßweisen Belastungen der Gewässer durch Mischwasserentlastungen zu limitieren. Daher sollte nach Möglichkeit nicht oder nur gering verunreinigtes Niederschlagswasser vor Ort dem natürlichen ober- oder unterirdischen Abflussgeschehen überlassen werden (§3 Abs. 3 AAEV).

Das ÖWAV Regelblatt 9 (2008) empfiehlt, dass gemäß ÖWAV Regelblatt 35 (2003) bei geeigneten Untergrundverhältnissen nicht behandlungsbedürftiges Niederschlagswasser nach Möglichkeit über eine humose Oberbodenpassage vor Ort in den Untergrund versickert oder retentiert in Oberflächengewässer eingeleitet werden soll. Dies um das Entwässerungssystem hydraulisch zu entlasten, das behandlungsbedürftige Niederschlagswasser zu reinigen, sowie das natürliche Grundwasser anzureichern.

Die Forcierung einer Niederschlagswasserbewirtschaftung (NWB) wird, unter Berücksichtigung ökologischer, ökonomischer und sozialer Aspekte zur effizienten Nutzung bestehender Entwässerungssysteme (Ersparnis an Neubaumaßnahmen bzw. Erweiterungen), zur Minimierung des Hochwasserrisikos und zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Grund- und Oberflächengewässergüte, zukünftig verstärkt erforderlich werden.

Aus der Literatur (z. B. ÖWAV Regelblatt 35 (2003), DWA-A 138 (2005)) sind zwar die verschiedensten Bewirtschaftungsmaßnahmen in Abhängigkeit verschiedenster Einflussfaktoren (z. B. Verschmutzungsgrad, Bodenbeschaffenheit, Grundwasserstand, Platzverhältnisse etc.) sowie deren Bemessung bekannt, eine Methodik für eine ganzheitliche Bewertung der angeführten Maßnahmen fehlt aber bis dato und soll durch das gegenständliche Projekt ECOSTORMA entwickelt werden. Eine derartige Methodik könnte die Auswahl und Umsetzung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen deutlich erleichtern und forcieren.

Im Rahmen des in der Zwischenzeit abgeschlossenen Forschungsprojektes „Schutz- und siedlungswasserwirtschaftliche Modellstudie Bründelbach (Graz West)“ des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau der TU Graz (Muschalla et al., 2014) wurden durch die Koppelung verfügbarer Simulationsmodelle die komplexen Wechselwirkungen zwischen dem Oberflächenabfluss von versiegelten Flächen und die Abflussvorgänge im Kanalnetz untersucht. Dadurch war es möglich, verschiedene Maßnahmen eines kommunalen Überflutungsschutzes aufzuzeigen, darzustellen und möglichst optimal anwenden zu können. Im Einzugsgebiet des Bründlbachs - Graz West wurden sowohl die Möglichkeiten des baulichen Überflutungsschutzes als auch jene des passiven Hochwasserschutzes (Niederschlagswasserbewirtschaftung) aufgezeigt.

Aufbauend auf dieser Studie wurden im Projekt ECOSTORMA neben dem Grazer HouSui Untersuchungsgebiet noch zwei weitere Einzugsgebiete im Detail untersucht, zumal für eine wirtschaftliche Analyse und Bewertung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen (NWB-Maßnahmen) eine Betrachtung unterschiedlicher Einzugsgebiete unbedingt notwendig und sinnvoll erschien, auch um eine Übertragbarkeit der erzielten Ergebnisse auf andere Einzugsgebiete überprüfen zu können.

In Österreich werden derzeit nur vereinzelt NWB-Maßnahmen gefördert. Durch den volkswirtschaftlichen Nutzen als vorbeugender Hochwasser- und Überflutungsschutz und als Maßnahme zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Grund- und Oberflächengewässergüte – erscheinen jedoch spezielle Landes- bzw. Gemeindeförderungen durchaus überlegenswert zu sein und sollten für die Zukunft zur Forcierung von NWB-Maßnahmen entsprechend konzipiert und angedacht werden.

1.2 Projektziele

Ziel des Projektes ECOSTORMA war es, in Kooperation mit drei Kanalisationsbetreibern eine Methodik zur ökologischen und ökonomischen Bewertung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen in urbanen Gebieten zu entwickeln, um schließlich für den Kanalbetreiber und den Entwässerungsverpflichteten, unter eventueller Berücksichtigung eines getrennten Gebührenmaßstabes (Schmutz- und Niederschlagswassergebühren), folgende Fragen beantworten zu können:

- Sind NWB-Maßnahmen **ökologisch** und **ökonomisch** sinnvoll?
- Sind NWB-Maßnahmen **in Kombination mit alternativen Maßnahmen** (z. B. Vergrößerung des Kanalquerschnittes, Errichtung von Speichervolumen) **ökologisch** und **ökonomisch** sinnvoll?

Darüber hinaus werden für NWB-Maßnahmen die gesetzlichen Rahmenbedingungen, die rechtlichen Vorgaben in den Projektgebieten und mögliche Fördermaßnahmen aufgezeigt.

Ergebnis der Studie sind Handlungsempfehlungen für eine Umsetzung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte.

Die wesentlichen Projektziele bzw. Projektergebnisse dieser Studie lassen sich daher wie folgt zusammenfassen:

- Aufzeigen einer Vorgehensweise für die Auswahl von NWB-Maßnahmen,
- Entwicklung einer Methodik für die ökologische und ökonomische Bewertung von NWB-Maßnahmen in urbanen Einzugsgebieten als Entscheidungsgrundlage für deren Umsetzung,
- Aufzeigen einer möglichen Förderung durch den Kanalbetreiber (Fördermodell),
- Handlungsempfehlungen für die Übertragbarkeit der Projektergebnisse auf andere urbane Einzugsgebiete.

2 Rechtliche Rahmenbedingungen

2.1 Europäische Vorgaben für die Errichtung von NWB-Maßnahmen

2.1.1 Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL)

Gemäß Artikel 1 ist Ziel dieser Richtlinie die Schaffung eines Ordnungsrahmens für den Schutz der Oberflächengewässer, der Küstengewässer und des Grundwassers zur:

- a) *„Vermeidung einer weiteren Verschlechterung sowie Schutz und Verbesserung des Zustands der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf deren Wasserhaushalt,*
- b) *Förderung einer nachhaltigen Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen,*
- c) *Anstrebens eines stärkeren Schutzes und einer Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären Stoffen und durch die Beendigung oder schrittweise Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von prioritären gefährlichen Stoffen;*
- d) *Sicherstellung einer schrittweisen Reduzierung der Verschmutzung des Grundwassers und Verhinderung seiner weiteren Verschmutzung und*
- e) *Beitrag zur Minderung der Auswirkungen von Überschwemmungen und Dürren.“*

Gemäß Artikel 4 verpflichten sich die Mitgliedsstaaten, notwendige Maßnahmen durchzuführen, um eine Verschlechterung des Zustands aller Oberflächenwasser- und Grundwasserkörper zu verhindern und spätestens 15 Jahre nach Inkrafttreten dieser Richtlinie einen guten ökologischen und chemischen Zustand der Oberflächengewässer und einen guten Zustand des Grundwassers zu erreichen. Gemäß Artikel 8 ist der Zustand der Oberflächengewässer, des Grundwassers und der Schutzgebiete zu überwachen, wobei die zu überprüfenden Parameter im Anhang V der Richtlinie definiert sind.

2.2 Europäische Vorgaben zur Gebührengestaltung

2.2.1 Europäische Wasserrahmenrichtlinie 2000/60/EG (WRRL)

Gemäß Art 9 (1) waren die Mitgliedsstaaten bis zum Jahr 2010 aufgefordert:

- *„dass die Wassergebührenpolitik angemessene Anreize für die Benutzer darstellt, **Wasserressourcen effizient zu nutzen**, und somit zu den Umweltzielen dieser Richtlinie beiträgt;*
- *dass die verschiedenen Wassernutzungen, die mindestens in die Sektoren Industrie, Haushalte und Landwirtschaft aufzugliedern sind, auf der Grundlage der gemäß Anhang III vorgenommenen wirtschaftlichen Analyse und unter **Berücksichtigung des Verursacherprinzips** einen angemessenen Beitrag zur **Deckung der Kosten der Wasserdienstleistungen** leisten“.*

2.3 Bundesgesetzliche Vorgaben für die Errichtung und Förderung von NWB-Maßnahmen

2.3.1 Wasserrechtsgesetz (WRG, 1959)

Im Wasserrechtsgesetz wird zwischen privaten und öffentlichen Gewässer unterschieden. Private Gewässer gehören – wenn nicht andere Rechte vorliegen – dem Grundstückseigentümer. Dazu gehören gemäß § 3 Abs. 1 WRG:

- das in einem Grundstück enthaltene Grundwasser,
- das aus einem Grundstück zu Tage quellende Wasser,
- das sich auf dem Grundstück sammelnde Niederschlagswasser,
- das in Brunnen, Zisternen, Teichen oder anderen Behältern enthaltene und
- das in Kanälen, Röhren usw. für Verbrauchszwecke abgeleitete Wasser.

Die Vorgaben der WRRL (2000) bzgl. der Reinhaltung der Oberflächengewässer und des Grundwassers wurden u. a. im 3. Abschnitt des Wasserrechtsgesetzes umgesetzt.

Einwirkungen auf Gewässer, die unmittelbar oder mittelbar deren Beschaffenheit beeinträchtigen, müssen gemäß § 32 Abs. 1 WRG wasserrechtlich bewilligt werden. Geringfügige Einwirkungen, wie z. B. der Gemeingebrauch, gelten bis zum Beweis des Gegenteils nicht als Beeinträchtigung und sind daher nicht bewilligungspflichtig.

Gemäß § 39 Abs. 1 und Abs. 2 WRG darf der Grundstückseigentümer den natürlichen Abfluss der darauf sich ansammelnden oder darüber fließenden Gewässer zum Nachteile des unteren Grundstückes nicht willkürlich, d. h. ohne behördliche Bewilligung, ändern. Der untere Grundstückseigentümer ist auch nicht befugt, den natürlichen Ablauf solcher Gewässer zum Nachteile des oberen Grundstückes zu verändern.

2.3.2 Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser (QZV Chemie GW, 2010)

Ziel dieser Verordnung ist die Bezeichnung des guten chemischen Zustandes sowie die Festlegung von maßgeblichen Kriterien zum Schutze des Grundwassers vor einer Verschlechterung bzw. Verschmutzung.

Die direkte Einbringung (ohne Bodenpassage) von in Anlage 2 angeführten Schadstoffen, wie z. B.: Mineralöle, Kohlenwasserstoffe, Zinnverbindungen, etc., ist gemäß § 6 verboten. Eine Ausnahme besteht, wenn die Konzentrationen so gering sind, dass eine Beeinträchtigung des Grund- oder Oberflächenwassers gegenwärtig bzw. künftig ausgeschlossen werden kann (§ 32a Abs. 1 WRG 1959).

Laut § 7 WRG ist die direkte oder indirekte Einbringung jener in Anhang 2 und Anhang 3 (z. B.: Zink, Kupfer, Nickel, Chrom, Blei, Biozide und Pflanzenschutzmittel, etc.) der QZV Chemie GW angeführten Schadstoffe bewilligungspflichtig.

Bei der Bewilligung von Einbringungen der in Anlage 2 oder 3 angeführten Schadstoffe in das Grundwasser sind die Schadstofffrachten auf die Schwellenwerte der Anlage 1 der QZV Chemie GW zu begrenzen, um eine Verschmutzung bzw. Verschlechterung des Grundwassers (§ 30 Abs. 3 Z 3 WRG 1959) zu verhindern.

Eine wasserrechtliche Bewilligung ist gemäß § 32 Abs. 1 WRG erforderlich, wenn die Einwirkungen auf das Grund- bzw. Oberflächenwasser mehr als geringfügig sind.

2.3.3 Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer (QZV Chemie OG, 2006)

Ziel dieser Verordnung ist die Festlegung des Zielzustandes für Oberflächengewässer. Die Beschreibung des guten chemischen Zustandes und der chemischen Komponenten des guten ökologischen Zustandes für synthetische und nicht-synthetische Schadstoffe in Oberflächenwasserkörpern erfolgt mittels Umweltqualitätsnormen. Für jene Parameter, welche den guten chemischen und ökologischen Zustand von Oberflächengewässer beschreiben, wurden Richt- und Grenzwerte im Anhang A der QZV Chemie OG festgelegt.

2.3.4 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV, 1996)

Die Abwasseremissionsverordnung gilt u. a. für die Einleitung von Abwasser, Mischwasser und Niederschlagswasser in Fließgewässer oder öffentliche Kanalisationen. Die Verordnung definiert Niederschlagswasser als Wasser, welches zufolge natürlicher oder künstlicher hydrologischer Vorgänge als Regen, Tau, Hagel, Schnee oder ähnliches auf ein bestimmtes Einzugsgebiet fällt und an der Landoberfläche dieses Einzugsgebietes zu einem Gewässer abfließt oder durch technische Maßnahmen abgeleitet wird.

Entsprechend § 3 Abs. 3 und 4 AAEV soll nicht oder nur gering verunreinigtes Niederschlagswasser aus einem Siedlungsgebiet mit Trenn- oder Mischwasserkanalisation - soweit örtlich möglich - noch vor dem Eintritt in den Regenwasserkanal **dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflussgeschehen überlassen** werden.

„Niederschlagswasser mit anthropogenen Verunreinigungen aus Abschwemmungen von Flächen in Siedlungsgebieten mit Trennkanalisation, von stark frequentierten Verkehrsflächen sowie von sonstigen Flächen (§ 1 Abs. 1 Z 3) soll, sofern die Einleitung in ein Fließgewässer eine Veränderung der Wasserbeschaffenheit erwarten lässt, die das geringfügige Ausmaß übersteigt (§ 32 Abs. 1 WRG 1959), mit Maßnahmen nach dem Stand der Technik sowie unter Berücksichtigung der Forderung der Erhaltung der ökologischen Funktionsfähigkeit des betroffenen Fließgewässers gereinigt und eingeleitet werden.“

2.3.5 Allgemein Bürgerliches Gesetzbuch (ABGB, 1811)

Im § 364 Abs.1 ABGB sind die Nachbarschaftsrechte von Eigentümern geregelt:

„Der Eigentümer eines Grundstückes kann dem Nachbarn die von dessen Grund ausgehenden Einwirkungen durch Abwässer, Rauch, Gase, Wärme, Geruch, Geräusch, Erschütterung und ähnliche insoweit untersagen, als sie das nach den örtlichen Verhältnissen gewöhnliche Maß überschreiten und die ortsübliche Benutzung des Grundstückes wesentlich beeinträchtigen. Unmittelbare Zuleitung ist ohne besonderen Rechtstitel unter allen Umständen unzulässig.“

2.3.6 Förderungsrichtlinien – Kommunale Siedlungswasserwirtschaft (1999 idgF)

Gemäß § 1 Abs. 4 sollte nicht oder geringfügig verunreinigtes Niederschlagswasser – soweit es den örtlichen Gegebenheiten entspricht – dem natürlichen ober- und unterirdischem Abflussgeschehen überlassen werden.

Gemäß § 2 Abs. 4 sind Abwasserableitungsanlagen sämtliche Anlagen (Bauwerke und Einrichtungen) – ausgenommen Installationen – die zur Sammlung, Weiter- und Ableitung von Schmutz- und Niederschlagswässern und zur Vorflutbeschaffung erforderlich sind.

Gemäß § 3 Abs. 4 sind die Kosten für die Errichtung von Anlagen, die dem Schutz des ober- und unterirdischen Wassers vor Verunreinigungen dienen (z. B. Abwasserreinigungsanlagen, Abwasserableitungsanlagen einschließlich Hausanschlussleitungen (ohne Installationen) förderfähig.

2.4 Bundesgesetzliche Vorgaben zur Gestaltung der Kanalbenutzungsgebühren

2.4.1 Finanzverfassungsgesetz F-VG (1948), Finanzausgleichsgesetz FAG (2008)

Die wesentlichen bundesrechtlichen Rahmenbedingungen für die österreichische Gebührengestaltung sind im F-VG und im jeweilig geltenden FAG festgelegt. So ist etwa das freie Beschlussrecht der Gemeinden zur Abgabeneinhebung im F-VG verankert. Konkret kann nach § 7 Abs. 5 F-VG der Bundesgesetzgeber, nach § 8 Abs. 5 F-VG der Landesgesetzgeber die Gemeinden ermächtigen, bestimmte Abgaben auf Grund eines Beschlusses der Gemeindevertretung zu erheben, hat jedoch die wesentlichen Merkmale der Abgabe, insbesondere ihr zulässiges Höchstmaß zu bestimmen (freies Beschlussrecht der Gemeinden).

Der Handlungsspielraum der Gemeinden auf dem Gebührenssektor wird im FAG 2008 geregelt. Demnach sind Gemeinden ermächtigt, Investitionskosten und Betriebskosten sämtlicher Gemeindeeinrichtungen und –anlagen durch Gebührenerhebung zu decken (§ 14 Abs. 1 Z 14).

Gemäß § 15 Abs. 3 Z 4 FAG (2008) darf der mutmaßliche Jahresertrag der Gebühren das doppelte Jahreserfordernis für die Erhaltung und den Betrieb der Einrichtung oder Anlage sowie für die Verzinsung und Tilgung der Errichtungskosten unter Berücksichtigung einer der Art der Einrichtung oder Anlage entsprechenden Lebensdauer nicht übersteigen.

2.5 Landesgesetzliche Vorgaben für die Errichtung und Förderung von NWB-Maßnahmen

2.5.1 Bundesland Steiermark

2.5.1.1 Steiermärkisches Raumordnungsgesetz (StROG, 2010)

Raumordnung ist entsprechend § 1 Abs. 2 StROG „*die planmäßige, vorausschauende Gestaltung eines Gebietes, um die nachhaltige und bestmögliche Nutzung und Sicherung des Lebensraumes im Interesse des Gemeinwohles zu gewährleisten. Dabei ist, ausgehend von den gegebenen Strukturverhältnissen, auf die natürlichen Gegebenheiten, auf die Erfordernisse des Umweltschutzes sowie die wirtschaftlichen, sozialen, gesundheitlichen und kulturellen Bedürfnisse der Bevölkerung und die freie Entfaltung der Persönlichkeit in der Gemeinschaft Bedacht zu nehmen*“.

Gemäß § 40 Abs. 1 StROG hat jede Gemeinde zur Umsetzung der im Flächenwidmungsplan festgelegten Bebauungsplanzonierung durch Verordnung Bebauungspläne zu erstellen und fortzuführen. Dabei sind die Mindestinhalte nach § 41 Abs. 1 StROG und zusätzliche Inhalte nach § 41 Abs. 2 StROG (z. B. Oberflächenentwässerung) festzulegen.

Mit der Bebauungsplanung ist gemäß § 40 Abs. 2 StROG eine den Raumordnungsgrundsätzen entsprechende Entwicklung der Struktur und Gestaltung des im Flächenwidmungsplan ausgewiesenen Baulandes und des Freilandes (Sondernutzungen) anzustreben.

2.5.1.2 Steiermärkisches Baugesetz (Stmk. BauG, 1995)

Gemäß § 57 Abs. 1 BauG muss bei Bauwerken unter Berücksichtigung ihres Verwendungszweckes für das Sammeln und Beseitigen der Abwässer und Niederschlagswässer vorgesorgt sein.

Gemäß § 57 Abs. 2 BauG sind die Anlagen zur Sammlung und Beseitigung von Abwässern und Niederschlagswässern so anzuordnen, herzustellen und instand zu halten, dass sie betriebssicher sind und Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht entstehen.

§ 61 Abs. 1 BauG schreibt vor, dass Bauwerke entsprechend ihrem Verwendungszweck gegen das Aufsteigen von Feuchtigkeit und gegen das Eindringen von Wasser dauerhaft gesichert werden müssen. Dabei ist sowohl auf das Grundwasser als auch auf das vorhersehbare Oberflächenwasser (z. B. Hangwasser und Hochwasserereignisse) Bedacht zu nehmen.

Gemäß § 67 Abs. 1 BauG muss das Fußbodenniveau der Räume gegenüber dem Gelände so geplant und ausgeführt sein, dass entsprechend dem Verwendungszweck Gesundheit und Wohlbefinden der Benutzer nicht beeinträchtigt werden. Dabei ist insbesondere auf vorhersehbare oberflächige Wasserabflüsse z. B. infolge Hangwasser und Hochwasserereignisse Bedacht zu nehmen.

Gemäß § 88 BauG dürfen bei Veränderungen des Geländes gemäß den §§ 19 und 20 damit verbundene Änderungen der Abflussverhältnisse keine Gefährdungen oder unzumutbaren Beeinträchtigungen verursachen.

2.5.1.3 Steiermärkisches Kanalgesetz (Kanalgesetz, 1988)

Gemäß § 1 Abs. 1 Kanalgesetz sind die im Bauland oder auf sonstigen bebauten Grundstücken anfallenden Schmutz- und Regenwässer nach den Bestimmungen dieses Gesetzes in einer nach den Erfahrungen der technischen Wissenschaften, den Erfordernissen des Umweltschutzes und der Hygiene entsprechenden Weise vom Grundstückseigentümer abzuleiten oder zu entsorgen.

Gemäß § 4 Abs. 1 Kanalgesetz sind in Gemeinden, in denen öffentliche Kanalanlagen betrieben oder errichtet werden, die Eigentümer von bebauten Grundstücken verpflichtet, die Schmutz- und Regenwässer ihres bestehenden oder künftig zu errichtenden Bauwerks auf eigene Kosten über die öffentliche Kanalanlage abzuleiten, sofern die kürzeste Entfernung eines Bauwerkes von dem für den Anschluss in Betracht kommenden Kanalstrang nicht mehr als 100 m beträgt. Regenwässer sind gem. Abs. 2 nur abzuleiten, wenn eine Regenwasser- oder Mischkanalisation vorhanden ist.

Gemäß § 4 Abs. 5 Kanalgesetz sind Ausnahmen von der Verpflichtung nach Abs. 1 von der Baubehörde für Bauten vorübergehenden Bestandes, für untergeordnete Nebengebäude und Bauteile sowie für Bauten mit einer nach den Erfahrungen der technischen Wissenschaften, den Erfordernissen des Umweltschutzes und der Hygiene entsprechenden Schmutzwasserentsorgung zu erteilen, wenn dadurch eine schadlose Entsorgung der Abwässer nach § 1 Abs. 1 gewährleistet ist und eine Schädigung öffentlicher Interessen sowie ein Nachteil für die Nachbarschaft nicht entsteht. Gleiches gilt für Regenwässer, wenn ihre Versickerung auf dem eigenen Grundstück möglich ist oder sie als Betriebsmittel (zum Beispiel zur Bodenbewässerung) Verwendung finden. Der Nachweis des Vorliegens der Voraussetzungen für die Ausnahme von der Verpflichtung nach Abs. 1 obliegt dem Ausnahmewerber. Die Ausnahmen sind mit Beschränkung auf eine bestimmte Zeitdauer oder gegen Widerruf zu erteilen.

2.5.1.4 Förderungsrichtlinien Abwasserentsorgung (2011)

Förderfähig sind prinzipiell sämtliche Maßnahmen, die nach den Förderungsrichtlinien der Kommunalen Siedlungswasserwirtschaft des Bundes sowie den Landesförderungsrichtlinien Abwasserentsorgung des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung gefördert werden. Förderungen sind unter anderem möglich für

- Regenwasserkanäle für Siedlungsbereiche
- Retentionsbecken für Regenwasser aus Siedlungsbereichen
- Regenwasserbehandlungsanlagen
- zugehörige Planungs- und Bauaufsichtsleistungen

Nach Abs. 5 ist für eine Landesförderung ein Regenwasserbewirtschaftungskonzept erforderlich. Die örtliche Abgrenzung für das Konzept ist nach hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Kriterien vorzunehmen.

2.5.2 Bundesland Oberösterreich

2.5.2.1 Oberösterreichisches Abwasserentsorgungsgesetz (2001)

Gemäß § 1 Abs. 1 ist das Ziel dieses Landesgesetzes, die Entsorgung von häuslichen und betrieblichen Abwässern sowie von Niederschlagswässern, die auf bebauten Grundstücken anfallen zu ordnen, die anfallenden Abwassermengen zu verringern und die Umwelt möglichst von Schadstoffen freizuhalten.

Gemäß § 1 Abs. 2 ist der Anfall von häuslichen und betrieblichen Abwässern weitgehend zu vermeiden. Nicht oder nur gering verunreinigte Niederschlagswässer sind möglichst direkt in den natürlichen Kreislauf rückzuführen. Nicht erforderliche Bodenversiegelungen haben zu unterbleiben.

2.5.2.2 Förderungsrichtlinien des Landes Oberösterreich (2014)

Förderungsfähig sind sämtliche Maßnahmen, die nach den Förderungsrichtlinien für die Kommunale Siedlungswasserwirtschaft des Bundes gefördert werden (siehe Kapitel 2.3.6).

2.6 Landesgesetzliche Vorgaben zur Gestaltung der Kanalbenutzungsgebühren

2.6.1 Bundesland Steiermark

2.6.1.1 Kanalabgabengesetz (1955)

Entsprechend den Vorgaben des FAG (2008) obliegt es der Gemeinde laufende Gebühren für die Benützung von öffentlichen Kanalanlagen einzuheben (§ 6 Abs. 1 Kanalabgabengesetz). Das Ausmaß des mutmaßlichen Jahresertrages der Kanalbenutzungsgebühren dürfen das doppelte Jahreserfordernis für die Erhaltung und den Betrieb der öffentlichen Kanal- und Abwasserreinigungsanlage, für die Verzinsung und Tilgung der Kosten für die Errichtung, die Erweiterung, den Umbau oder die Erneuerung unter Berücksichtigung einer der Art der Anlage entsprechenden Lebensdauer sowie für die Bildung einer angemessenen Erneuerungsrücklage nicht übersteigen (§ 6 Abs. 2 Kanalabgabengesetz).

2.6.2 Bundesland Oberösterreich

Die Gemeinden sind relativ frei in der Festlegung der Höhe der Gebühren. Von Landesseite wird lediglich geprüft, ob die getroffenen Festlegungen nicht gegen verfassungsrechtliche Bestimmungen (z. B. Gleichbehandlungsgebot) verstoßen.

Bezüglich der Höhe der Gebühr gibt es jedoch zwei Einschränkungen:

- Gemäß Finanzausgleichsgesetz 2008 werden die Gemeinden ermächtigt, Gebühren für die Benützung bis zum Doppelten des Jahreserfordernisses einzuheben und die Gebühr muss in einem angemessenen Verhältnis zur Leistung stehen (Äquivalenzprinzip).
- Gemäß Förderungsrichtlinien des Landes Oberösterreich für Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft müssen Gemeinden, die eine Landesförderung für die Errichtung von Abwasserentsorgungsanlagen erhalten, Mindestgebühren einheben.

Mindestgebühren 2014:

Kanalbenutzungsgebühr: 3,47 Euro/m³ (exkl. USt)

Jene Gemeinden, die ihren ordentlichen Haushalt nicht ausgleichen können, müssen eine Kanalbenützungsgebühr einheben, die mindestens 20 Cent über den Mindestgebühren des Landes liegt.

2.7 Kommunale Vorgaben für die Errichtung von NWB-Maßnahmen

2.7.1 Geschäftsbedingungen der Holding Graz (AB, 2011)

Bei Ansuchen einer Baubewilligung ist seit 01.01.2011 für die Bewilligung immer eine Zustimmung der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft erforderlich. Mit dem Abschluss wird auch den Geschäftsbedingungen für Indirekteinleiter in die öffentliche Kanalisation der Landeshauptstadt Graz zugestimmt.

In den Geschäftsbedingungen werden folgende Punkte bezüglich der Verbringung des Niederschlagwassers erwähnt (AB Holding Graz, 2011):

- Es gilt laut § 20 Abs. 1 AB bei Einleitung in die öffentliche Kanalisationsanlage die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung, wodurch eine Einleitung von Regenwasser in Misch- oder Schmutzkanäle zu vermeiden ist.
- Nicht verunreinigtes Kühlwasser sowie Drainage-, Quell- und Grundwasser darf gemäß § 22 AB (soweit im Einzelfall nicht anders vereinbart) nicht der öffentlichen Kanalisationsanlage zugeführt werden. Ausgenommen davon sind Einleitungen in Regenwasserkanäle.

Gemäß § 23 Abs. 2 ist Regenwasser, welches in die Kanalisationsanlage eingeleitet wird, entsprechend den Vorgaben der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft zu drosseln. Erforderlichenfalls muss ein Regenrückhaltebecken oder Stauraumkanal errichtet werden.

Gemäß § 1 Abs. 4 Kanalgesetz (KG Stmk, 1988) sind den Regenwässern - Quellabflüsse, Drainagewässer und reine Kühlwasser gleichzusetzen.

Konkrete Hinweise auf die Nichteinleitung von Niederschlagswasser in den öffentlichen Kanal befinden sich in den allgemeinen Bedingungen für den Anschluss an den öffentlichen Kanal der Stadt Graz und für die Einleitung von Abwässern in der Zustimmungserklärung des Grundstückseigentümers. In den allgemeinen Bedingungen wird Folgendes dezidiert erwähnt:

„... 10.7. Niederschlagswasser, Drainage-, Quell- und Grundwässer dürfen grundsätzlich nicht in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Zustimmung der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft...“ (AB Holding Graz, 2011)

2.7.2 Vorgaben in der Stadtgemeinde Weiz

Im Zuge der Baubewilligung schreibt die Stadtgemeinde Weiz für Neubauten seit 2009 eine Versickerung bzw. bei schlecht durchlässigen Böden sowie in Hanglagen eine Retention mit Drosselabfluss vor. Das Retentionsvolumen wurde bis zum Sommer 2014 mit 30 l/m² Dachfläche auf Basis eines 5-jährlichen Bemessungsregen mit einer Dauer von 15 Minuten festgelegt. Aufgrund der Starkregenereignisse im Sommer 2014 wird das Retentionsvolumen zukünftig auf 50 l/m² Dachfläche vorgeschrieben.

2.7.3 Linzer Kanalordnung (2004)

Gemäß § 22 sind nicht oder nur geringfügig verunreinigte Niederschlags- und Kühlwässer sowie Drainagen-, Quell- und Grundwässer keine Abwässer und dürfen grundsätzlich nicht dem öffentlichen Kanalisationssystem zugeführt werden.

Gemäß § 24 ist die stoßweise Einleitung von Abwässern in das öffentliche Kanalisationssystem weitestgehend durch geeignete Rückhaltemaßnahmen zu vermeiden.

Werden mehr als nur geringfügig verunreinigte Niederschlagswässer in das öffentliche Kanalisationssystem eingeleitet oder in begründeten Ausnahmefällen nicht oder nur geringfügig verunreinigte Niederschlagswässer von der LINZ SERVICE GmbH übernommen, so ist grundsätzlich ab einer zu entwässernden Fläche von mehr als 2.000 m² eine Regenentlastungsanlage (z. B. Regenrückhaltebecken oder Staukanal) entsprechend den Vorschriften der LINZ SERVICE GmbH zu errichten.

2.8 Kanalbenützungsgebühren in den Projektgebieten

2.8.1 Grazer Kanalabgabenordnung (KanAbgO, 2005)

Gemäß § 3 Abs.1 ist der Wasserverbrauch die Bemessungsgrundlage für die Kanalbenützungsgebühren. Gemäß § 3 Abs.2 wird bis zu einem Wasserverbrauch von 120 Kubikmeter pro Klosett und Jahr eine pauschalierte Gebühr verrechnet. Allein der Bestand eines angeschlossenen Klosetts begründet die Abgabepflicht.

2.8.2 Kanalabgabenordnung Stadtgemeinde Weiz (2005)

Gemäß § 4 Abs. 2 wird die Gebühr pro m³ Wasserverbrauch und pro m² Berechnungsfläche vorgeschrieben. Die Berechnungsfläche bestimmt sich aus der verbauten Grundfläche (in Quadratmetern) mit der Geschoßanzahl vervielfacht, wobei Dach- und Kellergeschosse je zur Hälfte eingerechnet werden. Wirtschaftsgebäude, die keine Wohnung oder Betriebsstätte enthalten, werden nach der verbauten Fläche ohne Rücksicht auf die Geschossanzahl eingerechnet.

Nicht Wohnzwecken dienende Gebäude (Gebäudeteile) land- und forstwirtschaftlicher Betriebe wird die Hälfte der Fläche in Anrechnung gebracht.

2.8.3 Tarifordnung Linz AG (2011)

Gemäß § 5 Abs.1 erfolgt die Bemessung des jährlichen Grundentgeltes für die Kanalbenützung derzeit nach der Anzahl der eingebauten Klosetts und Urinale. Neben dem Grundentgelt ist gemäß § 5 Abs.2 ein Wasserzuschlag je Kubikmeter in die öffentliche Kanalisation eingeleitetes Abwasser zu entrichten.

2.9 Normen und Richtlinien

Für die Planung, Bemessung und Errichtung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen bilden nachfolgende Normen und Regelwerke den Stand der Technik (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

2.9.1 ÖNORMEN

ÖNORM EN 752 (2008)	Entwässerung außerhalb von Gebäuden
ÖNORM B 2506-1 (2013)	Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen. Teil 1: Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb
ÖNORM B 2506-2 (2012)	Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen. Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen
ÖNORM B 5102 (2014)	Reinigungsanlagen für Regenwasser von Verkehrs- und Abstellflächen (Verkehrsflächen-Sicherungsschächte)
ÖNORM B 2572 (2005)	Grundsätze zur Regenwassernutzung
ÖNORM B 4422-2 (2002)	Erd- und Grundbau - Untersuchung von Böden - Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit - Feldmethoden für oberflächennahe Schichten

ÖNORM L 1066 (2007) Physikalische Bodenuntersuchungen – Bestimmung der Versickerungsintensität mit dem Doppelring-Infiltrometer (Feldmethode)

2.9.2 ÖWAV-Regelblätter

ÖWAV-RB 9 (2008) Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren
ÖWAV-RB 11 (2009) Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen
ÖWAV-RB 35 (2003) Behandlung von Niederschlagswasser
ÖWAV-RB 45 Oberflächenentwässerung ausgewählter Betriebsanlagen durch Versickerung oder Verrieselung in den Untergrund, Entwurf 2014
ÖWAV-AB 41 (2013) Grundlagen und Aufbau der Kosten- und Leistungsrechnung in der Abwasserentsorgung

2.9.3 ATV-DVWK-DWA – Arbeitsblätter und Merkblätter

ATV-A 111 (2006) Richtlinien für die hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Regenwasser-Entlastungsanlagen in Abwasserkanälen und -leitungen
DWA-A 112 (2007) Hydraulische Dimensionierung und Leistungsnachweis von Sonderbauwerken in Abwasserleitungen und -kanälen
DWA-A 117 (2006) Bemessung von Regenrückhalteräumen
DWA-A 118 (2011) Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen
DWA-A 531 (2012) Starkregen in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer
ATV-A 128 (1992) Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungen in Mischwasserkanälen
DWA-A 138 (2005) Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser
ATV-A 166 (1999) Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung -Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung
DWA-M 153 (2007) Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser
ATV-DVWK-M 165 (2004) Anforderungen an Niederschlag-Abfluss-Berechnungen in der Siedlungsentwässerung
ATV-DVWK-M 176 (2001) Hinweise und Beispiele zur konstruktiven Gestaltung und Ausrüstung von Bauwerken der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung
ATV-DVWK-M 177 (2001) Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen – Erläuterungen und Beispiele
DWA-M 178 (2005) Empfehlungen für Planung, Bau und Betrieb von Retentionsbodenfiltern zur weitergehenden Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem

3 Naturnahe Niederschlagswasserbewirtschaftung

3.1 Grundlagen

Gemäß dem DWA Merkblatt 153 (2007) ist die Planung eines naturnahen Umgangs mit Regenwasser dadurch gekennzeichnet, dass das Gleichgewicht des natürlichen Wasserkreislaufs trotz Bebauung aufrechterhalten bleibt.

Wasserwirtschaftliches Ziel sollte daher immer sein, dass das nicht oder nur gering verunreinigte Regenwasser nach Möglichkeit direkt am Ort des Anfalls dem natürlichen ober- und unterirdischen Abflussgeschehen zurückgeführt wird (ÖWAV-RB 9, 2008).

3.1.1 Wasserhaushalt

Regenwasser, das auf die Erde fällt, benetzt zunächst alle Oberflächen, füllt Mulden und wird dann über drei Mechanismen wieder in den Wasserkreislauf zurückgeführt. Auf bewachsenem Boden verdunsten nahezu zwei Drittel des gefallenen Niederschlags über den Boden und die Pflanzen. Ein Viertel des gefallenen Regens versickert und trägt zur Neubildung des Grundwassers bei. Der kleinste Teil fließt im natürlichen Kreislauf oberflächlich ab (BLFU, 2010). Bei versiegelten Flächen erhöht sich der Anteil des Oberflächenabflusses. In der Abbildung 1 werden die Auswirkungen der Bodenversiegelung auf diese drei natürlichen Mechanismen durch schematische Größenverhältnisse der Abflüsse ersichtlich gemacht.

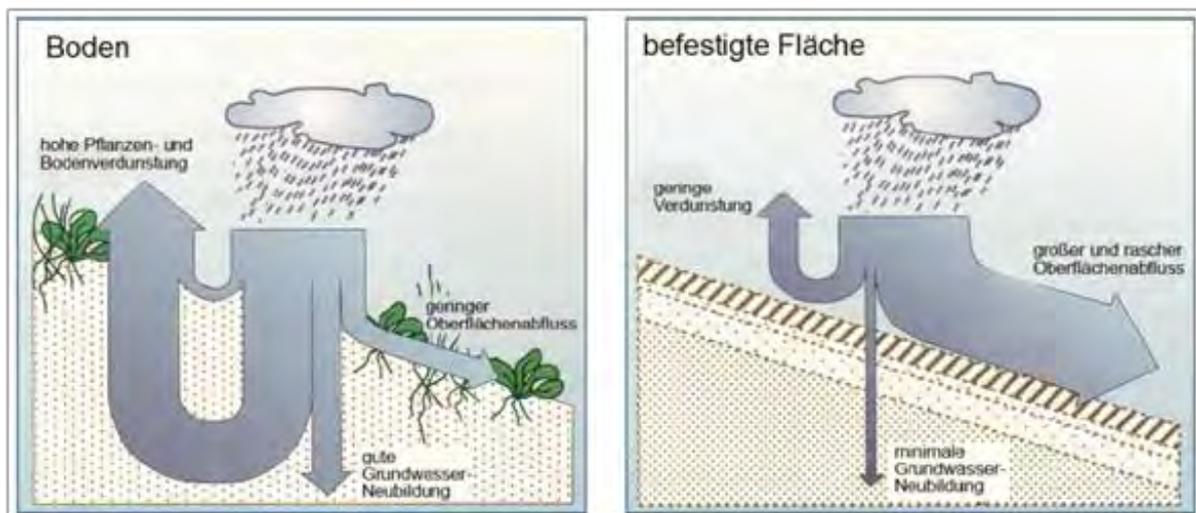


Abbildung 1: Wege des Niederschlagswassers (BLFU, 2010). Auf der linken Seite ist der Niederschlagswasserabfluss bei einer natürlichen Bodenbeschaffenheit dargestellt. Nur ein geringer Anteil des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab. Rechts ist dargestellt, dass sich bei Versiegelung der Flächen die Abflussmenge erhöht.

Im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 2) werden die Auswirkungen einer zunehmenden Versiegelung in Siedlungen qualitativ dargestellt.

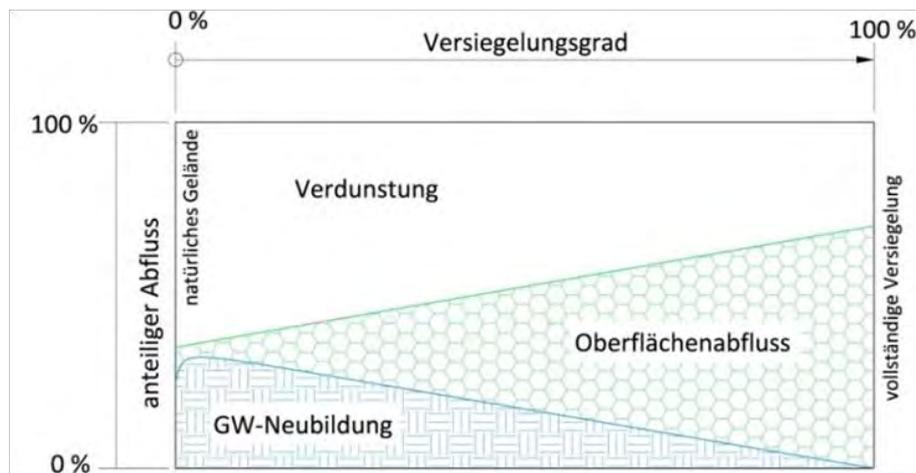


Abbildung 2: Wasserbilanz abhängig vom Versiegelungsgrad (in Anlehnung an DWA-M 153, 2007). Bei zunehmendem Versiegelungsgrad (von links nach rechts) erhöht sich der Oberflächenabfluss, die Verdunstungsrate und die Grundwasserneubildung verringert sich.

3.1.2 Qualität des Niederschlagswassers

Für alle Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen (NWB-Maßnahmen) ist es wesentlich, verunreinigte Regenwasserabflüsse je nach vorhandener Qualität vorzubehandeln. Der Grad der Verschmutzung wird entsprechend der Flächennutzung im ÖWAV Regelblatt 35 (2003) nach fünf Flächentypen (F1 – F 5) kategorisiert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Kategorisierung der Flächentypen (modifiziert nach ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Art der Fläche
F1	Dachflächen, normal verschmutzt, mit üblichen Anteilen an unbeschichteten Installationen aus Cu, Zn und Pb (< 5-10 % der Gesamtfläche)
F2	Rad- und Gehwege. Hofflächen und Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohngebieten und mit diesen vergleichbaren Gewerbegebieten, saisonal genutzte Parkplätze (z.B. Badeteiche) mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24 h. Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24h (Wohnstraßen).
F3	Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) von 500 bis 15.000 Kfz/ 24h. Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel, die nicht dem Typ F2 zugeordnet werden können. Park- und Stellflächen für LKW, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen (z. B. Verluste von Treib- und Schmierstoffen, Frostschutzmitteln, Flüssigkeiten aus Brems- oder Klimatisierungssystemen etc.) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.
F4	Dachflächen mit erhöhten Anteilen an unbeschichteten Eindeckungen und Installationen aus Cu, Zn und Pb, wenn bei Versickerungsanlagen $A_{\text{Metall}} > 50 \text{ m}^2$ und bei Einleitungen in Oberflächengewässer $A_{\text{Metall}} > 500 \text{ m}^2$ ist. Parkplätze für PKW mit häufigem Fahrzeugwechsel (z. B. Einkaufszentren). Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) über 15.000 Kfz/24h (Straßen mit in der Regel mehr als zwei Fahrspuren) und überregionale Hauptverkehrsstraßen unabhängig vom Verkehrsaufkommen. Straßen, Plätze und Hofflächen mit starker Verschmutzung z.B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen, Reiterhöfe und Märkte.

Flächentyp	Art der Fläche
F5	Park- und Stellplätze für LKW mit häufigem Fahrzeugwechsel, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Versickerungs- und Retentionsräume können durch Freiraumgestaltung in die Wohnbauanlage eingegliedert werden. Bei schlechter Bodenbeschaffenheit können auch grundstückübergreifende Lösungen herangezogen werden.

Die Anforderungen an Versickerungsmaßnahmen nach dem vorhandenen, zu entwässernden Flächentyp sind in Österreich gemäß dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) definiert. Diese berücksichtigen Auswirkungen aus stofflicher Belastung und Beeinflussung des Grundwassers (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anforderungen an die Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit der entwässerten Fläche (ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Anforderungen
F1	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben; die unterirdische Versickerung ohne Oberbodenpassage gilt aber als unbedenklich.
F2	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben. Die unterirdische Versickerung ohne Oberbodenpassage kann in Ausnahmefällen toleriert werden, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist und eine geeignete Vorreinigung (z.B. Schlammfänge, Adsorptionsfilter(matten)) ausgeführt wird. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in der Regel zulässig.
F3	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in Ausnahmefällen zulässig, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist.
F4	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Eine Vorbehandlung vor der Versickerungsanlage ist in der Regel erforderlich. Die Versickerungsleistung ist unabhängig von der Durchlässigkeit (kf-Wert) des verwendeten Bodens höchstens mit 10^{-5} m/s (= 0,6 mm/min) anzusetzen.
F5	Die Versickerung ist in der Regel nur mit Vorbehandlung vor der Versickerungsanlage mit anschließender Kontrollmöglichkeit zulässig.

Aus Sicht des Boden- und Grundwasserschutzes ist die Durchlässigkeit, Mächtigkeit, sowie die chemische, physikalische oder biologische Reinigungsleistung des Sickerraumes von großer Bedeutung (DWA-A 138, 2005). Die Reinigungsleistung des Sickerraums in Bezug auf Stoffrückhalt wird durch physikalisch-chemische und biologische Abbauprozesse bestimmt. Die Filtrationsprozesse hängen vorwiegend von der Korngröße des Bodens und vom vorhandenen pH-Wert-Bereich (am Effektivsten zwischen 6 und 8) ab.

3.2 Maßnahmen der naturnahen Niederschlagswasserbewirtschaftung

Laut Geiger et al. (2009) ist es wesentlich, die natürliche Wasserbilanz aus Verdunstung, Versickerung und Abfluss durch die Bebauung bzw. ihrer Entwässerung nur gering zu beeinflussen. Oberste Priorität nach Geiger et al. (2009) ist die ortsnahe Versickerung von Regenwasser mit einer Reinigung über eine Bodenpassage. Erst wenn eine Versickerung bzw. vorangehende Retention aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht zulässig oder der anstehende Boden nicht geeignet ist, sollte eine gedrosselte Einleitung in ein Oberflächengewässer oder in die Kanalisation in Betracht gezogen werden. In der nachfolgenden Abbildung 3 ist die Reihung der möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen dargestellt:

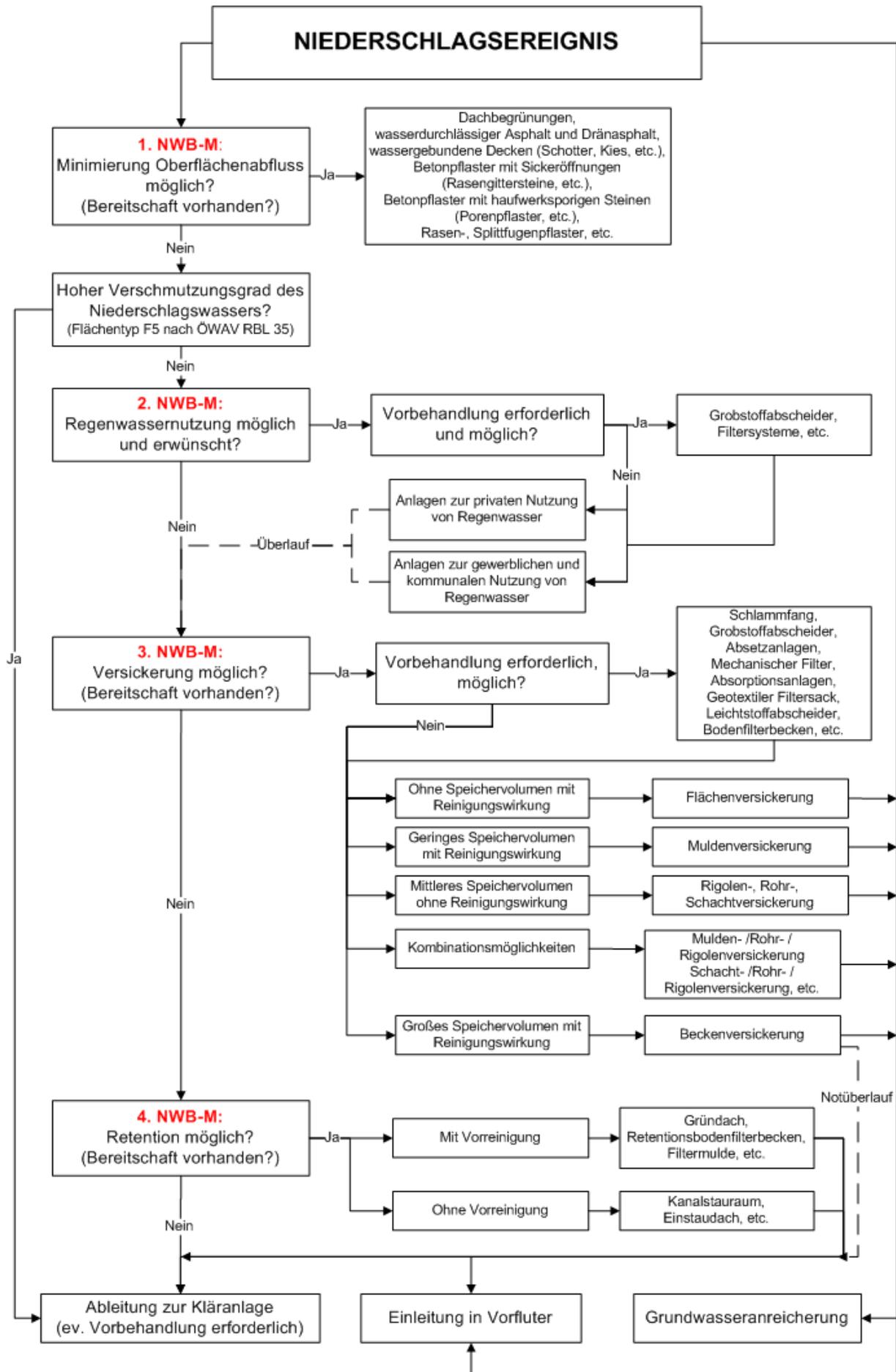


Abbildung 3: Maßnahmen der NWB, modifiziert nach Geiger und Dreiseitl (1995)

3.2.1 Verringerung des Oberflächenabflusses

Minimierung versiegelter Flächen

Ziel sollte immer sein, dass sich der Oberflächenabfluss eines erschlossenen Gebietes gegenüber dem vorher bestehenden natürlichem Gebiet nicht erhöht. Bereits bei der Erstellung von Flächenwidmungsplänen und bei der Ausweisung von Baulandgebieten sollte dieser Grundsatz berücksichtigt werden (Bettmann, 1998).

Zunehmende Versiegelung erhöht den Oberflächenabfluss und die Abflussgeschwindigkeit, was letztendlich zur Bildung von Hochwasserwellen führen kann (Herzer, 2004). In der nachfolgenden Abbildung 4 ist die Ausbildung einer Hochwasserwelle in Abhängigkeit des Versiegelungsgrades dargestellt.

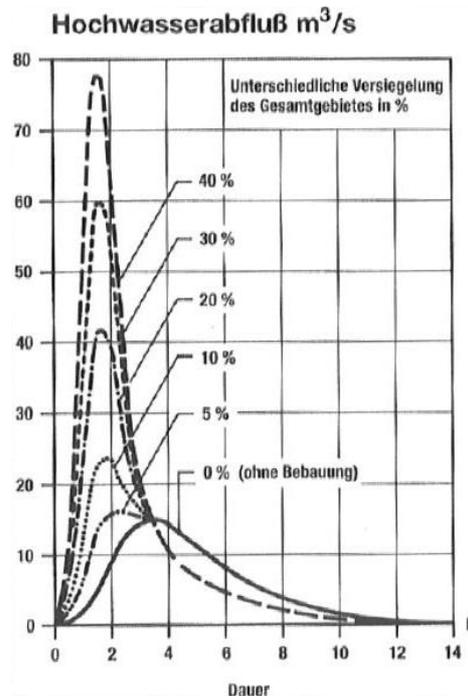


Abbildung 4: Hochwasserabflusswelle abhängig vom Versiegelungsgrad (Geiger, et al., 2009)

Durch die Minimierung von Verkehrsflächen, Verwendung von wasserdurchlässigen Befestigungsarten und der Ausführung von Dachbegrünungen kann der Oberflächenabfluss und die Abflussgeschwindigkeit wesentlich reduziert werden.

Zur Verringerung des Versiegelungsgrades von Verkehrsflächen sollten nach Herzer (2004) folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Kompakte Verkehrserschließung
- Keine Doppelterschließung von Grundstücken
- Versickerungsfähige Ausführung von Geh- und Radwegen
- Versickerungsfähige Ausführung von Parkflächen und Nebenstraßen

In der Vergangenheit wurden untergeordnete Verkehrsflächen, Wege und Plätze zumeist vollversiegelt errichtet, daher sind Potenziale von Entsiegelungsmaßnahmen im Bestand zu überprüfen.

Dachbegrünungen

Bei einer Dachbegrünung findet eine Verdunstung von 40 – 90 % (siehe Tabelle 3) und eine Abflussverzögerung des Regenwassers statt. Die Effektivität von Gründächern ist abhängig von der Dachneigung, von der Substratschichtstärke und von dem Schichtaufbau (RP Karlsruhe, 2003).

Tabelle 3: Retention auf Dachflächen (AUE, 1998; Reichmann et al., 2010)

Dachbegrünung					
Begrünungsart	Schematischer Aufbau	Aufbaudicke (cm)	Vegetation	Wasserrückhalt im Jahresmittel (%)	Jahresabflussbeiwert ψ_a
Extensivbegrünung		2-4	Moos-Kraut-Gras-Begrünung	40	0,60
		> 4-6		45	0,55
		> 6-10		50	0,50
		> 10-15		55	0,45
		> 15-20		60	0,40
Intensivbegrünung		15-25	Rasen, Stauden, Sträucher oder Bäume (ab 50 cm)	60	0,40
		> 25-50		70	0,30
		> 50		> 90	0,10

Gründächer werden mit einer Substratschichtstärke von > 20 cm als Intensivbegrünung, ansonsten als Extensivbegrünung bezeichnet. Extensive Begrünungen können bei einer Substratschichtstärke von 2 – 12 cm aufgrund ihres geringen Eigengewichtes auch nachträglich eingebaut werden. Bis zu einer Dachneigung von 30 Grad sind keine zusätzlichen Sicherungsmaßnahmen erforderlich (Geiger et al., 2009). In der Stadt Zürich wird die Begrünung von Flachdächern bereits seit 1991 gesetzlich vorgeschrieben. Die Vor- und Nachteile von Dachbegrünungen sind in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Tabelle 4: Zusammenfassende Bewertung von Dachbegrünungen

Bewertung von Dachbegrünungen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Schaffung von Lebensräume für Tiere und Pflanzen (Geiger et al., 2009) Regenwasserspeicherung/-abflussverzögerung (Geiger et al., 2009) Reduzierung der Schadstoffbelastung der Luft (Geiger et al., 2009) Erhöhter Schallschutz (Geiger et al., 2009) Optische Aufwertung des Stadtbildes (Geiger et al., 2009) Anwendung in dicht bebautem Stadtgebiet möglich (VSA, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> Höhere Dachlasten (Geiger et al., 2009) Hoher Wartungsaufwand bei Intensivbegrünung (Geiger et al., 2009) Hohe Anforderung an technische Ausführung der Abdichtung In der Regel höhere Kosten der Ausführung (VSA, 2002)

3.2.2 Vorbehandlung von Niederschlagswasserabflüssen

Gemäß den Bestimmungen des ÖWAV Regelblatts 35 (2003) wird eine Vorbehandlung je nach Nutzung der entwässerten Fläche erforderlich. Die Vorbehandlung von Regenwasserabflüssen ist aus nachfolgenden Gründen erforderlich (Geiger et al., 2009):

- Nutzung von Regenwasser erfordert chemische Reinheit des Wassers
- Bei unterirdischer Versickerung ist der Schutz des Grundwassers zu gewährleisten
- Schutz vor Kolmation (Verstopfung von Hohlräumen)

Zur Vorbehandlung werden folgende Anlagen verwendet:

- Grobstoffabscheideanlagen
- Absetzanlagen
- Leicht- und Schwebstoffabscheider

- Filteranlagen (Bodenpassage, Sand- und Kiesfilter, Geotextilfilter, etc.)
- Biochemischer Abbau (Teichanlagen mit Bepflanzung und Vegetationspassagen)

3.2.3 Regenwassernutzung

Ohne aufwendige Aufbereitung können nicht verschmutzte Regenwasserabflüsse aufgefangen und für folgende Anwendungen herangezogen werden:

- Grünflächenbewässerung
- Toilettenspülung, Waschmaschine
- Reinigungszwecke
- Betriebswasser in Gewerbe und Industrie

Wenn die Möglichkeit einer Sammlung von Niederschlagswasser auf Dachflächen nicht möglich ist, können andere Regenwassernutzungsmaßnahmen herangezogen werden. Dabei besteht jedoch ein Widerspruch zwischen der Nutzung und der Retention von Niederschlagswasserabflüssen. Zur Nutzung sollte der Speicher möglichst voll sein und zur Reduktion des Abflusses möglichst leer. Nach Geiger et al. (2009) ist ein Rückhalteeffekt erst ab einem Volumen von etwa 100 m³/ha zu erwarten. Die Dimensionierung erweist sich als sinnvoll, wenn in einer Trockenperioden von 3 Wochen bis zu einem Monat der Wasservorrat ohne Trinkwassernachspeisung überbrückt werden kann. Kleinere Speicher sind kaum wirtschaftlich zu betreiben und im Sinne des Retentionsvermögens wenig effektiv, weshalb eine Kombination mit anderen Bewirtschaftungsmethoden angestrebt wird. Eine größere Dimensionierung erhöht die Kosten und wirkt sich durch lange Verweildauern negativ auf die Qualität des Wassers aus. Aufgrund der enthaltenen Stoffe müssen je nach Brauchwassernutzung hygienische und technische Grundsätze der ÖNORM B 2572 (2005) eingehalten werden. Die Vor- und Nachteile von Regenwassernutzungsanlagen sind in der Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 5: Zusammenfassende Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen

Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Einsparung der Kosten von Trinkwasser und in Kombination von Abwassergebühr • Bei Neubauten einfach umzusetzen • Geringer Flächenbedarf an der Oberfläche (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Im verdichteten Stadtgebiet kaum nachrüstbar • In bestehenden Gebäuden nur bei Renovierung effizient (doppelte Leitungen bei Nutzung im Haus) • Geringes Retentionsvolumen (Geiger et al., 2009) • Hoher Wartungsaufwand (VSA, 2002) • Nutzbarkeit der Fläche über der Bewirtschaftungsanlage eingeschränkt möglich

3.2.4 Versickerung von Niederschlagswasser

Die Versickerungsanlagen ermöglichen eine naturnahe Rückführung in den Wasserkreislauf und unterscheiden sich im Wesentlichen nach dem Flächenbedarf und der Speicherfähigkeit (DWA-A 138, 2005).

Flächenversickerung

Bei dieser Methode werden durchlässige, bewachsene Oberflächen herangezogen, bei denen die Versickerungsleistung größer ist als der anfallende Regenabfluss. Mit Einhaltung dieses Grundprinzips kann ein Einstau der Versickerungsfläche verhindert werden. Die Sohle des Versickerungskörpers ist unabhängig von der Geländeneigung waagrecht auszubilden, damit bei Regenereignissen ein zusätzliches Retentionsvolumen erzeugt wird (Sieker, 2014). Um eine hohe Versickerung zu gewährleisten und Schäden durch Frost vorzubeugen ist auch der Unterbau der Straße durchgängig durchlässig zu errichten. Zum Schutz des Grundwassers ist darauf zu achten, dass im Winter keine Streusalze oder Herbizide auf diesen Flächen verwendet werden (Herzer, 2004).

Die Anwendung selbst erfolgt nach Sieker (2014) ab mäßig durchlässigem Boden mit einem kf-Wert von $> 10^{-5}$ m/s.

Die Versickerungsflächen werden mit durchlässigen, befestigten Oberflächen ausgeführt, die in der nachfolgenden Tabelle 6 mit deren Versickerungsleistung angegeben werden:

Tabelle 6: Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003)

Flächenbefestigungsart		Gehweg	Fahrbereich	Platzbereich	Kfz-Stellplatz	Vegetationsfreundlich	Versickerungsleistung	Kosten (€/m ²)
1.	Grasnarbe Gras 10 - 20 cm Mutterboden	o	-	o	-	+	80 - 100 %	2,5 - 10
2.	Schotterrasen 5 - 15 cm Mutterboden mit Steinen 10 cm Schotter 15 - 20 cm Kiessand	+	+	o	+	+	70-80 %	2,5 - 10
3.	Rasengittersteine bzw. - platten Rasengittersteine mit Mutterboden verfüllt 5 cm Splitt 5 cm Feinkies 15 - 20 cm Schotter	o	+	-	+	o	50 - 90 %	50 - 100
4.	Rasenfugenpflaster Pflastersteine sandverfugt 5 cm Splitt / Sand 10 - 20 cm Schotter	+	+	+	+	o	30 - 50 %	50 - 60

+ empfehlenswert o bedingt zu empfehlen - nicht zu empfehlen

Die Vor- und Nachteile einer Flächenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Zusammenfassende Bewertung der Flächenversickerung

Bewertung der Flächenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Einfache Wartung und Kontrolle (Geiger et al., 2009) Geringer technischer Aufwand bei der Herstellung Vielseitige Nutzung möglich Hoher Verdunstungsfaktor (ca. 33 %) Reinigungsleistung bzw. gute Grundwasseranreicherung, je nach anstehenden Boden ($k_f > 10^{-6}$ m/s) (VSA, 2002) Retentionsvolumen bei Schotterrasen durch die Mächtigkeit des darunter liegenden Kieskörpers (VSA, 2002) 	<ul style="list-style-type: none"> Großer Flächenbedarf Eingeschränkte Nutzbarkeit Geringe Speicherwirkung (Geiger, et al., 2009) Reinigung einer befestigten, durchlässigen Oberfläche mit einer konventionellen Reinigungsmaschine nicht möglich (Herzer, 2004) Verschlämmung der Fugen mit Feinteilen bei Anwendung von Porenbetonpflaster Hoher Flächenbedarf (VSA, 2002)

Muldenversickerung

Die Versickerung bzw. Speicherung dieser Bewirtschaftungsmethode erfolgt über eine begrünte Mulde. Dabei kann ein kurzzeitiger Einstau entstehen, der gemäß dem Arbeitsblatt der DWA-A 138 (2005) max. 24 Stunden andauern darf, wodurch eine Verschlickung bzw. Verdichtung der Oberfläche vermieden wird. Bei Erreichen des vorhandenen Speichervolumens werden mehrere Versickerungsmulden hintereinander errichtet. Die Ausführungstiefe beträgt in der Regel weniger als 0,3 m (Geiger et al., 2009). Die Vor- und Nachteile einer Muldenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 8 zusammengefasst.

Tabelle 8: Zusammenfassende Bewertung der Muldenversickerung

Bewertung der Muldenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Reinigungsleistung durch Versickerung über Oberbodenpassage • Geringer technischer Aufwand • Nutzung der Grünflächen durch mögliche Bepflanzung • Wartung und das Erkennen von Gefährdungen für das Grundwasser wegen oberirdischer Speicherung leicht möglich (Geiger et al., 2009) • Gute Retentionswirkung je nach Ausführung und Längsgefälle; nicht bei lang anhaltenden Niederschlagsereignissen 	<ul style="list-style-type: none"> • Im verdichteten Stadtgebiet kaum möglich • Keine intensive Nutzung z. B. als Spielfläche möglich, wegen Verdichtung der obersten Bodenschicht • Großer Flächenbedarf, wenn keine multifunktionale Nutzung eingeplant ist

Beckenversickerung

Die Versickerung erfolgt bei dieser Methode flächig über eine belebte Bodenzone oder direkt über eine versickerungsfähige Schicht. In der Regel ist eine Retention mit längerem Einstau zur Nutzung des größeren Speichervolumens zulässig. Auf Grund der Gefahr des Ertrinkens ist das Becken zu umzäunen. Im Falle einer Störung wird ein Notüberlauf in die Kanalisation oder in ein Gewässer empfohlen.

Durch das große Retentionsvolumen kommt nach Geiger et al. (2009) eine Beckenversickerung bei großen Flächen bzw. als zentrale Maßnahme zur Anwendung. Der Flächenbedarf beträgt ca. 5 - 15 % der angeschlossenen Fläche. Die Sickerleistung sollte einen Wert von mehr als $> 5 \cdot 10^{-6}$ m/s aufweisen. Die Vor- und Nachteile einer Beckenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Zusammenfassende Bewertung der Beckenversickerung

Bewertung der Beckenversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Gute Retentionswirkung • Gute Reinigungsleistung bei Versickerung durch belebte Oberbodenzone • Gute Wartungsmöglichkeiten durch einfache Kontrollen • Gute Integration in die Landschaft durch Ausführungsmöglichkeit als Biotop (Geiger et al., 2009) • Ausgleich von Schwankungen der Inhaltsstoffe in verschmutzten Abflüssen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beeinträchtigung des Landschaftsbildes • Verdichtung und Verschlammung der Sohle bei fehlender oder unsachgemäßer Wartung • Standsicherheit des Bodens und Eignung der Topografie ist nachzuweisen (Geiger et al., 2009) • Herstellung des Überlaufs nur mit hohem technischem Aufwand möglich • Hoher Flächenbedarf (VSA, 2002) • Einschränkung der Nutzungsmöglichkeit der Fläche (ausgenommen als Gestaltungselement)

Rigolen- oder Rohrversickerung

Versickerungsanlagen mit Rigolen bestehen aus einem künstlich in den Boden eingebrachten Raum, der mit geeigneten Wabenkunststoff-, Kieskörpern oder Lavapackungen gefüllt ist. Je nach Porenvolumen des eingesetzten Materials liegt das nutzbare Rückhaltevolumen zwischen 20 und 35 %. Bei Kunststoffelementen kann das Nutzvolumen auf bis zu 95 % gesteigert werden. Um das Einschwemmen von Feinteilen zu verhindern, muss der Retentionsraum mit einem Geotextil eingepackt werden (Herzer, 2004).

Bei der Rohrversickerung wird in ein Rigolen-Element ein zusätzliches Sickerrohr eingelegt, um eine schnellere Verteilung des eingeleiteten Wassers zu erreichen. Das perforierte Rohr bildet mit der Kiesummantelung den Retentionsraum. Die beiden Systeme können, je nach Erfordernis, oberflächennah oder unterirdisch eingebaut werden.

Die Rigolen- und Rohrversickerungen kommen insbesondere bei gering mächtigen, bindigen Deckschichten zur Anwendung, um eine darunter liegende durchlässige Schicht zu erreichen. Die Durchlässigkeit muss eine ausreichende Versickerungsleistung von mehr als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s betragen (Geiger et al., 2009). Durch den geringen oberirdischen Flächenbedarf eignen sich diese Systeme auch für dicht besiedelte Gebiete. Die Vor- und Nachteile einer Beckenversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 10 zusammengefasst.

Tabelle 10: Zusammenfassende Bewertung der Rigolen- oder Rohrversickerung

Bewertung der Rigolen –oder Rohrversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Überbauung der Versickerungsanlage mit leichten Bauwerken (Garage, Gartenhäuser) möglich • Versickerung in frostfreier Tiefe • Bei gedrosselter Ableitung, von Durchlässigkeit des anstehenden Bodens unabhängig • Geringer Flächenbedarf der Oberfläche • Nutzbarkeit der Oberfläche wenig bis gar nicht eingeschränkt (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufwendige Herstellung • Aufgrund der fehlenden Reinigungsleistung ist die unterirdische Einleitung nur mit schwebstofffreien Abflüssen oder nach Vorbehandlung möglich (Geiger et al., 2009) • Durch erschwerte Zugänglichkeit muss bei einer Verstopfung die Anlage ausgegraben bzw. bei einer Rohrversickerung gespült werden. Alle 50 m sollten Revisionschächte vorgesehen werden. • Anwendung in der Nähe von Bäumen ist aufgrund der Störanfälligkeit durch Wurzeln nicht sinnvoll (Herzer, 2004)

Schachtversickerung

Das DWA-Arbeitsblatt 138 (2005) unterscheidet zwischen zwei Schachttypen, die durch Versickerungsfläche und Anordnung der Filterebene gegliedert sind. Beim Typ A durchläuft das eingeleitete Niederschlagswasser einen Filtersack, wodurch absetzbare und filtrierbare Stoffe zurückgehalten werden. Demgegenüber wird bei Typ B eine Filterschicht im Sohlbereich angeordnet, wobei die Schwebstoffe schon vor der Einleitung zurückgehalten werden müssen. Hier stellt eine mögliche Verschlickung bzw. Verstopfung der verhältnismäßig kleinen Versickerungsfläche im Schachtring ein besonderes Problem dar (Herzer, 2004).

Aufgrund der limitierten Speicherwirkung wird diese Maßnahme vorwiegend für kleine Privatgrundstücke angewandt (Geiger et al., 2009). Nach Herzer (2004) werden Sickerschächte vor allem bei beengten Verhältnissen angewandt. Durch eine Reihenschaltung mehrerer Schächte können auch größere Flächen leicht entwässert werden. Um eine ausreichende Versickerung zu gewährleisten ist ein Durchlässigkeitsbeiwert von mind. 10^{-5} m/s (Sieker et al., 2003) erforderlich. Die Vor- und Nachteile einer Schachtversickerung sind in der nachfolgenden zusammengefasst.

Tabelle 11: Zusammenfassende Bewertung der Schachtversickerung

Bewertung der Schachtversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Herstellung der Bewirtschaftungsanlage • Geringer Flächenbedarf • Geringe Nutzungseinschränkungen des Grundstückes • Anwendung bei anstehenden undurchlässigen Oberbodenschichten (Geiger et al., 2009) 	<ul style="list-style-type: none"> • Retentionsraumvolumen aufgrund der Schachtringgrößen begrenzt • Schlechte Wartungsmöglichkeit • Durch geringe Reinigungsleistung ist ein großer Grundwasserflurabstand (mind. 1,5 m zu Grundwasserhöchstständen) notwendig (Geiger et al., 2009) • Gefahr der Verschlickung oder Verstopfung durch schlechte Wartungsmöglichkeit und daraus entstehend hohe Sanierungskosten (Herzer, 2004)

Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bei der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung (Mulden-Rigol-Element, Mulden-Rigol-System) werden die Vorteile der einzelnen Komponenten kombiniert:

- Die Retention des anfallenden Regenwassers erfolgt in der Mulde und dem Rückhalteraum des Rigolsystems.
- Die Vorreinigung wird bei Versickerung über die belebte Bodenschicht erreicht.
- Die Versickerungsleistung in den Untergrund ist aufgrund der unterirdischen Anwendung sehr hoch.
- Wasserundurchlässige, oberflächennahe Schichten können durch die Rigole umgangen werden (Herzer, 2004).

Das Mulden-Rigolen-System ergibt sich aus mehreren, nacheinander geschalteten Mulden-Rigol-Elementen, wodurch ein Aufbau von durchgängigen Versickerungsnetzen möglich ist.

Durch die Kombination zweier Systeme ist für die Versickerung ein wesentlich geringerer Flächenbedarf notwendig als bei der jeweiligen Methode alleine. Bei schlecht durchlässigen Böden kann langes Speichern und eine verzögerte Abgabe zusätzlich zur gezielten Erhöhung des Niedrigwassers in Bächen erfolgen. Nach Sieker et al. (2003) kommt dieses System auch bei kf-Wert $< 5 \cdot 10^{-5}$ m/s zur Anwendung. Die Vor- und Nachteile einer Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Flächenbedarf im Vergleich zu den einzelnen Systemen durch die Kombination geringer • Verbesserung des Retentions- und Ableitungsvermögens im Vergleich zu einzelnen Methoden (Geiger et al., 2009) • Anwendung auch bei schlecht versickerungsfähigen Oberbodenschichten (kf-Wert $< 10^{-6}$ m/s), wenn Versickerung angestrebt wird (Sieker et al., 2003) • Reinigungsleistung über belebte Oberbodenpassage 	<ul style="list-style-type: none"> • Eingeschränkte Wartungsmöglichkeit (Geiger et al., 2009) • Eingeschränkte Nutzung der oberirdischen Flächen • Ableitung über freies Gefälle, da ein Einstau der Mulde/Rigole nicht erfolgen darf (VSA, 2002)

Retentionsraumversickerung

Die Retentionsraumversickerung ist ein oberflächlich angeordnetes System, das Reinigung, Speicherung und Versickerung vereint. Niederschlagswässer werden in einen, zum Untergrund abgedichteten, Speicherteich oder Graben eingeleitet. Überschreitet der Wasserpegel die Dauerstaulinie versickert das Wasser in der angeschlossenen Mulde in den Untergrund. Bei Einleitung in das Becken kann eine Vorreinigung des Abflusses durch einen horizontal durchflossenen Sandfilter erfolgen. Im Retentionsraum findet durch die Bepflanzung ein Abbauprozess der gelösten und ungelösten Stoffe statt. Die Oberfläche und die Bepflanzung tragen dazu bei, einen zusätzlichen Teil des Wassers zu verdunsten, was sich positiv auf das Kleinklima auswirkt (Geiger et al., 2009).

Diese Methode wird vor allem bei stärker belastetem Regenwasser mit erhöhtem Störfallrisiko angewandt. Insbesondere findet die Retentionsraumversickerung als gestalterisches Element in Siedlungsgebieten seine Anwendung. Der Flächenbedarf ergibt sich je nach definierter Einstautiefe des Retentionsraumes und anteiliger Fläche der Versickerungsmulde.

Voraussetzung für die Ableitung über Versickerungsmulden ist ein gut versickerungsfähiger Untergrund (kf-Wert $> 1 \cdot 10^{-5}$ m/s). Anderenfalls kann die Ableitung auch kontrolliert über einen Schacht in ein geeignetes Gewässer oder in die Kanalisation erfolgen (Geiger et al., 2009). Die Vor- und Nachteile einer Retentionsraumversickerung sind in der nachfolgenden Tabelle 13 zusammengefasst.

Tabelle 13: Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung

Bewertung der Retentionsraumversickerung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Verbesserung des Kleinklimas durch Dauerstau des Teiches • Relativ geringer Flächenbedarf • Gestaltungselement in Siedlungsgebieten • Gute Reinigungsleistung • Gutes Retentionsvermögen (Geiger et al., 2009) • Ausgleich des anfallenden Schadstoffgehalts in den Zuflüssen (Herzer, 2004) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Grundwasserflurabstand unter der Teichsohle wegen baulicher Ausführung und anschließender Versickerung • Keine großen Hangneigungen möglich • Regelmäßige Wartung (Geiger et al., 2009) • Eingeschränkte Nutzung des Retentionsraumes (Umzäunung notwendig)

3.2.5 Retention und Ableitung von Niederschlagswasserabflüssen

Retention in Speicherkanälen

Durch eine Vergrößerung des Kanalquerschnittes werden Retentionsvolumina bei Kapazitätsengpässen des darunterliegenden Querschnitts erreicht. Speicherkanäle und Speicherbecken können zur Vermeidung von hydraulischen Überlastungen von Niederschlags- und Mischwassersystemen genutzt werden, wobei zusätzlich eine Erhöhung des Weiterleitungswirkungsgrades nach dem ÖWAV Regelblatt 19 (2007) erreicht wird.

Retention auf Straßen und Plätzen

Die Retentionsmaßnahmen werden durch Gräben, die seitlich neben undurchlässigen Flächen angeordnet sind, oder durch vorübergehenden Einstau und geeigneter Ausbildung des Gefälles der Flächen selbst erreicht. Ab einer Einstautiefe von 30 cm sind diese Bereiche durch geeignete Maßnahmen (z. B. Einzäunungen) abzugrenzen, um Kinder vor der Gefahr des Ertrinkens zu schützen.

Ein Teil des gesammelten Wassers versickert bei geeignetem Untergrund vor Ort, wobei der restliche Anteil über einen Überlauf abgeleitet wird. Die Mulde oder der Graben können in Teilabschnitte aufgeteilt werden,

die eine gedrosselte Weiterleitung ermöglichen. Querrippen werden in der Regel als befahrbare Übergänge genutzt. Der Unterbau von Straßenkörpern sollte nicht zur Speicherung dienen, da Probleme mit der Frostsicherheit des Unterbaus möglich sind. Bei einer Retentionsmaßnahme auf Parkplatzflächen wird das anfallende Wasser in einen Kontrollschacht geleitet, der im Notfall Schadstoffe auffängt (VSA, 2002).

Ableitung in ein Oberflächengewässer

Bei einer Einleitung von Niederschlagsabflüssen in ein Fließgewässer sind Anforderungen bezüglich der Gewässerbelastung in hydraulischer und stofflicher Hinsicht einzuhalten. Eine Einleitung von Niederschlagsabflüssen sollte immer verzögert stattfinden (ÖWAV-RB 35, 2003). Zur Einhaltung der Ziele einer naturnahen Niederschlagsbewirtschaftung wird eine Ableitung in ein Fließgewässer mit oberirdischen, offenen Gerinnen empfohlen. Dadurch kann, neben zusätzlichem Retentionsvolumen, eine Verbesserung des Kleinklimas erreicht und zur Gestaltung einer entwässerten Siedlung herangezogen werden. Anforderungen an die Vorbehandlung des Niederschlagsabflusses hängen vorwiegend vom entwässerten Flächentyp ab, die in der folgenden Tabelle 14 aufgezeigt sind.

Tabelle 14: Anforderungen bei Fließgewässereinleitung (ÖWAV-RB 35, 2003)

Flächentyp	Anforderungen
F1 – F3	In der Regel ist keine Behandlung der Niederschlagsabflüsse dieser Flächen vor der Einleitung in ein Fließgewässer erforderlich. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.
F4, F5	Die Niederschlagsabflüsse dieser Flächen sind nach Möglichkeit getrennt zu erfassen und vorzureinigen, bevor sie in ein Fließgewässer eingeleitet werden. Als Mindestanforderung gilt eine mechanische Reinigung (Absetzbecken mit Tauchwand), nach Möglichkeit ist eine Filterpassage vorzusehen. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von weitergehenden Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.

Als einfaches Prüfverhältnis für Siedlungsgebiete wird die Immissionssituation mit dem Verhältnis zwischen den Personen (P), die in dem entwässerten Gebiet leben oder arbeiten, und dem mittleren Gewässerabfluss (MQ (l/s)) ermittelt.

$$\frac{P}{MQ} \geq 10 \text{ (Personen/(l/s))}$$

Bei einem Verhältnis größer als zehn ist eine (weitergehende) Behandlung zu prüfen.

Bei Freilandstraßen ist die Fläche der undurchlässigen, entwässerten Fläche als Kriterium maßgebend. Bei überregionalen Straßenabflüssen ist eine Behandlung unabhängig von der Verkehrsdichte zu prüfen, wenn das Verhältnis der undurchlässigen Fläche (Au (ha)) und dem mittleren Gewässerabfluss (MQ (l/s)) größer als 0,1 ist.

$$\frac{Au}{MQ} \geq 0,1 \text{ (ha/(l/s))}$$

Bei kleineren Werten kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der stofflichen Belastung des Niederschlagsabflusses keine wesentlichen Auswirkungen auf die Biozönose zu erwarten sind (ÖWAV-RB 35, 2003).

Gemäß dem ÖWAV Regelblatt 35 (2003) ist die Anwendung einer Retentionsmaßnahme zu prüfen, wenn die Menge des einjährigen Abflusses von Regenwasserkanälen oder Mischwasserüberläufen 10 bis 50 % vom einjährigen Hochwasserabfluss des betroffenen Vorfluters erreicht.

$$\frac{Q_{e,1}}{HQ1} \geq 0,1 \text{ bis } 0,5$$

Q_{e,1} ... maximaler Niederschlagsabfluss mit einem einjährigen Bemessungsregen

HQ1 ... einjähriger Hochwasserabfluss des Gewässers

Die Höhe des Vergleichswertes ist je nach Wiederbesiedlungspotenzial, Gewässersediment und Breitenvariabilität anzusetzen.

Ableitung in die Kanalisation

Die Ableitung von Niederschlagswässern über das Kanalsystem ist im Stadtgebiet die vorherrschende Bewirtschaftungsmaßnahme.

Vor der Ableitung des Niederschlagswassers in eine bestehende Kanalisation ist deren hydraulische Leistungsfähigkeit nach ÖWAV-RB 11 (2009) bzw. ÖNORM EN 752 (2005) zu überprüfen.

3.2.6 Kosten von NWB-Maßnahmen

In der Tabelle 15 sind die Herstellungs- Betriebskosten und Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen aus der Fachliteratur zusammengefasst. So führte beispielsweise Hamacher (2000) im Auftrag der ATV (Abwassertechnische Vereinigung) in der Bundesrepublik Deutschland eine Befragung in 180 Städten und Gemeinden über Herstellungs- und Betriebskosten unterschiedlicher Versickerungssysteme durch.

Die Herstellungskosten für oberirdische NWB-Maßnahmen sind generell kostengünstiger als unterirdische NWB-Maßnahmen, wobei die nachträgliche Herstellung kostenintensiver ist. Die Herstellungskosten schwanken zudem aufgrund des verwendeten Herstellungsmaterials.

Die Betriebskosten setzen sich aus der Wartung und Instandhaltung der NWB-Maßnahmen zusammen. Dazu zählen beispielsweise die Mahd, die gärtnerische Pflege, das Spülen von Rigolen, die Inspektion sowie die Entfernung von Laub und Störstoffen.

Die Nutzungsdauern der verschiedenen NWB-Maßnahmen weisen in der Fachliteratur große Schwankungsbreiten auf. Laut DWA (2012) sollte für die durchschnittliche Nutzungsdauer von Versickerungssystemen zwischen 20 und 30 Jahren angesetzt werden.

Tabelle 15: Zusammenstellung der in der Literatur angegebenen Herstellungs- und Betriebskosten sowie der Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen modifiziert nach Gantner (2002)

Herstellungs- Betriebskosten und Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen			
NWB-Maßnahme	Herstellungskosten	Betriebskosten	Nutzungsdauer
Flächenversickerung	2,50 bis 37 €/m ² A _{red} (A _{red} = abflusswirksame Fläche) bzw. 15 bis 25 €/m ²	0,05 bis 0,15 €/(m ² A _{red} ·a) bzw. 0,25 bis 1,75 €/(m ² ·a)	20 bis 80 Jahre
Muldenversickerung	1,30 bis 7,50 €/m ² A _{red} bzw. 19 bis 45 €/m ²		
Rigolen-/Rohr-Rigolenversickerung	1,25 bis 12 €/m ² A _{red} bzw. 80 bis 240 €/m ³ bzw. 27 bis 200 €/lfd.m	10 bis 25 €/(lfd.m·a)	20 bis 40 Jahre

Herstellungs- Betriebskosten und Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen			
NWB-Maßnahme	Herstellungskosten	Betriebskosten	Nutzungsdauer
Mulden-Rigolen-Versickerung unvernetzt vernetzt	12,50 bis 17,50 €/m ² A _{red} 12,50 bis 27,50 €/m ² A _{red} bzw. 211 bis 250 €/m ³ bzw. 150 bis 250 €/lfd.m	15 €/(lfd.m·a) (Rigole) + 0,50 €/(m·a) (Mulde)	15 bis 40 Jahre
Versickerungsschacht	200 bis 1.250 €/aufst.m bzw. 10 bis 20 €/m ² A _{red} bzw. 1.000 bis 2.000 €/Stück	0,50 bis 0,75 €/(m·a)	bis 60 Jahre
Dachbegrünung Intensiv, extensiv	95 €/m ² , 12,50 bis 50 €/m ²	0,50 bis 5,00 €/(m·a)	bis 40 Jahre
Regenwassernutzungsanlage	400 bis 900 €/m ³ Speicher bzw. 4.000 bis 5.000 € (4- Personen-Standardhaus) bzw. 23 bis 50 €/m ² A _{red}	75 bis 150 €/a (Standardhaus) bzw. 0,75 €/(m ² A _{red} ·a)	20 bis 75 Jahre

Für die Retentionsmaßnahmen variieren die Herstellungskosten in Abhängigkeit deren baulichen Ausführung und des erforderlichen Nutzungsvolumens. Mit zunehmenden Nutzungsvolumen verringern sich die spezifischen Herstellungskosten €/m³ (siehe Abbildung 5).

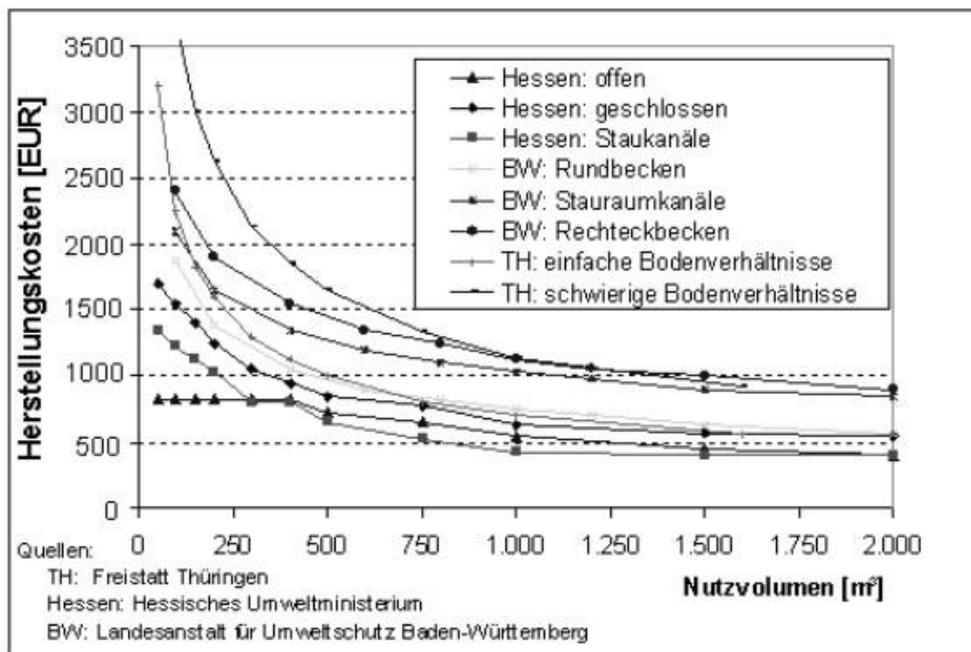


Abbildung 5: Kosten für Mischwasserbecken und Stauraumkanäle nach verschiedenen Quellen: HMU, 1995, LFU BW 1998, Freistaat Thüringen 1996, (www.Sieker.de)

3.3 Methodik für die Auswahl von NWB-Maßnahmen

Die Auswahl von Bewirtschaftungsmaßnahmen hängt vorwiegend von naturräumlichen und nutzungsbezogenen Einflussfaktoren wie den Siedlungsfaktoren, wasserwirtschaftlichen Faktoren und den geogenen Faktoren des jeweiligen Standortes ab (siehe Tabelle 16).

Tabelle 16: Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (modifiziert nach Sieker et al., 2003)

Einflussfaktoren auf NWB-Maßnahmen	
Siedlungsfaktoren	Flächentyp/-nutzung (ÖWAV-RB 35 und 45) Flächenverfügbarkeit
Wasserwirtschaftliche Faktoren	Grundwasserschutzzonen Grundwasserflurabstand
Geogene Faktoren	Altlastenverdachtsfälle Hangneigung Durchlässigkeit des anstehenden Bodens Unterkante der bindigen Deckschicht

3.3.1 Einflussfaktoren auf die Auswahl von NWB-Maßnahmen

3.3.1.1 Siedlungsstrukturelle Faktoren

Flächentyp/-nutzung

Die Anforderungen für Versickerungsmaßnahmen in Abhängigkeit der Niederschlagswasserqualität (Flächentyp) sind im ÖWAV-RB 35 (2003) bzw. ÖWAV-RB 45 (Entwurf 2014) geregelt.

Flächenverfügbarkeit

Die Ermittlung der erforderlichen Versickerungsfläche, bzw. des erforderlichen Flächenbedarfs, erfolgt gemäß ÖNORM B 2506-1 (2013) bzw. DWA-A 138 (2005).

In Neubaugebieten können bereits im Planungsprozess Flächen für mögliche NWB-Maßnahmen freigehalten werden. In Bestandsgebieten hingegen ist deren Umsetzung aufgrund der eingeschränkten Flächenverfügbarkeit, je nach Bebauungsstruktur, zumeist relativ schwierig.

In Abhängigkeit der Bebauungsstruktur werden, in Anlehnung an Bente (2001), folgende NWB-Maßnahmen vorgeschlagen (siehe Tabelle 17):

Tabelle 17: Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bebauungsstruktur (in Anlehnung an Bente, 2001)

Bebauungsstruktur			
Strukturtyp	Beschreibung	NWB-Maßnahmen	VG
Stadtzentrum	Stark verdichteter Kernstadtbereich, meist mehrstöckige geschlossene Blockrandbebauung.	Dachbegrünungen oder zentrale unterirdische Rückhaltemaßnahmen können zur Retention beitragen. Nutzung oder Versickerung in Innenbereichen der Blockrandbauten dienen als Flächen mit multipler Nutzung.	0,9-1,0
Innerstädtische Wohn- und Mischbebauung	Nahe dem Stadtzentrum gelegene geschlossene Blockrandbebauungen, teilweise Gewerbenutzung, großräumige Parkflächen in den Innenhöfen.	Beengte Platzverhältnisse der Innenhöfe erschweren die Anwendung von Retentions- oder Versickerungsmaßnahmen; kleinere Einzelmaßnahmen durch Dachbegrünungen oder Entsiegelung von Flächen sind möglich.	0,7-1,0

Bebauungsstruktur			
Strukturtyp	Beschreibung	NWB-Maßnahmen	VG
Innerstädtische Wohngebiete	In offener (Zeilenbauweise) oder geschlossener Bebauung, Innenhöfe werden meist zur Gartennutzung herangezogen.	Örtliche Einzelmaßnahmen können je nach Beschaffenheit des Untergrundes durchgeführt werden. Durch Entsiegelungsmaßnahmen kann ein hohes Potenzial an Freiflächen gewonnen werden.	0,5-0,8
Reihenhausgebiete	Durch offene oder halboffene Blockrandbauten mit ausschließlicher Wohnnutzung gekennzeichnet. Die Wohngebäude besitzen große Gartenanteile und Freiflächen.	Es können dezentrale Bewirtschaftungsmaßnahmen durch Versickerungs- und Entsiegelungsanlagen durchgeführt werden. Auch die Regenwassernutzung durch Zisternen oder Tonnen kommt zur Anwendung.	0,2-0,4
Geschoßwohnungsbau	Charakterisiert durch freistehende Großgebäude mit hoher Bewohnerdichte und einem hohen Anteil an ungenutzten Grünflächen.	Versickerungs- und Retentionsräume können durch Freiraumgestaltung in die Wohnbauanlage eingegliedert werden. Bei schlechter Bodenbeschaffenheit können auch grundstückübergreifende Lösungen herangezogen werden.	0,2-0,3
Freistehende Einfamilienhäuser	Offene Bauweise mit großzügigen Freiflächen und hohem Gartenanteilen.	Geeignet für alle Arten der Regenwasserbewirtschaftung bei geeigneten Bodenverhältnissen.	0,1-0,2
Sondernutzungen	Flächen für ruhenden und Anlagen für öffentlichen Verkehr, Freianlagen, Krankenhäuser oder Sondernutzungen sind durch großvolumige Einzelbauten mit meist großem Anteil an Freiflächen gekennzeichnet.	Durch Entsiegelungsmaßnahmen der Freiflächen können Versickerungs- bzw. Retentionsmaßnahmen ausgeführt werden. Die Qualität der entwässerten Flächen regelt eine notwendige Vorbehandlung.	< 0,6
Gewerbegebiete	Große versiegelte Flächen mit Nutzung als Lagerfläche, Parkplatz.	Bei Gefahr einer Verunreinigung ist eine gezielte Sammlung mit anschließender Vorbehandlung einzuplanen.	0,8-0,9
Neubaugebiete	Je nach Lage und Nutzung des Baugebiets kommen meist großzügige Freiflächen vor.	Die Bewirtschaftungsmaßnahmen sind schon früh in die Planung mit einzubeziehen und dienen des Weiteren als Gestaltungselement.	-

VG ... Versiegelungsgrad

3.3.1.2 Wasserwirtschaftliche Faktoren

Grundwasserschutzgebiete

Grundwasserschutzgebiete werden in die Schutzzonen I und II gegliedert:

- Schutzzone I umfasst das unmittelbare Einzugsgebiet der Wasserfassung
- Schutzzone II das Mindestschutzgebiet, welches vor anthropogenem Einfluss und mikrobieller Verunreinigung zu schützen ist. Diese Schutzzone wird durch einen Bereich definiert, der eine Zuströmdauer von 60 Tagen umfasst.

Innerhalb dieser Gebiete sind bestimmte Maßnahmen verboten, die auch mittels Bescheiden im Wasserbuch eingetragen werden, wie z. B.:

- Verbot der Grabungen über bestimmte Tiefen
- Verbot der Versickerung und Verrieselung (oberflächennahe Verbringung von Niederschlagswässern) von Oberflächenwasser aus Verkehrs-, Abstell-, Manipulations- und Lagerflächen
- Verbot der Versickerung von Dachwässern über Sickerschächte

In Grundwasserschongebieten (Schutzzone III), welche in engere (III A) und weitere (III B) Schongebiete geteilt werden, ist ein Schutz vor schwer oder nicht abbaubaren Schadstoffen zu gewährleisten.

Innerhalb dieser Bereiche ist eine Versickerung möglich, aber es können Bewilligungs- und Anzeigepflichten bestehen, die z. B. für Grabungen tiefer als 3 m oder die Errichtung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern von Verkehrsflächen betreffen.

Des Weiteren ist durch Versickerungsmaßnahmen eine Beeinträchtigung der Wasserqualität von Hausbrunnen und Quellen zu vermeiden.

Zusammenfassend sind die Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen in der nachfolgenden Tabelle 18 dargestellt.

Tabelle 18: Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen

Wasserschutzzonen		
Zone	Definition	Versickerung
Schutzzone I	Direkter Fassungsbereich	Verboten
Schutzzone II	Bereich mit Fließzeit von 60 Tagen bis zur Fassung	Verboten
Schutzzone III A	Engeres Schongebiet	Mit wasserrechtlicher Bewilligung zulässig
Schutzzone III B	Weiteres Schongebiet	Mit wasserrechtlicher Bewilligung zulässig
Außerhalb der Schutzzonen	-	Je nach Nutzung der entwässerten Fläche mit Vorreinigung zulässig
	Nicht bewilligungspflichtiger Hausbrunnen	Eine Beeinflussung der Qualität darf nicht erfolgen

Grundwasserflurabstand

Um eine ausreichende Sickerstrecke und damit verbundene Reinigungsleistung zu gewährleisten, ist der Abstand zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem Grundwasserspiegel entscheidend (DWA-A 138, 2005).

Die Anforderungen an die Mächtigkeit des Grundwasserflurabstands sind je nach Regelwerk unterschiedlich geregelt:

- Gemäß ÖWAV Regelblatt 35 (2003) muss die Mächtigkeit des Sickerraums zwischen der Sohle des Versickerungsbauwerks und dem Grundwasserspiegel mind. 1,5 m betragen, ausgenommen sind dabei seltene Extremereignisse.
- Nach ÖNORM B 2506-1 (2013) muss die Mächtigkeit von natürlich gewachsenem Boden vom tiefsten Punkt der Sickeranlage bis zum höchsten maßgebenden Grundwasserspiegel (von Behörde oder Planer festgelegt – meist höchstmöglicher GW-Stand) mind. 1,0 m betragen. Dieser ist von der Sickergeschwindigkeit und Anforderung an den Grundwasserschutz abhängig. Kann dieser Abstand nicht eingehalten werden, ist die Zulässigkeit bzw. die Art der Versickerung bei der Behörde zu erfragen.
- Nach DWA-A 138 (2005) sollte die Sickerstrecke bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand mind. 1,0 m betragen. Jedoch kann bei unbedenklichen Niederschlagsabflüssen der Sickerraum verringert werden.
- In DWA-A 138 (2005) ist zusätzlich vermerkt, dass speziell bei Schachtversickerungen die Mächtigkeit der Sickerstrecke bis zum mittleren höchsten Grundwasserspiegel mind. 1,5 m betragen muss.

3.3.1.3 Geogene Faktoren

Altlasten

Zum Schutz des Grundwassers ist eine Versickerungsmaßnahme im Bereich von kontaminierten Standorten nicht zulässig. Wegen der Gefahr einer Remobilisierung der Schadstoffe oberhalb des Grundwasserspiegels muss die Bewirtschaftungsmethode durch konstruktive Maßnahmen zum anstehenden Untergrund abgedichtet werden (Sieker, et al., 2003).

Hangneigung

Bei ungünstigen Bodenverhältnissen können eingeleitete Sickerwässer Hangvernässungen, Rutschungen oder auch Quellaustritte durch Schichtenwasser verursachen (Dachroth, 2002).

Bei der Anwendung von oberirdischen NWB-Maßnahmen ist folgendes zu berücksichtigen:

- Mit zunehmender Hangneigung nimmt das Speichervolumen ab, was durch konstruktive Grenzen von Muldentiefen und Böschungswinkel vorgegeben ist.
- Mit zunehmender Hangneigung nehmen die bautechnischen Anforderungen (Kaskadenausbildung) und damit verbundenen Kosten zu.
- Bei starker Hangneigung ist eine kaskadenförmige oder hangparallele Anordnung erforderlich, um die Sohlspannungen und daraus resultierenden Erosionen zu reduzieren.
- Für Überläufe oder Drosselabflüsse kann vorhandenes freies Gefälle ausgenutzt werden.

Die Anwendung von unterirdischen Bewirtschaftungen bleibt von der Hangneigung, unter Voraussetzung der konstruktiven Durchführbarkeit, unbeeinflusst. Hingegen erfordern oberirdische Niederschlagsbewirtschaftungsmaßnahmen (siehe Tabelle 19) eine Gliederung lt. Stecker et al., (1996) in folgende Hangneigungsklassen:

Tabelle 19: Ausführungshinweise für oberirdische Versickerungsanlagen in Hanglage (in Anlehnung an Stecker et al., 1996)

Klassifikation der Hangneigung		
Bereich	Bezeichnung	Auswirkung auf NWB-Maßnahme
0 – 2 %	flach geneigt	Bau der Anlage ohne Einschränkungen
2 – 8 %	mäßig geneigt	Länge der Anlage in Richtung der Hangneigung mit 3 und 10 m begrenzt
8 – 14 %	stark geneigt	Bau der Anlage nur noch hangparallel möglich
> 14 %	steil geneigt	Bau der Anlagen nur mit besonderen Maßnahmen

Bodenbeschaffenheit

Die Beschaffenheit des Untergrundes beeinflusst maßgeblich die Anwendbarkeit der Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen und den notwendigen Flächenbedarf der Anlagen. Je nach Kornzusammensetzung von Sand, Schluff oder Ton variiert die Versickerungsfähigkeit des Bodens.

Bei Durchlässigkeitsbeiwerten größer als $1 \cdot 10^{-3}$ m/s ist die Reinigung durch chemische und biologische Vorgänge aufgrund der geringen Aufenthaltszeit im Boden nicht gegeben. Hingegen können Niederschlagswässer bei kleineren kf-Werten als $1 \cdot 10^{-6}$ m/s schwer versickern, was einen langen Einstau von Versickerungsanlagen zur Folge hat. Dadurch können anaerobe Verhältnisse in der ungesättigten Zone entstehen, die das Umwandlungsvermögen ungünstig beeinflussen (DWA-A 138, 2005). In Tabelle 20 werden mögliche NWB-Maßnahmen unter Berücksichtigung der Versickerungsfähigkeit des Bodens vorgeschlagen.

Tabelle 20: Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit

Klassifizierung der Versickerungsfähigkeit			
Bezeichnung nach (Sieker et al., 2003)	Definition der Durchlässigkeit nach DIN 18130-1 (Prinz und Strauß, 2011)	Durchlässigkeit von Lockergesteinen (Prinz und Strauß, 2011)	Entwässerungsstrategie
-	Sehr stark durchlässig	$> 10^{-2}$ m/s	Für Versickerung nicht geeignet - Grundwasserschutz
Hohe Infiltrationsrate	Stark durchlässig	$10^{-4} - 10^{-2}$ m/s	V
Mittlere Infiltrationsrate	Durchlässig	$10^{-6} - 10^{-4}$ m/s	V+R
Geringe Infiltrationsrate	Schwach durchlässig	$10^{-8} - 10^{-6}$ m/s	V+R+(A)
Sehr geringe Infiltrationsrate	Sehr schwach durchlässig	$< 1 \cdot 10^{-8}$ m/s	R+A (Versickerung aufgrund der langen Einstauzeit nicht möglich)
Legende: V – Versickerung und Vermeidung des Abflusses; R – Retention; A – Ableitung			

Mächtigkeit der bindigen Deckschichten

Die bindigen Deckschichten bilden aufgrund ihrer starken Undurchlässigkeit eine natürliche Schutzschicht für das Grundwasser, welche Fremdstoffe des Niederschlagswassers beim Versickerungsprozess herausfiltert. Je nach örtlichen Gegebenheiten variiert die Mächtigkeit zwischen einem Meter und mehreren Zehnermetern, wodurch die Auswahl von Bewirtschaftungsmethoden eingeschränkt wird.

Die Einteilung der folgenden Tabelle 21 wurde in Anlehnung an die Kartenerstellung für natürliche Versickerungsmöglichkeiten für die Stadt Dresden erstellt (Fuhrmann, 2001):

Tabelle 21: Einsatzbereiche von NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Deckschichtenstärke (in Anlehnung an Fuhrmann 2001)

Stärke der bindigen Deckschicht		
Bindige Deckschicht über quartärem Grundwasserleiter	Systeme	Bemerkung
< 1,0 m	Flächenversickerung, Muldenversickerung	Ein Bodenaustausch kann bei sehr schwach durchlässigen Schichten durchgeführt werden
1,0 - 2,0 m	Mulden-Rigolversickerung, Retentionsraumversickerung, Rigolen	Geringe Ausführungstiefe der Sickergräben begrenzen die Anwendungsmöglichkeit
2,0 - 4,0 m	Beckenversickerung, Rigol-Rohrversickerungen	Aufgrund der großen Ausführungstiefe kann ein lokaler Bodenaustausch stattfinden
> 4,0 m	Schachtversickerung	Ein lokales Durchteufen der undurchlässigen Schicht kann auch bei großer Mächtigkeit sinnvoll sein (Vorreinigung ist evt. erforderlich)
Unabhängig bzw. Bereiche außerhalb des quartären Grundwasserleiters	Retentionsanlagen mit anschließender Ableitung (z. B. Mulden-Rigolen-Systeme)	Bindige Bedeckung auf Festgestein, lokale versickerungsfähige Einschaltungen

3.3.2 Entscheidungsmatrix

Die Auswahl möglicher NWB-Maßnahmen kann unter Zuhilfenahme einer Entscheidungsmatrix, in welcher die möglichen Einflussfaktoren d.h. die siedlungsstrukturellen, wasserwirtschaftlichen und geogenen Faktoren aufgelistet werden, erfolgen. Als erster Schritt sind die standortbezogenen Faktoren zu erheben und beispielsweise abzuklären welchen Verschmutzungsgrad die betrachten Niederschlagswässer aufweisen, ob Altlasten vorhanden sind oder wie groß der Grundwasserflurabstand ist. Im nächsten Schritt wird festgehalten, welche NWB-Maßnahmen bei den gegebenen standortbezogenen Faktoren zulässig sind. Dabei werden alle Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet. Schließt auch nur ein Einflussfaktor die Umsetzung einer NWB-Maßnahme aus, ist diese Maßnahme nicht anwendbar (siehe Tabelle 22).

Tabelle 22: Entscheidungsmatrix für die Auswahl von NWB-Maßnahmen (reduzierte Darstellung – nur Versickerung betrachtet). In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte werden die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet.

Einflussfaktoren		NWB-Maßnahmen - Versickerung				
Generelle	Standortbezogene	FV	MV	RV	SV	MR
Flächentyp lt. ÖWAV-RB 35 / 45						
Altlasten						
Grundwasserschutzzone						
Hangrutschgefährdung						
Durchlässigkeit des anstehenden Bodens						
Geländeneigung [%]						
Grundwasserflurabstand bis GOK [m]						
Mächtigkeit der bindigen Deckschicht						
Vorhandene Versickerungsfläche ≥ erforderliche Versickerungsfläche						
Mögliche Bewirtschaftungsmaßnahme						
FV ... Flächenversickerung, MV ... Muldenversickerung, RV ... Rigolen- oder Rohrversickerung, SV ... Schachtversickerung MR ... Muldenrigolenversickerung						

Um die praktische Anwendung der Entscheidungsmatrix darzustellen wird diese im Folgenden anhand eines Fallbeispiels, es soll das Niederschlagswasser von normal verschmutzten Dachflächen zur Versickerung gelangen, erläutert (siehe Tabelle 23).

Im Projektgebiet sind keine Altlasten vorhanden, es befindet sich außerhalb der Grundwasserschutzzone, es ist ein ebenes Gelände, die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens beträgt $k_f = 1,0 \times 10^{-5}$, der Grundwasserflurabstand beträgt mehr als 5 m und die bindige Deckschicht beträgt 1,5 m. Es handelt sich um ein dicht besiedeltes Gebiet mit geringen Freiflächen.

Diese Gegebenheiten werden nun in der Entscheidungsmatrix den geplanten NWB-Maßnahmen gegenübergestellt und folgendermaßen bewertet.

- 0 – Die Maßnahme ist aufgrund der vorhandenen Randbedingungen nicht geeignet – die Maßnahme ist daher auszuschließen.
- 1 – Die Maßnahme wird als geeignet eingestuft.

Im konkreten Beispiel zeigte sich, dass die Umsetzung einer Rigolen- Rohrversickerung, Schachtversickerung oder Muldenrigolenversickerung möglich wäre. Eine Flächen- und Muldenversickerung ist hingegen auszuschließen.

Tabelle 23: Anwendungsbeispiel der Entscheidungsmatrix. In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte sind die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und mit 0 - Maßnahme ist nicht geeignet oder 1 - Maßnahme ist geeignet, bewertet. In der vorletzten Zeile sind die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgewiesen.

Einflussfaktoren		NWB-Maßnahmen - Versickerung				
Generelle	Standortbezogene	FV	MV	RV	SV	MR
Flächentyp lt. ÖWAV-RB 35 / 45	F1	1	1	1	1	1
Alllasten	nein	1	1	1	1	1
Grundwasserschutzzonen	Außerhalb Schutzzone	1	1	1	1	1
Hangrutschgefährdung	Keine bis mäßige	1	1	1	1	1
Durchlässigkeit des anstehenden Bodens	$1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$	0	1	1	1	1
Geländeneigung [%]	0 – 2 %	1	1	1	1	1
Grundwasserflurabstand bis GOK [m]	> 3,0 m	1	1	1	1	1
Mächtigkeit der bindigen Deckschicht	1,0 – 2,0 m	0	0	1	1	1
Vorhandene Versickerungsfläche ≥ erforderliche Versickerungsfläche		0	0	1	1	1
Mögliche Bewirtschaftungsmaßnahme		NEIN	NEIN	JA	JA	JA
FV ... Flächenversickerung, MV ... Muldenversickerung, RV ... Rigolen- oder Rohrversickerung, SV ... Schachtversickerung MR ... Muldenrigolenversickerung						

3.3.3 Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte / Maßnahmenkatalog

Werden die standortbezogenen Ergebnisse der Matrix georeferenziert in eine Karte übertragen, kann eine Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte (Abbildung 6) erstellt werden. Diese ermöglicht eine Beurteilung, in welchen Bereichen welche Maßnahmen sinnvoll umgesetzt werden können. In der Detailplanung sollte für die Auswahl der geeigneten NWB-Maßnahme(n) ein Kostenvergleich unter Einbeziehung der Investitions-, Betriebskosten und der Nutzungsdauer erfolgen.

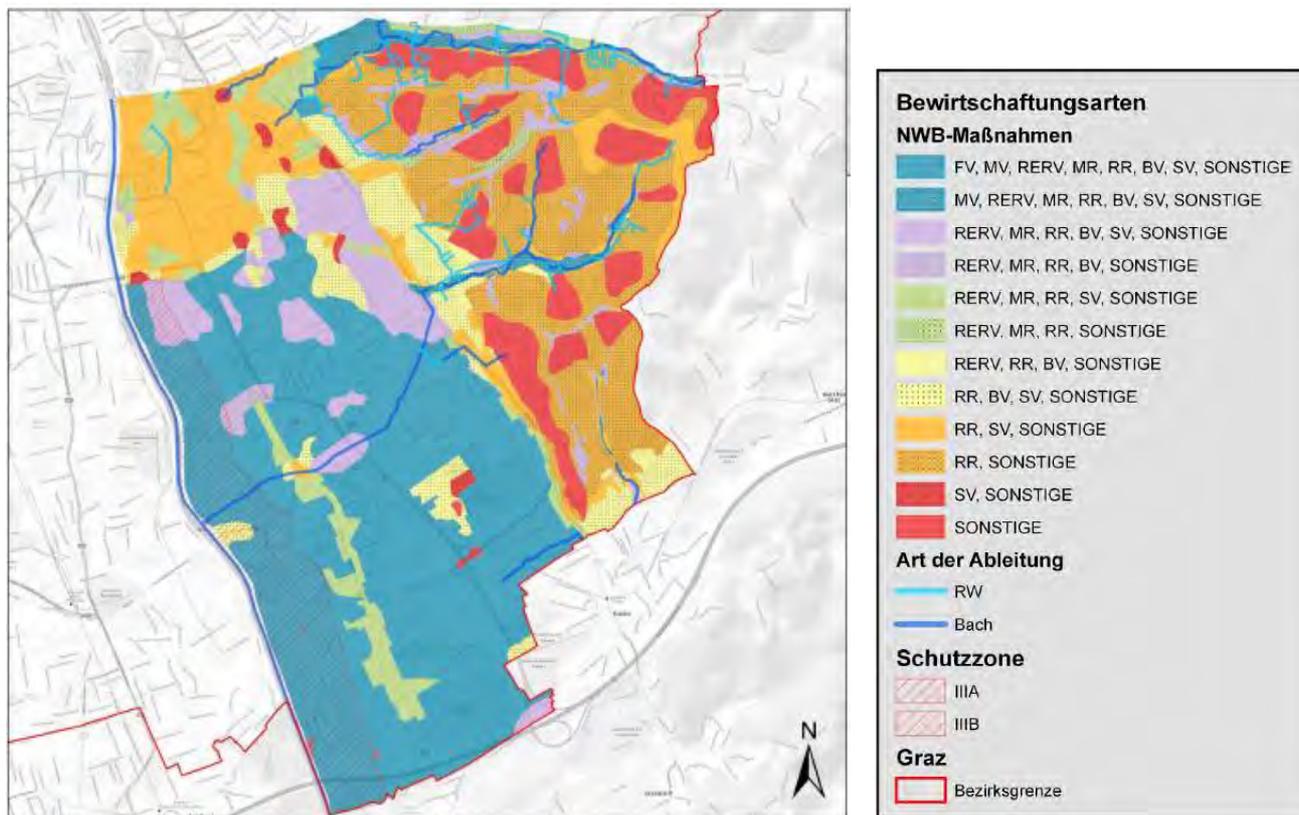


Abbildung 6: Beispielhafte Darstellung einer NWB-Maßnahmenkarte für ein Teilgebiet in Graz

4 Strategien für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen

4.1 Neubaugebiete

In Neubaugebieten können von Behördenseite im Rahmen der Erteilung von Baugenehmigungen NWB-Maßnahmen vorgeschrieben werden, sodass eine effiziente Umsetzung in Bezug auf Kosten und Akzeptanz möglich ist. In Bestandsgebieten bedarf es anderer Strategien. Als Hilfestellung für die Auswahl geeigneter NWB-Maßnahmen können die Betrachtung der Vor- und Nachteile der einzelnen Maßnahmen (siehe Kapitel 3.2) und die Entscheidungsmatrix (siehe Kapitel 3.3) herangezogen werden.

4.2 Bestandsgebiete

4.2.1 Methodik für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen

Anlass für die Anwendung von NWB-Maßnahmen im Bestand sind zumeist Defizite im Entwässerungssystem (Überstauereignisse, hydraulische Engpässe, Nichteinhaltung des erforderlichen Weiterleitungswirkungsgrad). Vor der Umsetzung von NWB-Maßnahmen ist es sinnvoll, zunächst mögliche Abkoppelungspotenziale mittels einer Bestandsanalyse festzustellen. Die Effektivität der Maßnahmen sollte unter Berücksichtigung der Umsetzungsbereitschaft der Grundstückseigentümer überprüft werden. Hierfür können Simulationswerkzeuge einen wertvollen Beitrag leisten. Im Rahmen der Simulationsstudie kann darüber hinaus geklärt werden, ob NWB-Maßnahmen alleine ausreichen oder Maßnahmenpakete erforderlich sind. Abschließend sollten die identifizierten Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete auf Basis einer Kosten-Nutzen-Analyse bewertet werden. In Abbildung 7 ist der vorgeschlagene Planungsablauf bestehend aus der Defizit-, Bestandsanalyse, der Analyse der Realisierbarkeit und der Kosten-Nutzen-Analysen dargestellt. Auf die einzelnen Schritte wird im Folgenden noch detailliert eingegangen.

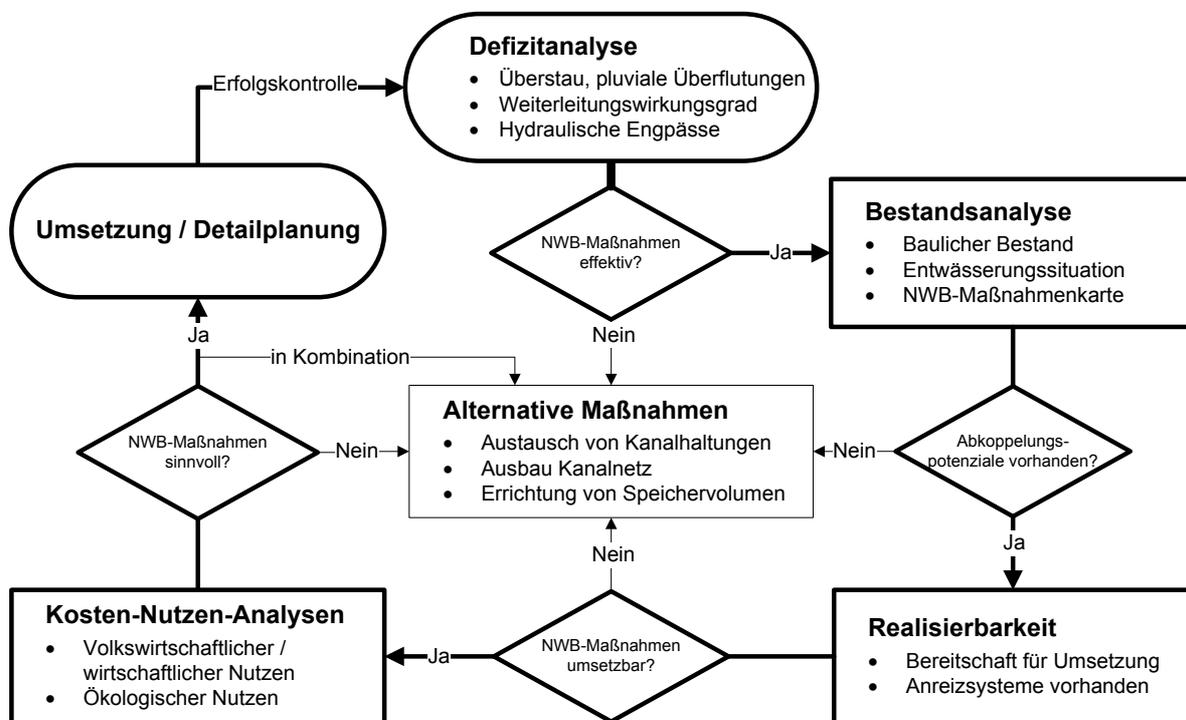


Abbildung 7: Schematischer Ablauf bei der Planung/Umsetzung von NWB-Maßnahmen im Bestand. Beginnend mit der Defizitanalyse gestaltet sich der Planungsablauf je nach Beantwortung der in den Rauten angeführten Fragestellungen.

4.2.1.1 Defizitanalyse

Zu Beginn sollte überprüft werden, ob mit dezentralen NWB-Maßnahmen alleine oder in Kombination mit alternativen Maßnahmen (z. B. Vergrößerung der Kanalquerschnitte, Errichtung von Speichervolumen) dem vorherrschenden Defizit im Entwässerungssystem überhaupt entgegengewirkt werden kann. Defizite im Entwässerungssystem können z. B. pluviale Überflutungen, hydraulische Engpässe, zu hohe Entlastungsmengen(frachten) bzw. die Nichteinhaltung des Weiterleitungswirkungsgrades nach ÖWAV-RB 19 (2007) sein.

4.2.1.2 Bestandsanalyse

Werden in der Defizitanalyse NWB-Maßnahmen als zielführend identifiziert, sollte eine Bestandsanalyse folgen. Ziel der Bestandsanalyse ist es, das mögliche Abkoppelungspotenzial zu eruieren. Dazu muss im Projektgebiet die Entwässerung der befestigten Flächen bekannt sein. Eine Erhebung der IST-Situation kann beispielsweise mittels einer Bürgerbefragung oder Ortsbegehung erfolgen. Unter Berücksichtigung von siedlungsstrukturellen, wasserwirtschaftlichen und geogenen Faktoren und den erhobenen Daten kann schließlich das Abkoppelungspotenzial abgeschätzt werden.

4.2.1.3 Realisierbarkeit

In Bestandsgebieten ist die Realisierbarkeit der identifizierten dezentralen NWB-Maßnahmen und Maßnahmenpakete von der Umsetzungsbereitschaft der Bewohner/innen abhängig, denn ein nachträglicher behördlicher Eingriff (Vorschreibung zur Abkoppelung) gestaltet sich schwierig. Um die Umsetzungsbereitschaft zu erhöhen, sind Anreizsysteme wie getrennte Kanalbenutzungsgebühren oder Förderungen sinnvoll. Die Anreizsysteme werden in Kapitel 5 ausführlich dargestellt.

4.2.1.4 Kosten-Nutzen-Analysen

Mittels Simulationsstudie können mögliche Maßnahmen/Maßnahmenpakete oder alternative Maßnahmen identifiziert und deren Nutzen analysiert werden. In einer anschließenden Kostenanalyse z. B. mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen nach den Leitlinien der DWA (2012) können diese über einen längeren Betrachtungszeitraum miteinander verglichen und **ökonomisch** bewertet werden.

Um die Entscheidung über die Auswahl einzelner NWB-Maßnahmen, alternativer Maßnahmen (z. B.: Vergrößerung des Kanalquerschnitts, Errichtung von Speichervolumen) bzw. Maßnahmenpakete zu erleichtern, können neben ökonomischen Kriterien auch zusätzliche **ökologische** Kriterien wie z. B. die:

- Grundwasseranreicherung,
- Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen zur Kläranlage,
- Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung,
- Steigerung der Verdunstungsraten (Verbesserung des Mikroklimas, Vermeidung von städtischen Hitzeinseln im Sommer) und die
- allgemeine optische Aufwertung des Stadtbildes

herangezogen und je nach ökologischen Zielen untereinander noch gewichtet werden.

Bei den nachfolgenden Fallbeispielen wurden beispielhaft die ökonomischen und ökologischen Kriterien jeweils mit 50 % gewichtet. Bei der ökologischen Bewertung wurden die Kriterien Steigerung der Verdunstungsrate, Reduktion des Trinkwasserverbrauchs und allgemeine optische Aufwertung des Stadtbildes jeweils mit 5 %, die Grundwasseranreicherung mit 15 % und die Reduktion der Entlastungsmengen bzw. der Zuflussmengen zur Kläranlage mit 20 % gewichtet (siehe Tabelle 24).

Die Bewertung der Varianten erfolgte im Rahmen einer Kriterien-Matrix im Schulnotensystem. Bei der ökonomischen Bewertung erhält die kostengünstigste einen und die teuerste Variante (bzw. mit dem größten Kostenunterschied) fünf Punkte. Bei der ökologischen Betrachtung wurde eine mögliche ökologische Verbesserung der Ist-Situation durch die Umsetzung der identifizierten Maßnahmen bewertet. Jene Maßnahme bzw. Variante mit der geringsten Gesamtpunkteanzahl wäre unter Berücksichtigung ökonomischer und ökologischer Aspekte letztendlich zu bevorzugen.

Tabelle 24: Beispielhafte Kriterien-Matrix für die ökologische und ökonomische Gesamtbewertung von NWB-Maßnahmen mit Gewichtung der einzelnen Kriterien.

Bewertungskriterien		Bewertungsmaßstab	Gewichtung [%]	
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	1 = günstigste Variante, 2 = geringer, 3 = mittlerer, 4 = hoher, 5 = sehr hoher Kostenunterschied	50%	
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	1 = sehr hohe, 2 = hohe, 3 = mittlere, 4 = geringe, 5 = keine Verbesserung gegenüber dem Bestand	5%	50%
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)		15%	
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage		20%	
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung		5%	
	Optische Aufwertung des Stadtbildes		5%	

5 Anreizsysteme für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen

Anreizsysteme sind ein wichtiger Bestandteil um die Umsetzungsbereitschaft der von allfälligen NWB-Maßnahmen betroffenen Bewohner/innen zu erhöhen. Zwei mögliche Anreizsysteme, das Abwassergebührensplitting und die Fördermöglichkeit durch den Kanalbetreiber, werden im Folgenden näher dargestellt.

5.1 Getrennte Kanalbenützungsgebühren „Abwassergebührensplitting“

In Österreich werden die Kanalbenützungsgebühren zum überwiegend Anteil auf Basis des Wasserverbrauchs (= dem sogenannte Frischwassermaßstab, siehe Abbildung 8) verrechnet. Hierbei wird die Menge des verbrauchten Frischwassers als Bemessungsgrundlage herangezogen. Erfolgt die Entsorgung der Abwässer über einen reinen Schmutzwasserkanal so entspricht dieses Gebührenmodell weitestgehend der Wirklichkeit, ist daher verursachergerecht und folgt so den europarechtlichen und nationalen Vorgaben (siehe auch Kapitel 2).

	Wasser- verbrauch	Wasserverbrauch + Grundgebühr	Berechnungs- fläche	Berechnungs- fläche + Pauschalen	Mischvarianten (Verbrauch + Flächen + Pauschalen)	Pauschalmodelle (WC, Personen, Grundgeb.)
Burgenland	4%	3%	50%	20%	12%	10%
Kärnten	17%	53%	11%	1%	17%	1%
Niederösterreich	0%	0%	99%	0%	0%	1%
Oberösterreich	56%	24%	1%	2%	4%	14%
Salzburg	95%	5%	0%	0%	0%	0%
Steiermark	19%	16%	4%	16%	8%	37%
Tirol	97%	1%	0%	0%	0%	1%
Vorarlberg	87%	9%	1%	0%	1%	2%
Wien	100%	0%	0%	0%	0%	0%
Österreich	40%	12%	29%	4%	4%	11%

Abbildung 8: Abwassergebühren in Österreich – Verteilung nach Anzahl der Gemeinden im Bundesland (BMLFUW, 2012)

In Abbildung 9 ist jedoch zu erkennen, dass in Österreich die Abwasserentsorgung vorwiegend über Trenn- und Mischwassersysteme erfolgt.

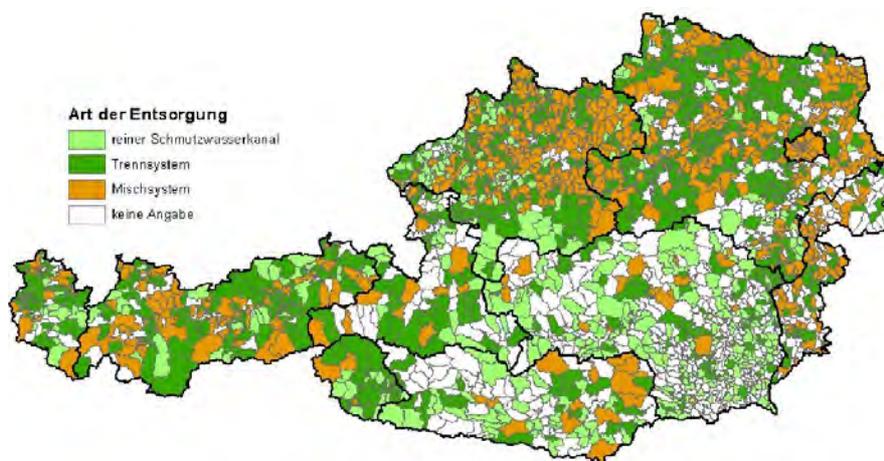


Abbildung 9: Kanalsysteme in Österreich (BMLFUW, 2012)

Die Anwendung eines alleinigen Frischwassermaßstabes bei diesen beiden Entwässerungssystemen ist zu hinterfragen, denn die Kosten für die Sammlung und Behandlung von Niederschlagswasser sind beim Frischwassermaßstab pauschal enthalten. Dies bedeutet, der Bürger zahlt die volle Gebühr, unabhängig davon, ob

das auf seinem Grundstück anfallende Niederschlagswasser versickert oder in der Kanalisation abgeleitet wird. Begünstigt werden dadurch Privat- und Firmenbauten mit vielen versiegelten Flächen und geringem Frischwasserverbrauch (Trinkwasserverbrauch). Es erscheint jedoch nicht gerechtfertigt, dass beispielsweise eine Familie in einem Mehrfamilienhaus trotz sehr geringer versiegelter Fläche im Vergleich zu einem Gewerbebetrieb mit großflächig asphaltiertem Firmengelände, aber einem nur geringen Wasserverbrauch, höhere Abwassergebühren zahlt. Es ist also zu bezweifeln, dass der Frischwassermaßstab auch das in die Kanalisation gelangende Niederschlagswasser in einer wünschenswerten Weise berücksichtigt.

In Deutschland gab es aufgrund dieser Gebührenungerechtigkeit einige Gerichtsverfahren. Exemplarisch hierfür sind die Urteile des Oberverwaltungsgerichts Nordrhein Westfalen vom 18.12.2007 (Az.: 9 A 3648/04), des Verwaltungsgerichtshofs Hessen vom 02.09.2009 (Az.: 5 A 631/08) und des Verwaltungsgerichtshofs Baden-Württembergs vom 11.03.2010 (Az.: 2 S 2938/08). Laut DWA (2014, siehe Abbildung 10) werden daher mittlerweile in Deutschland zum überwiegenden Anteil getrennte Gebühren (= Abwassergebührensplitting) verrechnet.

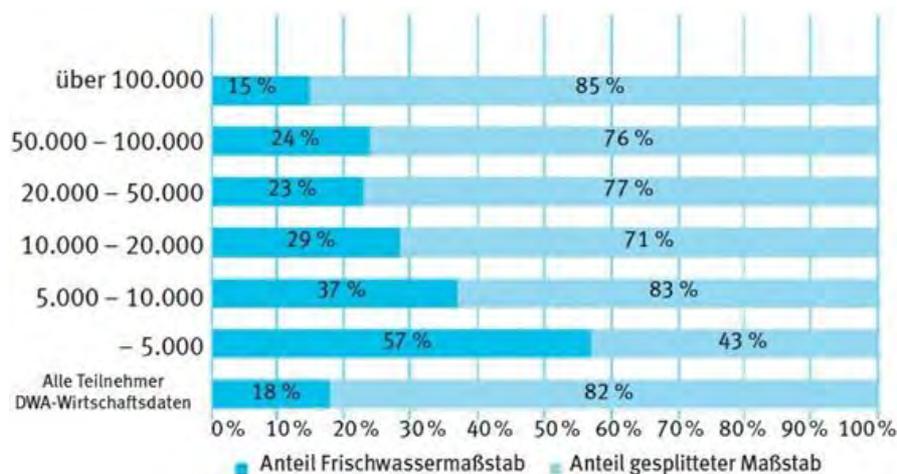


Abbildung 10: Gebührenmaßstäbe in Deutschland im Jahr 2012 (gewichtet nach den gemeldeten Einwohnern, DWA 2014)

Durch das Abwassergebührensplitting werden die Abwasserkosten geteilt in:

- Eine nach dem Frischwasserverbrauch berechnete Schmutzwassergebühr und
- eine Niederschlagswassergebühr, die sich aus dem Anteil der versiegelten und an den Kanal angeschlossenen Flächen berechnet.

Mit diesem Gebührenmodell soll dem Verursacherprinzip verstärkt Rechnung getragen werden. In der Praxis bedeutet dies, dass derjenige, der dem Kanalnetz durch bebaute, befestigte und versiegelte Flächen große Mengen an Niederschlagswasser zuführt, mehr zahlen soll als derjenige, der nur wenig bebaute, befestigte und versiegelte Flächen hat und den größten Teil des Niederschlagswassers z. B. versickern lässt.

Die getrennte Ermittlung der Gebühren und das Ausweisen der Kostenanteile für die Niederschlagswasserab- und -behandlung erzeugen zusätzlich Anreize, Flächen zu „entsiegeln“ und das Niederschlagswasser auf den Grundstücken verstärkt zu versickern. Damit wird auch die Umsetzung allgemeiner wasserwirtschaftlicher und ökologischer Zielsetzungen gefördert.

Vorgehensweise bei der Einführung von Abwassergebührensplitting

Um eine möglichst verursachergerechte, gesplittete Gebühr berechnen zu können, bedarf es der:

1. Aufteilung der Gesamtkosten der Abwasserbeseitigung auf die Kostenträger (SW) Schmutz- und (NW) Niederschlagswasser.
2. Festlegung eines flächenbezogenen Maßstabes.
3. Flächenermittlung der befestigten an die Kanalisation angeschlossenen Flächen.

4. Berechnung der Gebührensätze für die Schmutzwassergebühr [€/m³] und die Niederschlagswassergebühr [€/m²·a].

1. Aufteilung der Gesamtkosten der Abwasserbeseitigung auf die Kostenträger Schmutz- und Niederschlagswasser

Für die Ermittlung eines gesplitteten Gebührenmaßstabes müssen die jährlichen Kosten aus der Herstellung (kalkulatorische Kosten bzw. Kapitalkosten) und dem Betrieb (Grundkosten) von Kanalisation und Kläranlage zuerst bei den jeweiligen Kostenstellen erfasst werden (siehe Tabelle 25).

In den Hauptkostenstellen (I und II) können die Kosten/Leistungen unmittelbar erfasst werden. In den Nebenkostenstellen werden jene Kosten/Leistungen erfasst, die nicht zur Abwasserentsorgung gehören (z. B. Leistungen für die Wasserversorgung). Die Hilfskostenstellen dienen den Haupt- und/oder Nebenkostenstellen, diese sind über definierte Schlüssel anteilig auf die Haupt- und/oder Nebenkostenstellen zu verteilen (lt. ÖWAV-AB 41, 2013).

Tabelle 25: Mögliche Kostenstellenstruktur in der Abwasserentsorgung (modifiziert nach ÖWAV-AB 41, 2013)

Mögliche Kostenstellenstruktur in der Abwasserentsorgung (modifiziert nach ÖWAV-AB 41, 2013)	
I. Kanalisation	
Ortskanalisation	Kanäle (untergliedert nach Bauabschnitten, Schmutz-, Niederschlagswasser- und Mischwassersystem, Mitgliedsgemeinden, Einzugsgebieten) Sonderbauwerke (Pumpwerke etc., untergliedert wie oben)
Sammler/Verbandskanalisation	Sammler/Verbandskanäle (Untergliederung wie oben) Sonderbauwerke Sammler/Verbandskanäle (Untergliederung wie oben)
II. Abwasserreinigungsanlage	
Mechanik	Zulaufpumpwerk Abwasserreinigungsanlage, Mechanische Vorreinigung
Biologie	Biologische Abwasserreinigung, BHKW, Anaerobe Abwasserreinigung
Eindickung und Stabilisierung	Überschussschlammeindickung, Schlammstabilisierung, weitergehende Schlammstabilisierung, Co-Fermentation
Weitergehende Schlammbehandlung	Schlammmentwässerung, Schlamm Entsorgung
Betriebs- / Verwaltungsgebäude (eventuell)	Steuerwarte, Heizzentrale, Labor
III. Nebenkostenstellen	Erfassung der Kosten für Leistungen, die nicht der Abwasserentsorgung zuzurechnen sind
IV. Hilfskostenstellen	Fuhrpark Werkstätte Verwaltung

Mit unterschiedlich zu ermittelnden Verteilungsschlüsseln, welche im Folgenden detailliert erläutert werden, können schließlich die Gesamtkosten auf die Kostenträger Schmutz- und Niederschlagswasser aufgeteilt und zugewiesen werden und die Gebührensätze für das Schmutzwasser [€/m³] und für das Niederschlagswasser [€/m²·a] berechnet werden.

I. Hauptkostenstelle Kanalisation – Kapitalkosten

Trennsystem

Liegt ein Kanalnetz im Trennsystem vor, erhält man damit die Kosten direkt für die Schmutz- und Regenwasserkanäle.

Mischwasserkanäle

Bei einer Mischkanalisation werden zunächst die Vermögenswerte für die Mischwasserkanäle bestimmt. Um die Vermögenswerte bzw. deren kalkulatorischen Kosten auf die Kostenträger aufzuteilen wird lt. J. Dudey (2002) die Anwendung der sogenannten 2-Kanalmethode (siehe Abbildung 11) empfohlen.

Als Grundlage für diese Methodik dienen Informationen über die tatsächlich vorhandenen Mischwasserkanäle. Aus diesen wird ein fiktiver Niederschlagswasseranteil, welcher der Straßenentwässerung und der Ableitung des auf den bebauten oder befestigten Grundstücken niedergehenden Regenwassers zugewiesen wird, und ein fiktiver Schmutzwasseranteil zur Ableitung des Schmutzwassers der bebauten Grundstücke, abgeleitet. Da die Tiefenlage von Mischwasserkanälen zumeist durch die Kellersohlen der zu entwässernden Gebäude bestimmt wird, wird für die fiktiven Schmutzwasserkanäle die Sohlkotenhöhe der vorhandenen Mischwasserkanäle übernommen. Weil die relativ großen Mischwasserkanäle vor allem für die Ableitung großer Niederschlagswassermengen dimensioniert werden, kann bei der Wahl der fiktiven Schmutzwasserkanäle eine deutliche Reduzierung der Rohrdurchmesser (meist Mindestquerschnitt DN 250 mm) vorgenommen werden.

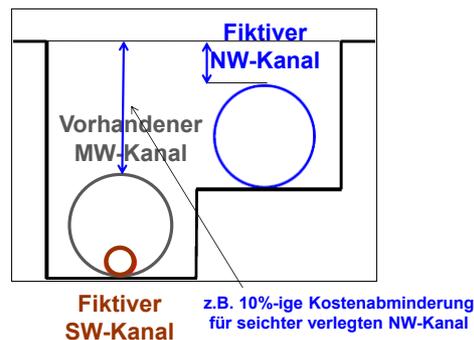


Abbildung 11: Systemskizze 2-Kanalmethode, modifiziert nach R. Pecher (1996)

Die fiktiven Niederschlagswasserkanäle werden mit denselben Gefällen und Rohrdurchmessern wie die vorhandenen Mischwasserkanäle gewählt, sodass auf eine detaillierte neue hydraulische Berechnung verzichtet werden kann. Nachdem von ihnen allerdings die Kellerbereiche nicht im freien Gefälle entwässert werden müssen, können diese seichter verlegt werden, wofür eine fiktive Kostenabminderung angesetzt werden kann. Das Ergebnis der Berechnung des fiktiven Trennsystems ist das Kostenverhältnis von anteiligen Schmutzwasserkosten zu anteiligen Niederschlagswasserkosten, mit welchem anschließend die tatsächlichen Kosten des Kanalnetzes auf diese beiden Kostenträger aufgeteilt werden kann.

Im Handbuch der Wassergenossenschaften und Wasserverbände (Kaan et al., 1991) sind auch vereinfachte pauschale Ansätze für die Kostenzuordnung angeführt. Die Kosten bei einer Mischwasserkanalisation können demnach folgendermaßen verteilt werden:

- Die Ortskanalisation ist zum überwiegenden Teil nach dem Anfall des Oberflächenwassers dimensioniert, daher 75 % für Oberflächen- und 25 % für das Schmutzwasser.
- Verbindungs- und Hauptsammler sind mit der Ortskanalisation vergleichbar. Der Dimensionierungsanteil für das Schmutzwasser wird aber größer anzusetzen sein (durch vorgeschaltete Mischwasserüberläufe, Rückhaltebauwerke usw.), daher Anteil 30 % für das Schmutz- und 70 % für das Oberflächenwasser.
- Alle Kosten von nicht entsprechend zuzuordnenden Anlagenteilen werden pauschal je zur Hälfte dem Schmutz- und dem Oberflächenwasser zugerechnet.

Eine weitere Möglichkeit ist lt. Handbuch (Kaan et al., 1991) auch die Bildung von Vomhundertsätzen aus den Vorhaltemengen mit folgender Formel:

$$\text{Kapazitätsauslegung [\%]} = (\text{Vomhundertsatz nach Vorhaltemenge (l/s)} + 50) / 2$$

Beispiel:

Gesamtvorhaltemenge Verbindungssammler : 1.000 l/s (100 %)
 Davon Schmutzwasser : 100 l/s (10 %)
 Davon Oberflächenwasser : 900 l/s (90 %)

Schmutzwasseranteil = $(10 + 50) / 2 = 30 \%$

Oberflächenwasseranteil = $(90 + 50) / 2 = 70 \%$

Sonderbauwerke

Für Mischwasserpumpwerke und Mischwasserdüker ist ebenfalls der Vermögenswert zu bestimmen. Dieser kann vereinfacht auf Schmutz- und Niederschlagswasser im Verhältnis der geförderten Schmutzwasser- bzw. Niederschlagswasserspitzen umgerechnet werden.

Speicherbecken der Mischkanalisation wie z. B.: Mischwasserüberlaufbecken und Mischwasserrückhaltebecken sind im vollen Umfang dem Niederschlagswasser zuzuordnen, da sie nur für den Niederschlagswasserabfluss benötigt werden.

1. Hauptkostenstelle Kanalisation – Betriebskosten

Falls detaillierte Aufzeichnungen für den Betrieb der Kanalisation inkl. Sonderbauwerke vorhanden sind, können diese entsprechend Tabelle 26 nach R. Pecher (1996) auf die Kostenträger SW und NW verteilt werden.

Tabelle 26: Mögliche Aufteilung der Kanalbetriebskosten, modifiziert nach R. Pecher (1996)

Aufgaben	Aufteilung auf die Kostenträger [%]	
	Schmutzwasser (SW)	Niederschlagswasser (NW)
Betriebskosten – Kanalisation		
1. Überprüfung	50	50
2. Reinigung		
2.1. Kanäle	80 bzw. 60	20 bzw. 40
2.2. Sinkkästen, Schlammfänge und Straßenabläufe	0	100
3. Inspektion	60	40
4. Wurzelschneiden	100	0
5. Instandsetzung	65	35
6. Wartung		
6.1. Regenüberläufe, Regenbecken und Böschungen	0	100
6.2. Pumpwerke, Düker	Jährliche SW – Abwassermenge	Jährliche NW – Abwassermenge
7. Verwaltung	50	50

II. Hauptkostenstelle Abwasserreinigungsanlage – Kapitalkosten und Betriebskosten

Die Kostenträgerzuordnung der Abwasserreinigungsanlage kann sowohl für die Kapitalkosten als auch für die Betriebskosten entsprechend der Tabelle 27 erfolgen.

Tabelle 27: Beispiel für eine mögliche Aufteilung der Kapital- und Betriebskosten einer Abwasserreinigungsanlage, in Anlehnung an R. Pecher (1996) und ÖWAV-AB 41 (2013)

Kostenstellen	Aufteilung auf die Kostenträger [%]	
	Schmutzwasser (SW)	Niederschlagswasser (NW)
Mechanik	81 (Jährliche SW – Abwassermenge SW / SW + NW)	19 (Jährliche NW – Abwassermenge NW / SW + NW)
Biologie	92 (BSB ₅ – Frachtanteil)	19 (BSB ₅ - Frachtanteil)
Eindickung und Stabilisierung Weitergehende Schlammbehandlung	92 (Schlammmenge)	8 (Schlammmenge)
Betriebs- / Verwaltungsgebäude bzw. Verwaltung allgemein	88 (Mittelwert) oder 50	12 (Mittelwert) oder 50

Im Handbuch der Wassergenossenschaften und Wasserverbände (1991) ist eine pauschale Kostenzuordnung von 75 % für das Schmutz- und 25 % für das Oberflächenwasser angeführt. Auch können die Kosten der Kläranlage über die Vorhaltemengen (z. B. EGW-Werte) verteilt werden.

2. Flächenbezogener Maßstab

Der nächste Arbeitsschritt bei der Berechnung einer „gesplitteten“ Gebühr ist die Wahl eines flächenbezogenen Maßstabes für die Niederschlagswassergebühr.

Wie anhand der Abbildung 12 zu erkennen ist, wird dabei in erster Linie zwischen Grundstücksflächenmaßstäben und Versiegelungsmaßstäben unterschieden.

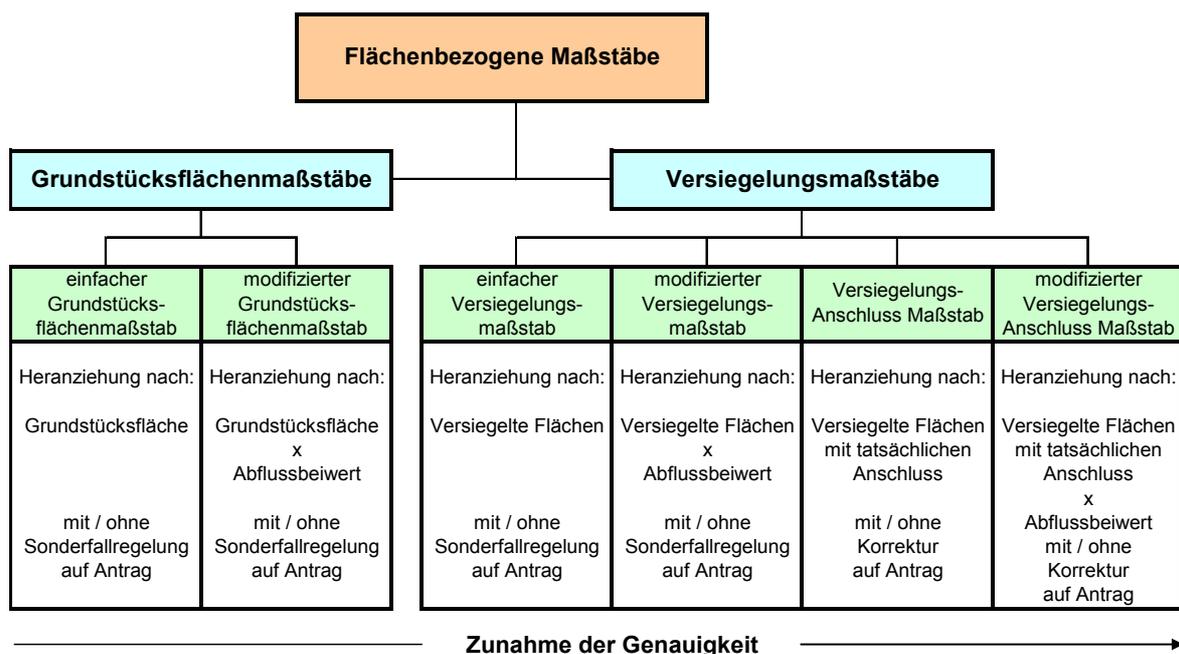


Abbildung 12: Flächenmaßstäbe zur Festsetzung der Niederschlagsgebühr (J. Thimet, 2003)

Welcher Maßstab zur Anwendung gelangen soll, bleibt den Kommunen vorbehalten. Je detaillierter (Genauigkeit nimmt bei der Abbildung 12 von links nach rechts zu) der Maßstab gewählt wird, umso höher wird der Aufwand für die anschließende Flächenermittlung.

Bei einem einfachen Grundstücksflächenmaßstab wird angenommen, dass die befestigte Fläche – gebührenrelevante Fläche – mindestens $\frac{1}{4}$ der Grundstücksfläche umfasst. Dieser Maßstab ist in Deutschland jedoch sehr umstritten.

Beim modifizierten Versiegelungsanschlussmaßstab werden unter Berücksichtigung des Abflussbeiwertes nur die tatsächlich befestigten und an den Kanal angeschlossenen Flächen bei der Gebührevorschreibung herangezogen. Damit kommt man der realen Abflusssituation am nächsten, weshalb sie in Deutschland zumeist angewandt wird und damit auch die höchste Rechtsicherheit erwartet werden kann.

3. Flächenermittlung

In Abhängigkeit von den bereits dargestellten Maßstäben kommen verschiedene Flächenermittlungsverfahren in Frage (R. Schröder, 2003):

- Eigene Erhebung des Auftraggebers durch Auswertung von Flurkarten und Bauakten (Grundbuch, Kataster)
- Hochrechnung von Musterflächen auf das Gesamtgebiet
- Erfassung durch Auswertung von Luftbildaufnahmen
- Reines Selbstauskunftsverfahren
- Kombiniertes Selbstauskunftsverfahren

Das reine Selbstauskunftsverfahren erfolgt laut J. Dudey (2002) durch eine Befragung der Grundstückseigentümer mittels eines Fragebogens, wobei jedoch keine Einzelflächen - im Gegensatz zum kombinierten Selbstauskunftsbogen - vorab ermittelt und voraufbereitet werden. Somit obliegt die gesamte Flächenermittlung und -zuordnung alleine dem Grundstückseigentümer, wodurch erfahrungsgemäß die Genauigkeit der Aussagen gering ist. Die Flächenerhebung in einem kombinierten Verfahren verläuft im Wesentlichen in nachfolgenden Schritten (nach J. Dudey, 2002):

- Befliegung des Gemeindegebietes
- Erstellung von Orthofotos
- Datenverschneidung mit Liegenschaftskataster und Liegenschaftsbuch
- Flächenermittlung und -kategorisierung inkl. Plausibilitätskontrollen
- Erstellung und Versand der Selbstauskunftsbögen
- Betreuung der Grundstückseigentümer bei Fragen und Problemen
- Begleitende Öffentlichkeitsarbeit
- Rücklaufeinarbeitung
- Erstellung und Versand der Gebührenbescheide
- Stichprobenartige Nachkontrollen der ausgefüllten Selbstauskunftsbögen

4. Berechnung der Gebührensätze

Abschließend kann der Schmutz- bzw. Niederschlagswassergebührensatz ermittelt werden.

Schmutzwassergebühr

Die errechneten Kosten für das Schmutzwasser können direkt für die Abwassergebühr umgelegt werden. Sie müssen nur durch den Frischwasserverbrauch dividiert werden.

$$\text{Schmutzwassergebühr } [\text{€/m}^3] = \frac{\text{Jährliche Kosten SW } [\text{€/a}]}{\text{Jährlicher Trinkwasserverbrauch } [\text{m}^3/\text{a}]}$$

In Deutschland belief sich die auf die Einwohner gewichtete, durchschnittliche Schmutzwassergebühr im Jahr 2013 auf 2,13 € je m³ Trinkwasserverbrauch (DWA, 2014).

In Österreich betrug im Jahr 2012 die Schmutzwassergebühr, laut einer im Auftrag des Lebensministeriums durchgeführten Erhebung der Kommunalkredit Public Consulting, zwischen 1,3 € je m³ (Burgenland) und 3,3 € je m³ (Oberösterreich) Trinkwasserverbrauch (KPC, 2012).

Niederschlagswassergebühr

Die Kosten für das Niederschlagswasser müssen nach öffentlichem und privatem Kostenanteil aufgeteilt werden, da das Land, der Bund, die Stadt bzw. Gemeinde sowie sonstige öffentliche Einrichtungen bzw. Betreiber (z. B. ÖBB, ASFiNAG) die Kosten für die Entwässerung öffentlicher Flächen (Straßen, Wege und Plätze) nach dem Verursacherprinzip selbst zu übernehmen haben.

Typische Flächenverteilung in der BRD nach R. Pecher, 1996 :

- Anteil „privat“ an der befestigten und angeschlossenen Fläche: 60 % bis 70 %
- Anteil „öffentlich“ an der befestigten und angeschlossenen Fläche: 30 % bis 40 %

Anschließend wird der Kostenanteil der Niederschlagswasserbeseitigung abzüglich des öffentlichen Anteils durch den „privaten“ Anteil der befestigten an den Kanal angeschlossenen Flächen dividiert und man erhält den Gebührensatz für die Niederschlagswassergebühr.

$$\text{Niederschlagswassergebühr [€/m}^2 \cdot \text{a]} = \frac{\text{Jährliche Kosten NW [€/a]}}{\text{Gebührenrelevante Flächen [m}^2\text{]}}$$

In Deutschland belief sich die auf die Einwohner gewichtete, durchschnittliche Niederschlagswassergebühr im Jahr 2013 auf 0,85 € je m² versiegelte Fläche (DWA, 2014).

Niederschlagswassergebühren werden von den österreichischen Kommunen nur vereinzelt eingehoben. In Hall in Tirol wird beispielsweise derzeit eine Niederschlagswassergebühr von 0,67 € (inkl. Ust) je m² abflusswirksamer Fläche vorgeschrieben (www.hall.ag).

5.2 Förderungen von dezentralen NWB-Maßnahmen

Die Bereitstellung von Fördermitteln durch den Kanalbetreiber wäre zweckmäßig, wenn die auf Kosten-Nutzen-Analysen basierenden NWB-Maßnahmen/Maßnahmenpakete sinnvoll erscheinen, keine getrennten Kanalbenutzungsgebühren vorgeschrieben werden und die Umsetzungsbereitschaft der Entwässerungspflichtigen gering bzw. nicht vorhanden ist. Dezentrale Maßnahmen bei getrennten Gebühren zu fördern wäre unwirtschaftlich, denn neben der Aufbringung der Fördermittel verringern sich auch die Einnahmen über die Niederschlagswassergebühr durch die Reduktion der versiegelten Flächen (= Beitragsflächen) bzw. müssten dadurch mittelfristig die Niederschlagswassergebühren entsprechend angehoben werden.

Die Festsetzung der Fördersätze kann beispielsweise auf Basis eines Variantenvergleichs mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnung nach der DWA (2012) erfolgen. Es ist zweckmäßig die Varianten über einen längeren Betrachtungszeitraum miteinander zu vergleichen. Bei der dynamischen Kostenvergleichsrechnung werden neben den Investitions- auch die Reinvestitions- und Betriebskosten berücksichtigt. Da es sich bei den NWB-Maßnahmen aber um dezentrale Maßnahmen handelt, also der Grundstückseigentümer für den Betrieb bzw. Wartung der Maßnahmen verantwortlich wäre, wurden die Betriebskosten bei den nachfolgenden Fallbeispielen nicht berücksichtigt.

Würde man jedoch nur die Investitionskosten betrachten, ohne die Reinvestitionskosten zu berücksichtigen, könnte dies zu einer falschen Entscheidung führen.

Beispiel:

Defizit = Hydraulische Engpässe im Entwässerungssystem

Variante 1: Vergrößerung der Kanalquerschnitte

Investitionskosten = Projektkostenbarwert nach 60 Jahren = 100.000 €

Variante 2: Dezentrale NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber finanziert

(abkoppelbare Fläche = 5.000 m²)

Investitionskosten = 86.000 €, Projektkostenbarwert nach 60 Jahren = 120.000 €

Die Investitionskosten der Variante 2 sind zwar geringer als die der Variante 1, aber durch die erforderliche Erneuerung der NWB-Maßnahmen nach 30 Jahren wird diese Variante letztendlich wieder teurer. Wird trotzdem die Variante 2 präferiert, könnte der maximale Fördersatz z. B. mit $\leq 100.000 \text{ €} / 5.000 \text{ m}^2 = 20 \text{ €/m}^2$ abgekoppelter Fläche (für die Herstellung und Reinvestition) festgelegt werden.

6 Fallstudien – Niederschlagswasserbewirtschaftung in den Projektgebieten

Die im Kapitel 4.2 entwickelte Methode wird in den nachfolgenden Fallstudien im Detail erklärt, angewandt und deren Übertragbarkeit auf andere Projektgebiete verifiziert. Es handelt sich bei den Fallstudien um drei Projektgebiete mit unterschiedlichen Fragestellungen.

Im Projektgebiet Graz-West wurden die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen auf hydraulische Engpässe im Entwässerungssystem und auf Überflutungen und im Projektgebiet Weiz hinsichtlich Überflutungsprobleme infolge von Hanglagen untersucht.

Im Projektgebiet Linz wurde die dezentrale Niederschlagswasserbewirtschaftung hinsichtlich des Weiterleitungswirkungsgrad nach ÖWAV-RB 19 (2007) untersucht.

6.1 Projektgebiet: Graz – West

Das Projektgebiet „Graz – West“ befindet sich im Süd-Westen der Stadt Graz (siehe Abbildung 13). Die Stadt Graz besitzt ein Kanalnetz mit einer Gesamtlänge von 842 km (71 % Mischwasserkanalisation) und eine Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 500.000 EW₆₀.

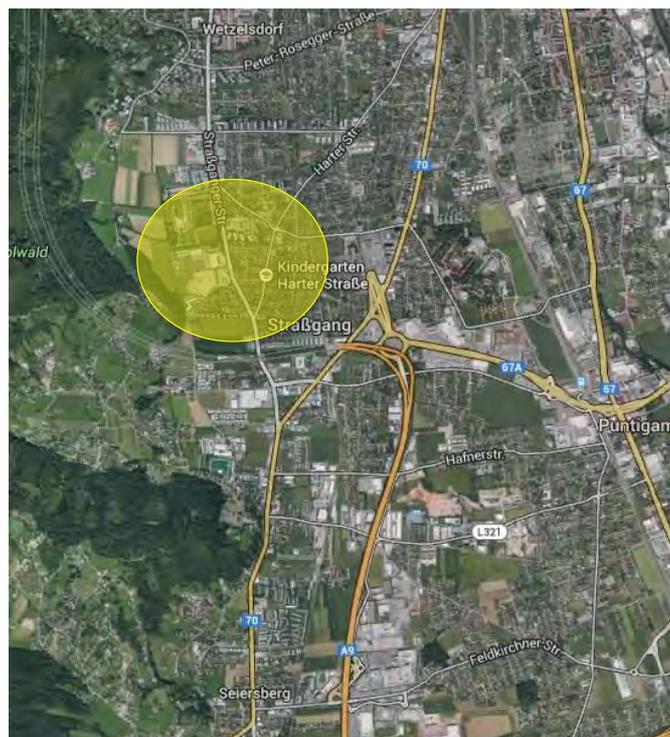


Abbildung 13: Lage des Projektgebietes Graz - West (<http://maps.google.at>)

Das Projektgebiet (siehe Abbildung 14) hat eine Fläche von ca. 48 ha, es handelt sich um nahezu ebenes Gelände mit einer durchschnittlichen Neigung von 0,2 – 0,3 %. Es liegt im Bereich der Grazer Schotterterrassen und es kann daher von einer guten Durchlässigkeit (mind. 10^{-4} m/s) ausgegangen werden. Von der Bauungsstruktur her ist es ein städtisches Wohngebiet mit ca. 470 Objekten.



Abbildung 14: In Gelb gekennzeichnet ist das Projektgebiet, welches 48 ha und rund 470 Objekte umfasst. Der Verlauf des Bründlbachs ist in Blau gekennzeichnet. In Rot sind die Kanalhaltungen gekennzeichnet.

Im Projektgebiet traten in den letzten Jahren zahlreiche Überflutungen auf. Ursachen für die Überflutungen waren u.a. der hochwasserführende Bründlbach und Niederschlagswasserabflüsse an der Oberfläche.

Ursprünglich versickerte der Bründlbach im Projektgebiet. Durch die Bebauung des Gebiets war die Versickerung des Baches nicht mehr möglich, weshalb der Bach in die Kanalisation eingeleitet wurde. Bei einem 100-jährlichen Regenereignis erreicht der Bründlbach eine Abflussspitze von bis zu 6 m³/s (Stadt Graz, 2006). Das Einlaufbauwerk der Kanalisation hingegen fasst maximal 300 l/s.

Mittlerweile wurde als erste Hochwasserschutzmaßnahme ein Rückhaltebecken errichtet, welches die Abflussspitze des Bründlbachs bei einem 100-jährlichen Regenereignis auf 300 l/s reduziert. Zusätzlich ist noch ein Versickerungsbecken geplant, sodass zukünftig bis zu einem HQ₁₀₀ kein Wasser aus dem Bründlbach mehr in die bestehende Mischwasserkanalisation gelangen sollte.

6.1.1 Defizitanalyse

Im Projektgebiet traten aufgrund der bereits erwähnten Ursachen regelmäßig urbane Überflutungen auf. Eine im Rahmen dieses Projektes durchgeführte Bürgerbefragung ergab, dass alleine in den Jahren 2007 bis 2011 mehr als 150 Objekte von Überflutungen (in Abbildung 15 - blau markiert) betroffen waren. Die Bewohner/innen gaben u.a. an, dass das Niederschlagswasser aufgrund der überlasteten Kanalisation nicht mehr abgeleitet werden konnte und dies auch zu Überflutungen führte.

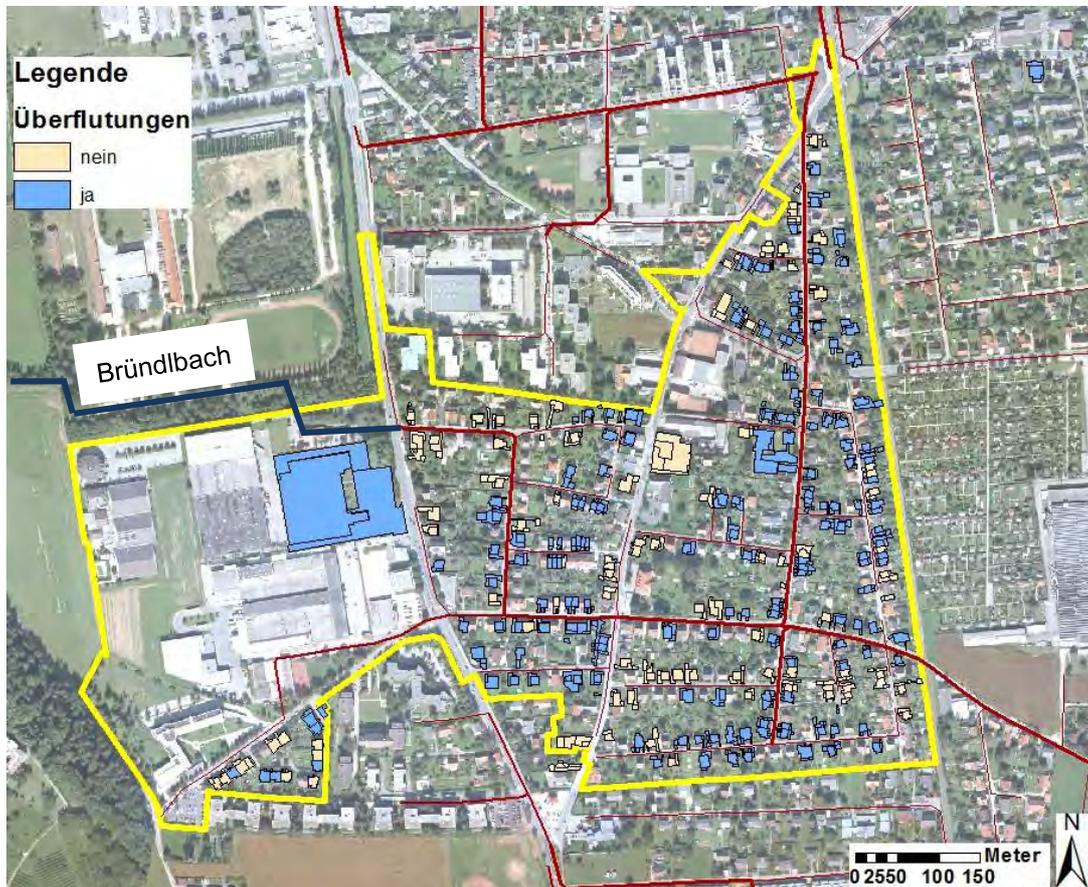


Abbildung 15: Von Überflutungen betroffene Objekte (blau) im Projektgebiet in den Jahren 2007 – 2011 (Fragebogenauswertung)

6.1.2 Bestandsanalyse

Zunächst wurde mittels Luftbildauswertung der Befestigungsgrad im Projektgebiet bestimmt. Es zeigte sich, dass mehr als die Hälfte des Projektgebietes befestigt ist (siehe Abbildung 16). Die Befestigungsart setzt sich aus den Gebäuden und Dachflächen mit 16 %, Flachdächer mit 8 %, befestigten Flächen mit 18 %, teilbefestigte Flächen mit 1 % und öffentlichen Straßenflächen mit 11 % zusammen (siehe Abbildung 17).

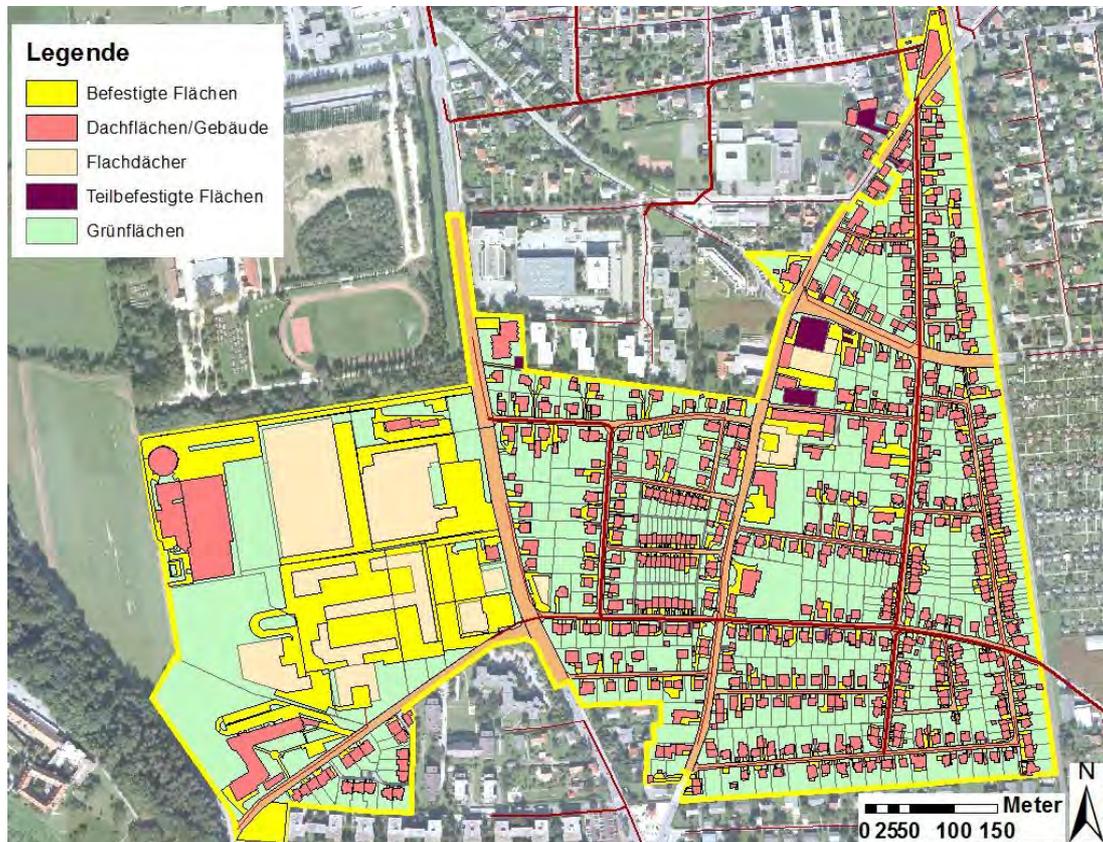


Abbildung 16: Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Graz

Bestandsanalyse - Versiegelte und teilversiegelte Flächen im Untersuchungsgebiet "Glesingerstraße"

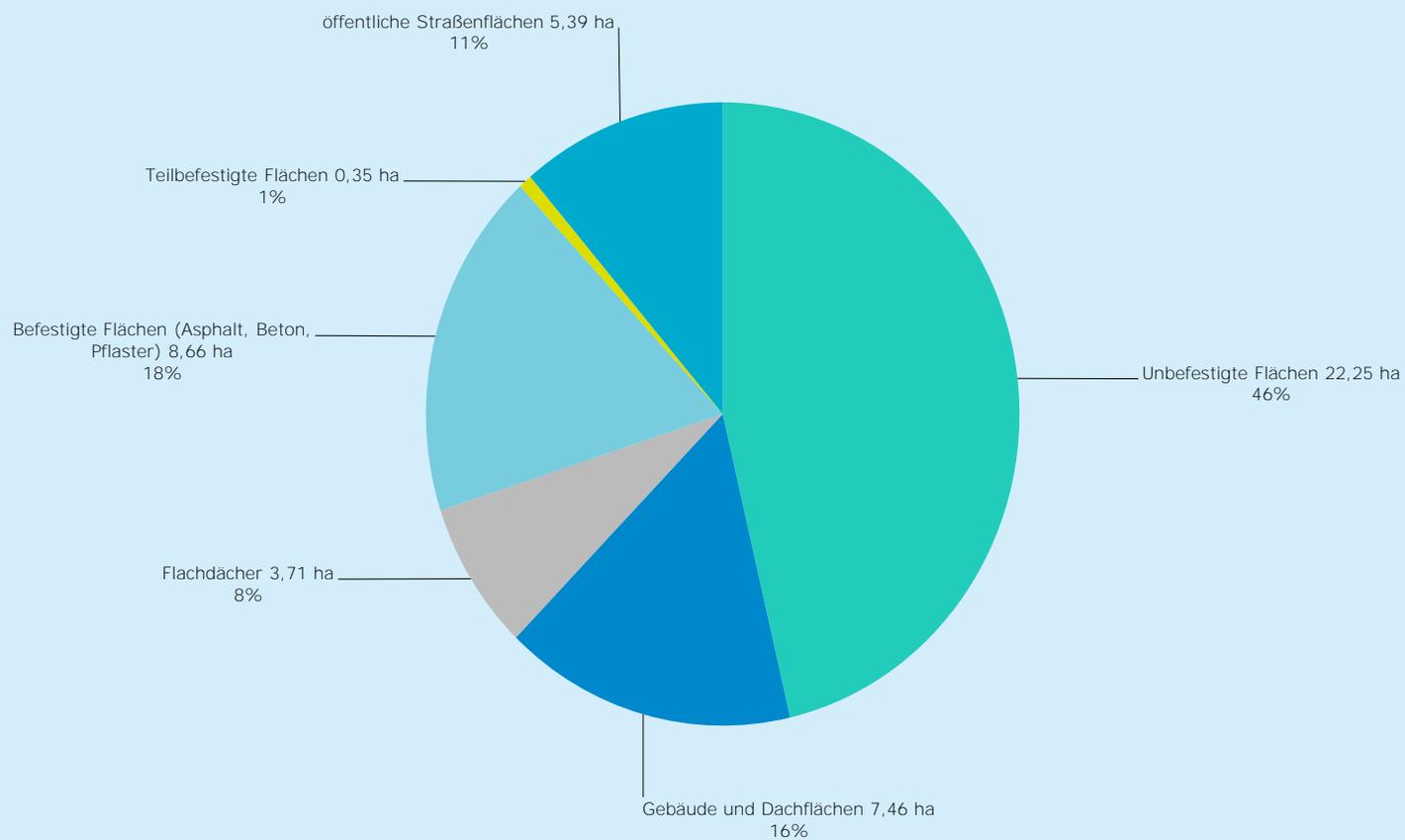


Abbildung 17: Prozentuelle Verteilung der befestigten Flächen nach deren Befestigungsart

6.1.2.1 Bürgerbefragung

Die befestigten Flächen können mittels Luftbilddauswertung ermittelt werden, aber um Informationen über deren Entwässerung und den baulichen Bestand (z. B. ob ein Keller vorhanden ist, ob dieser auch wasserdicht ausgeführt wurde, ob die Fallrohre frei zugänglich sind, usw.) zu erhalten und ein mögliches Abkoppelungspotenzial besser abschätzen zu können wurde eine soziologische Umfrage (mittels Fragebogen, siehe Abbildung 19) im Projektgebiet durchgeführt.

Die betroffenen Bewohner/innen wurden auf das Forschungsprojekt und die Fragebogenaktion durch regionale Medien (siehe Abbildung 18) aufmerksam gemacht und vorbereitend informiert. Zusätzlich wurde im Untersuchungsgebiet auch eine Bürgerinformationsveranstaltung abgehalten.



Abbildung 18: Kundmachung in regionalen Medien (linke Abbildung), Bürgerinformationsveranstaltung (rechte Abbildung)

Die für jedes Objekt individualisierten Fragebögen (ca. 470 Stück, siehe Abbildung 19) wurden in Zusammenarbeit mit einem Umweltpsychologen erstellt, persönlich ausgegeben und nach einem Monat auch persönlich wieder abgeholt. Parallel dazu wurden mehrere Sprechstunden vor Ort angeboten, welche auch zahlreich in Anspruch genommen wurden und wodurch insgesamt eine sehr erfreuliche Rücklaufquote von mehr als 50 % erreicht werden konnte.



Abbildung 19: Individualisierte Fragebögen

Die Auswertungen der Fragebögen ergaben, dass insgesamt mehr als die Hälfte der befestigten Flächen, in die Kanalisation (vollständig oder teilweise) entwässern (Abbildung 20 und Abbildung 21). Dieser sehr hohe Anteil erklärt sich dadurch, dass der Großteil der Objekte im Projektgebiet in den 1960-iger Jahren errichtet wurde und damals in diesem Einzugsgebiet eine Einleitung des Regenwassers in die Kanalisation (Spülkanal) verpflichtend von der Stadt Graz vorgeschrieben wurde.

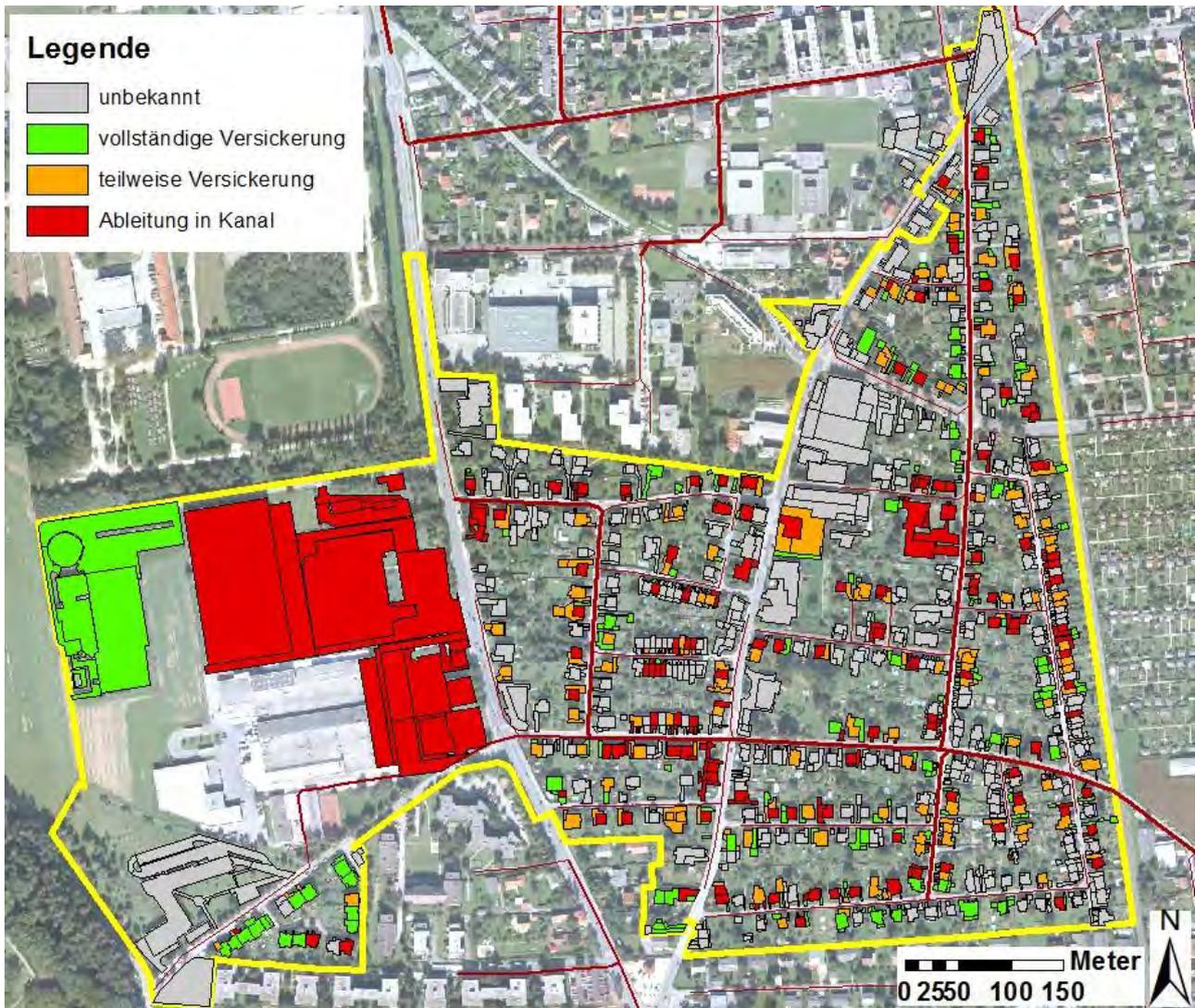


Abbildung 20: Entwässerungssituation der befestigten Flächen. In Rot sind jene Flächen gekennzeichnet, welche vollständig, in orange jene Flächen die teilweise (Annahme vereinfacht zu 50 %) die Kanalisation entwässern. Grün gekennzeichnet sind jene Flächen, welche vollständig zur Versickerung gebracht werden. Die Bewohner/innen der in grau gekennzeichneten Objekten haben keine Angaben getätigt.

Die Fragebogenauswertung belegte auch, dass bei der Mehrzahl der überfluteten Objekte keine Rückstausicherung installiert wurde. Beinahe jedes Objekt besitzt einen nicht wasserdicht ausgeführten Keller (siehe Abbildung 22).

Bestandsanalyse - Entwässerung der befestigten und versiegelten Flächen (ohne Gewerbegebiete)

Σ Fläche 45.009 m² (= 100%)

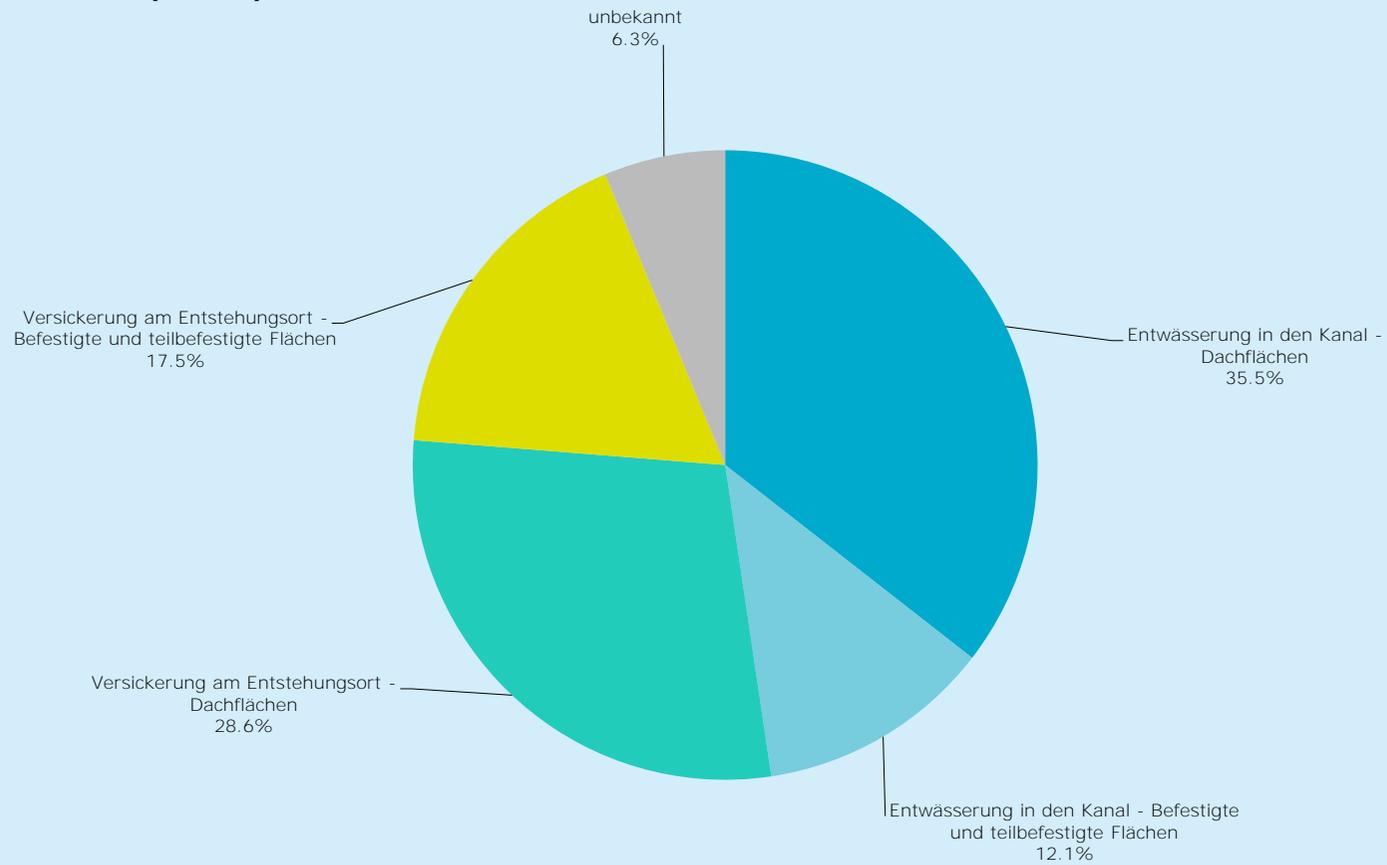


Abbildung 21: Entwässerung der befestigten Flächen nach Befestigungsart gegliedert

Bestandsanalyse - Bauliche Ausführung Keller

Σ Teilnehmer 214 (= 100%)

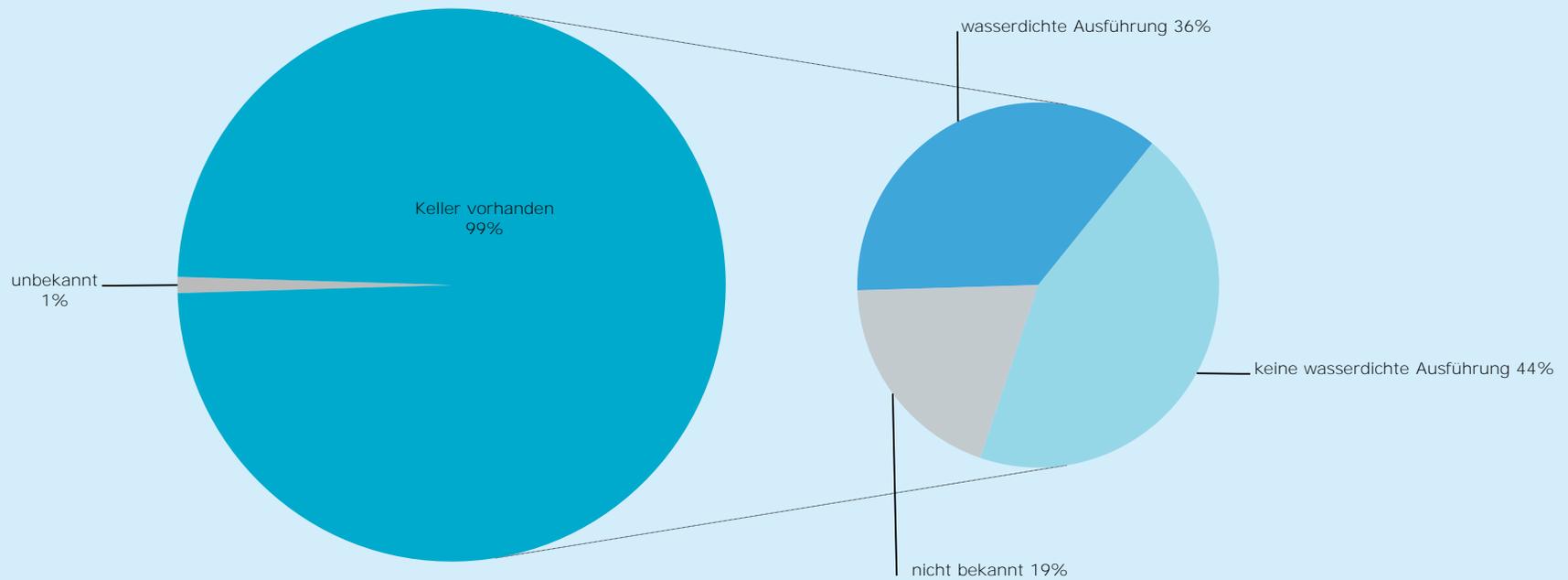


Abbildung 22: Baulicher Bestand – vorhandene Keller und deren bauliche Ausführung

6.1.2.2 Hydrodynamische 1D Modellierung

Um Kenntnis über die hydraulische Leistungsfähigkeit des Entwässerungssystems zu erlangen und um die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen abbilden zu können, wurde ein hochaufgelöstes eindimensionales hydrodynamisches Modell erstellt.

Modellerstellung

Die Holding Graz - Services betreibt für das gesamte Grazer Kanalnetz ein hydrodynamisches eindimensionales Kanalnetzmodell. Dieses wurde für die hydraulische Dimensionierung und zur Überprüfung ihres Entwässerungssystems aufgestellt. Die Größe der Einzugsgebietsflächen und deren Befestigungsgrad wurde mittels Infrarotbefliegung schachtweise erhoben und im Modell entsprechend angesetzt (siehe Abbildung 23). Es wurde für die Überstauberechnung kalibriert.



Abbildung 23: *Hydrodynamisches Modell der Holding Graz vom Projektgebiet. Die jeweiligen Einzugsflächen sind entsprechend ihres Befestigungsgrades von gering (grün) bis sehr hohem Befestigungsgrad (rot) gekennzeichnet (HouSui, 2013).*

Um wie bereits erwähnt die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen abbilden und bewerten zu können, wurde das bestehende Grazer Modell im Rahmen dieses Projektes in ein detaillierteres Modell überführt. Dabei wurden die Einzugsflächen in Grün-, Dach-, befestigte, teilbefestigte Flächen und öffentliche Straßenflächen untergliedert (siehe Abbildung 24 und Abbildung 25) um für diese jeweils einheitliche Parameter (z. B. für die Durchlässigkeit, Muldenrückhalt) festzulegen und um deren mögliche Abkoppelung einzeln betrachten zu können. Die Neigungen der öffentlichen Straßen, Wege, Zufahrten und Grünflächen wurden anhand eines geographischen Informationssystems (www.gis.steiermark.at) abgeschätzt und im Modell entsprechend angesetzt.

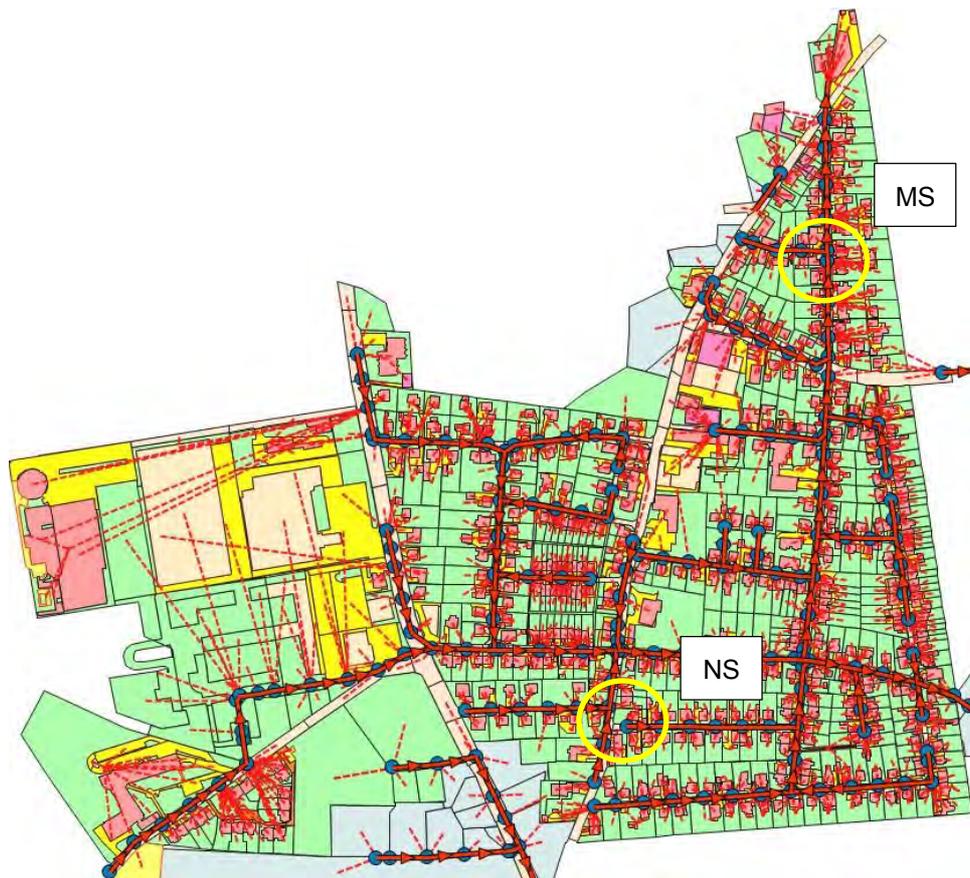


Abbildung 24: Hochaufgelöstes hydrodynamisches Modell vom Projektgebiet Graz. Die zur Kalibrierung des Modells verwendeten Niederschlags- (NS) bzw. Durchfluss- und Füllstandmessstation (MS) sind jeweils in Gelb gekennzeichnet.

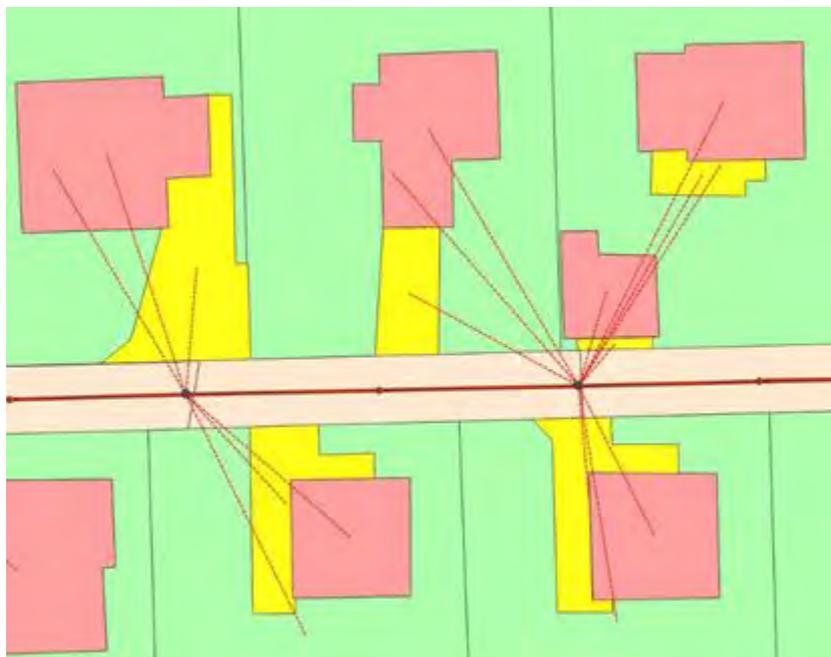


Abbildung 25: Ausschnitt vom hochaufgelösten hydrodynamischen Modell. In Gelb sind die befestigten Flächen (Wege, Zufahrten und Terrassen) in Rosa die Dach- bzw. Gebäudeflächen, in Beige die öffentlichen Straßenflächen und in Grün die Grünflächen gekennzeichnet. Die rote Linie zeigt den Verlauf der Kanalisation. Die blauen Punkte sind die dazugehörigen Schächte. Die rot strichlierten Linien stellen die Kopplung der einzelnen Flächen mit der Kanalisation dar.

Kalibrierung und Validierung

Die Kalibrierung des hydrodynamischen 1D Modells erfolgte mit Hilfe der gemessenen und validierten Niederschlags- und korrespondierender Durchflussdaten im Kanal. Von September bis Juli 2012 wurden insgesamt 10 Niederschlagsereignisse von den Messinstrumenten aufgezeichnet, die zur Kalibrierung des Modells genutzt werden konnten.

Die im Kanal, im Bereich der Glesingerstraße 8 (Glesingerstraße Ecke Irisweg, Abbildung 24, MS), eingebaute Messsonde dient der Durchflussmessung im Kanal. Sie verfügt über einen voll bidirektional arbeitenden Ultraschall-Fließgeschwindigkeits-Sensor. Die Wasserstandmessung erfolgt über einen im Fließgeschwindigkeits-Sensor integrierten Drucksensor.

Die Niederschlagsmessstation in der Glesingerstraße 93 (siehe Abbildung 24, NS) zeichnete 4 schwache Regenereignisse mit maximalen Intensitäten unter 50 mm/h, 3 mittlere Regenereignisse mit maximalen Intensitäten über 50 mm/h und 3 stärkere Regenereignisse mit maximalen Intensitäten über 100 mm/h auf (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28: Aufgezeichnete Regenereignisse im Zeitraum September bis Juli 2012 mit der Angabe des Gesamtniederschlags in mm, der maximalen Intensität in mm/h sowie ihrer Dauer. Die Einstufung erfolgte aufgrund der Intensität: bis 50 mm/h als schwach, zwischen 50 und 100 mm/h wurde als mittel eingestuft und ab 100 mm/h als stark (HouSui, 2013).

Regenereignisse im Zeitraum von September bis Juli 2012				
Datum / Beginn (Uhrzeit)	Niederschlag (mm)	Maximale Intensität (mm/h)	Dauer (h)	Einstufung
22.05.2012 / 05:40	46.9	46.2	12.5	schwach
11.06.2012 / 00:10	35.1	39.6	7.5	schwach
14.06.2012 / 18:30	15.8	83.4	2.5	mittel
21.06.2012 / 15:10	10.6	45.6	2.5	schwach
03.07.2012 / 12:45	57.1	144.0	7.0	stark
09.07.2012 / 16:45	36.8	116.4	3.5	stark
11.07.2012 / 14:00	13.1	127.8	1.0	stark
20.7.2012 / 22:20	34.1	19.8	20.5	schwach
24.07.2012 / 15:15	26.4	58.8	4.5	mittel
29.07.2012 / 11:25	19.5	58.2	4.0	mittel

Für die Erstellung des 1D Modells wurden auch die Daten aus der Bürgerbefragung herangezogen. Die Art der Entwässerung von mehr als 50 % der befestigten Flächen konnte damit für das Modell bestimmt werden. Bei der Kalibrierung wurde vorwiegend die Entwässerung der unbekanntesten befestigten Flächen und die Durchlässigkeit der sonstigen befestigten Flächen variiert. Darüber hinaus wurde auch der Einfluss der Rohrrauigkeiten berücksichtigt. Hauptaugenmerk wurde bei der Kalibrierung auf die Abflussspitzen und Gesamt-Abflussvolumina während der Regenereignisse gelegt. In den nachfolgenden Abbildungen (Abbildung 26 bis Abbildung 28) sind die Kalibrierungsergebnisse beispielhaft für ausgewählte Regenereignisse mit unterschiedlichen Intensitäten dargestellt.

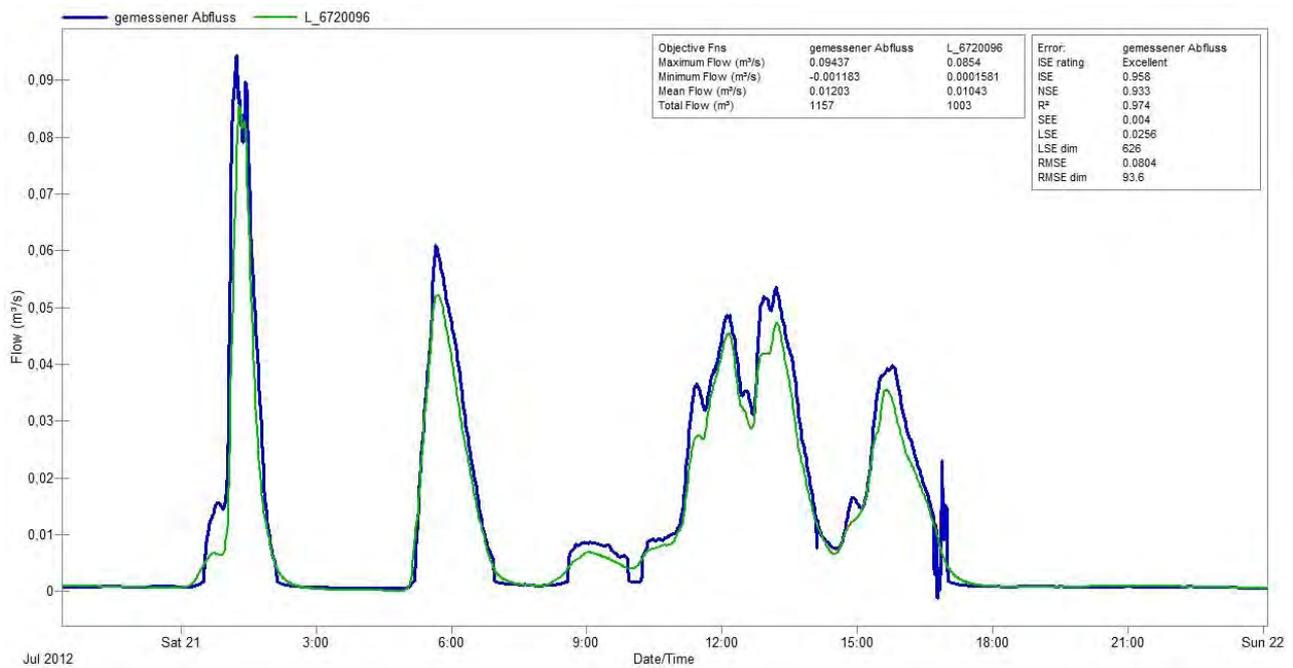


Abbildung 26: Kalibrierte Abflussganglinie bei einem schwachen Regenereignis (21.06.12 / max. 45,6 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.

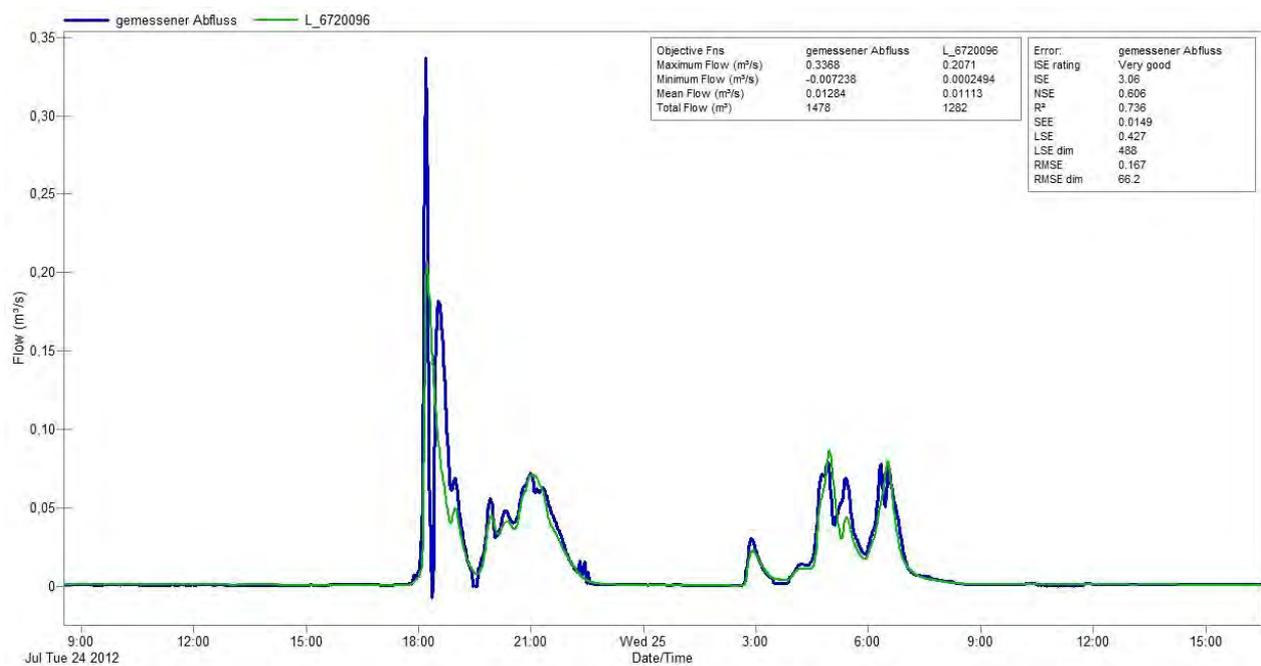


Abbildung 27: Kalibrierte Abflussganglinie bei einem mittleren Regenereignis (24.07.12 / max. 58,8 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.

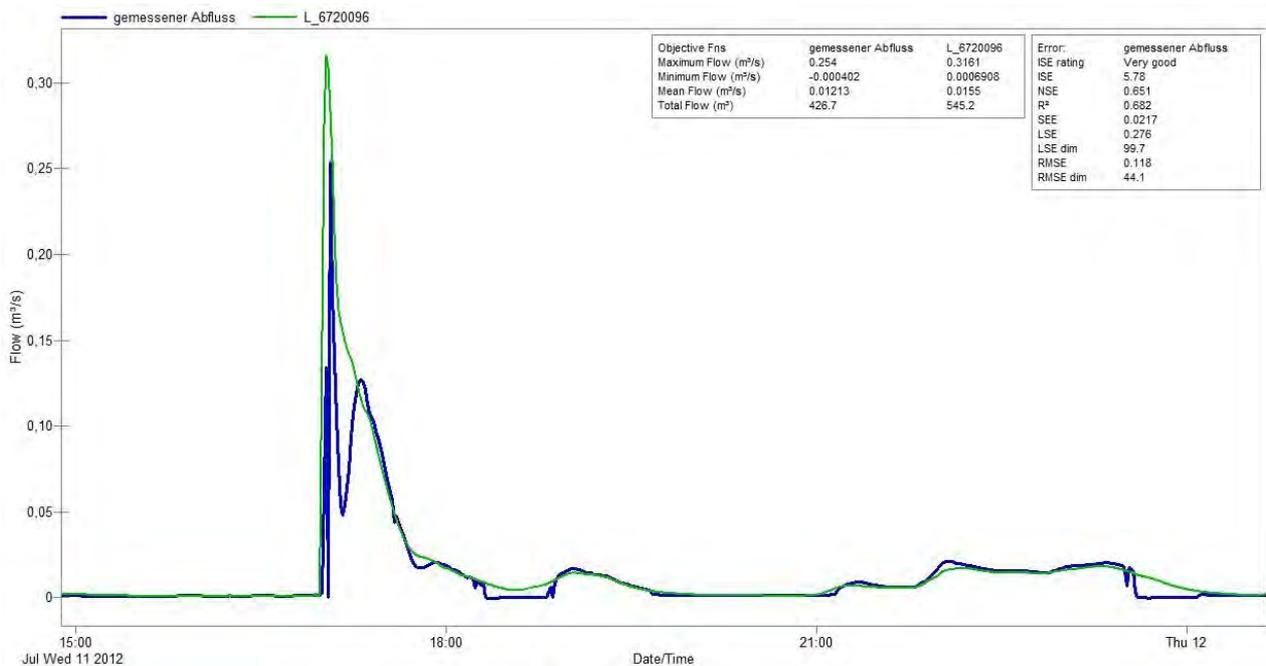


Abbildung 28: Kalibrierte Abflussganglinie bei einem starken Regenereignis (11.07.12 / max. 127,8 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.

Die simulierten Abflüsse zeigten sowohl bei schwachen, als auch bei mittleren und starken Regenereignissen eine gute Übereinstimmung mit den gemessenen Werten.

Hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalisation – Überstaunachweise

Innerhalb des Untersuchungszeitraums (2007 bis 2011) kam es 2011 zu den häufigsten Überflutungen im Projektgebiet. In diesem Jahr trat ein Regenereignis mit einer Wiederkehrzeit von 6 bis 7 Jahren auf. Mit den Regendaten dieses Ereignisses wurde die Auslastung des Entwässerungssystems untersucht (Abbildung 29). Dabei wurde für den Bründlbach vereinfacht ein Spitzenabfluss von 300 l/s angesetzt, worauf das Einlaufbauwerk in die Kanalisation ausgelegt wurde.

Obwohl in einigen Bereichen modelltechnisch keine Überstauereignisse an den Schächten (Abbildung 29 – grüne Schächte) nachzuweisen waren, kam es dennoch zu Überflutungen an und in Objekten (Abbildung 29 – blaue Objekte). Ursachen dafür waren unter anderem,

- dass mehr als 50 % der Bewohner/innen mitteilten keine Rückstausicherung in ihrem Hauskanal installiert zu haben und
- dass bei vielen Objekten das Wasser über die Kellerabfahrten in die Gebäude eindrang.

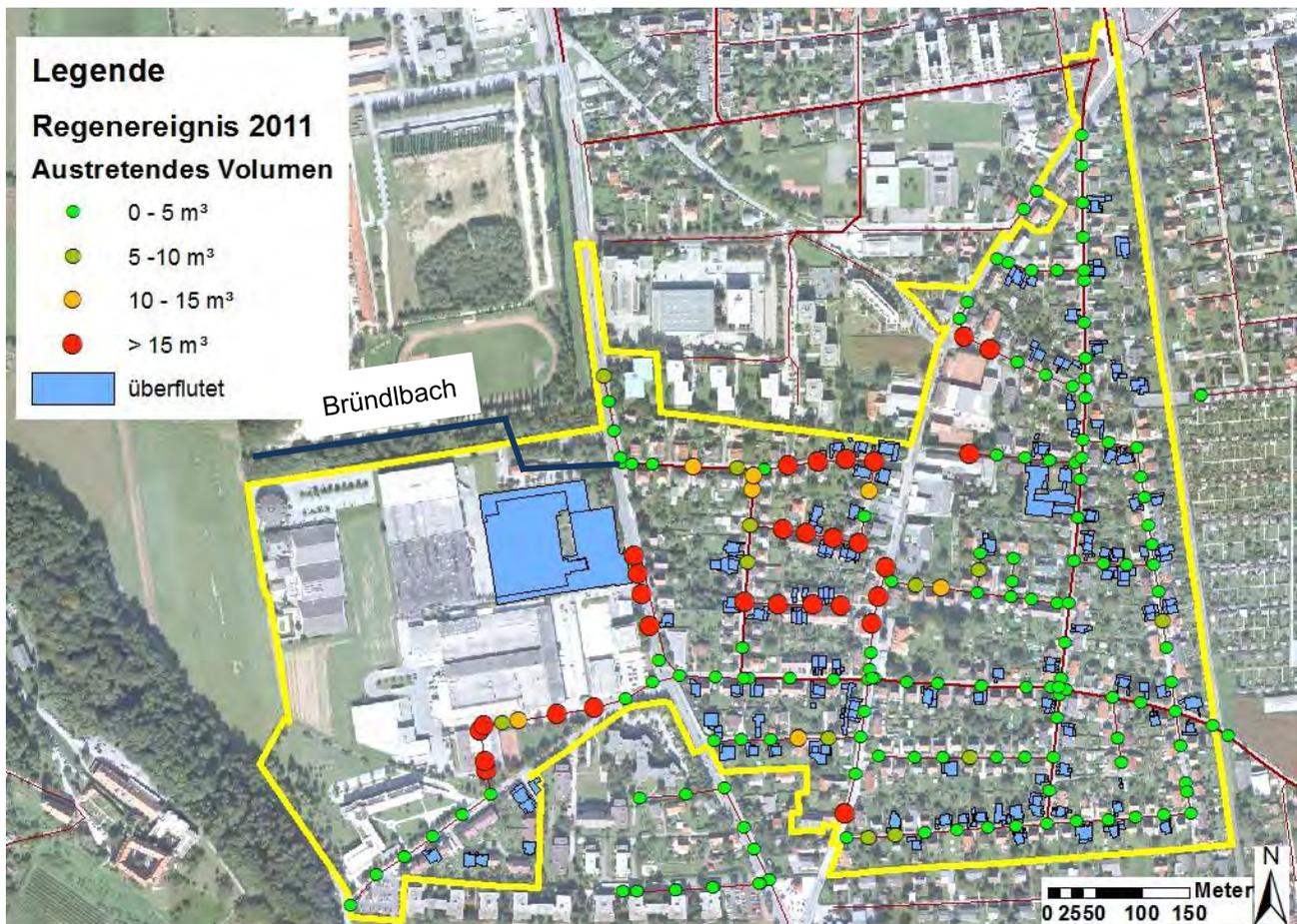


Abbildung 29: Auslastung des Entwässerungssystems bei einem Regenereignis im Jahr 2011 mit einer Wiederkehrzeit von 6 - 7 Jahren. In den z. B. mit Rot gekennzeichneten Schächten tritt eine Wassermenge von mehr als 15 m³ aus. Jene Objekte, welche bei diesem Regenereignis überflutet wurden sind in Blau gekennzeichnet.

Um vertiefte Kenntnisse über die hydraulische Leistungsfähigkeit des Kanalsystems – ohne Einleitung des Bründlbachs – im Projektgebiet zu gewinnen, wurden mit dem hydrodynamischen Modell Überstauachweise nach dem ÖWAV Regelblatt 11 (2009) durchgeführt.

Im ÖWAV-RB 11 werden in Abhängigkeit der jeweiligen Nutzungskategorie – also dem möglichen Schadenspotenzial – für den rechnerischen Nachweis von Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen die Wiederkehrzeiten nach Tabelle 29 empfohlen.

Tabelle 29: Empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung (ÖWAV-RB 11, 2009)

Ort	Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen bzw. nach Sanierungen	
	Wiederkehrzeit (1 Mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 2	50 %
Wohngebiete	1 in 3	33 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10 ¹⁾	10 %

¹⁾ Bei Unterführungen ist zu beachten, dass bei Überstau über Gelände i. d. R. unmittelbar eine Überflutung einhergeht, sofern nicht besondere örtliche Sicherungsmaßnahmen bestehen. Hier entsprechen sich Überstau- und Überflutungshäufigkeit mit dem in Tabelle 7–3 genannten Wert „1 in 50“!

Das Projektgebiet „Graz - West“ ist von der Nutzungskategorie her sowohl als „Wohngebiet“ als auch teilweise als „Gewerbegebiet“ einzustufen, wodurch der Entwässerungskomfort mit maximal einem Überstauereignis in drei Jahren bzw. in fünf Jahren definiert werden kann.

Die Modellierungsergebnisse zeigten, dass im Projektgebiet bis zu einem 3-jährlichen Euler II Modellregen vereinzelt Überstauereignisse auftreten (Abbildung 30). Im linken Bereich (Gewerbegebiet), wo derzeit Überstauereignisse auftreten, wird zukünftig ein Großteil der befestigten Flächen von der Kanalisation abgekoppelt werden. In diesem Bereich wird gerade eine Wohnsiedlung errichtet, für welche die Auflage erteilt wurde, das Niederschlagswasser zukünftig vollständig zu versickern.



Abbildung 30: Überstauachweis nach ÖWAV-RB 11 (2009) bei einem 3-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 90 Minuten

Bei einem 5-jährlichen Euler II Modellregen zeigt sich, dass vor allem in dem Blau markierten Bereich Überstauereignisse auftreten (Abbildung 31).

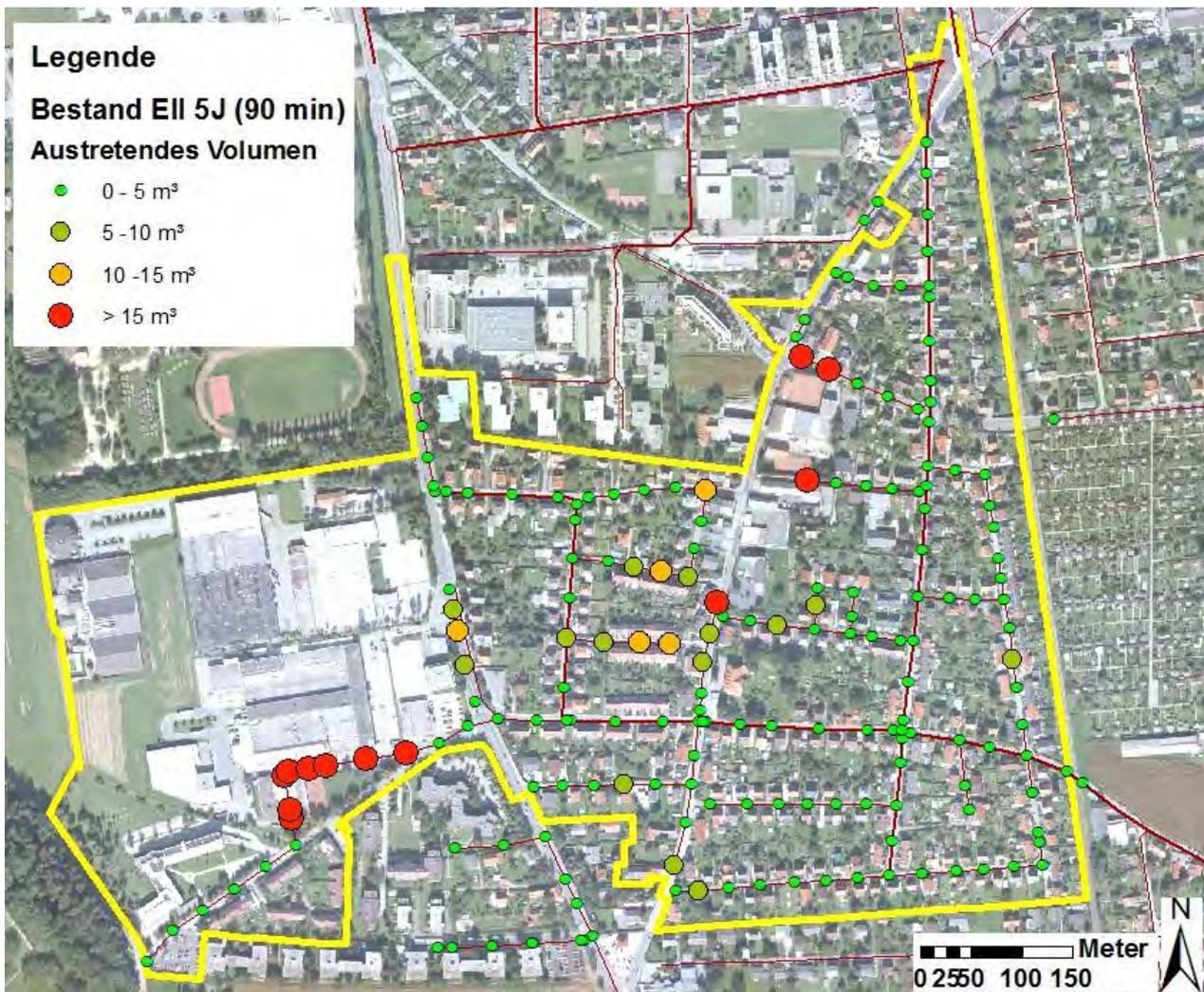


Abbildung 31: Überstaunachweis nach ÖWAV-RB 11 bei einem 5-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 90 Minuten

NWB-Maßnahmen sollten laut ÖNORM B 2506-1 (2013) zumindest auf ein 5-jährliches Bemessungsereignis ausgelegt werden, wenn es im Falle einer Überlastung / Überflutung zu keiner bzw. nur zu einer geringen Beeinträchtigung kommt.

Folglich wären in dem Untersuchungsgebiet NWB-Maßnahmen – zur Entlastung des Entwässerungssystems – anzustreben.

6.1.2.3 Bestimmung des Abkoppelungspotenzials

Erstellung einer NWB-Maßnahmenkarte

Im nächsten Schritt wurde überprüft, ob NWB-Maßnahmen im Projektgebiet überhaupt möglich sind und welche Abkoppelungspotenziale vorhanden sind. Dazu wurde eine NWB-Maßnahmenkarte unter Berücksichtigung folgender Einflussfaktoren (siehe auch Kapitel 4) erstellt:

Einflussfaktor - Altlastenverdachtsflächen

Im Projektgebiet sind keine Altlastenverdachtsflächen ausgewiesen.

Einflussfaktor - Grundwasserschutzgebiet

Das Projektgebiet befindet sich im „weiteren Grundwasserschongebiet“ des Wasserverbandes Grazerfeld Südost (siehe Abbildung 32).

Innerhalb eines solchen Gebietes können (Leitfaden zur Oberflächenentwässerung, Steiermark, 2012) in der Regel sowohl Verbote als auch Bewilligungs- und Anzeigepflichten bestehen, wie z. B.

- Bewilligungspflicht für Grabungen bis zum Grundwasser oder tiefer als 3 m
- Bewilligungspflicht für die Errichtung von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswässern, die auf Straßen, sonstigen Verkehrs- und Manipulationsflächen anfallen.

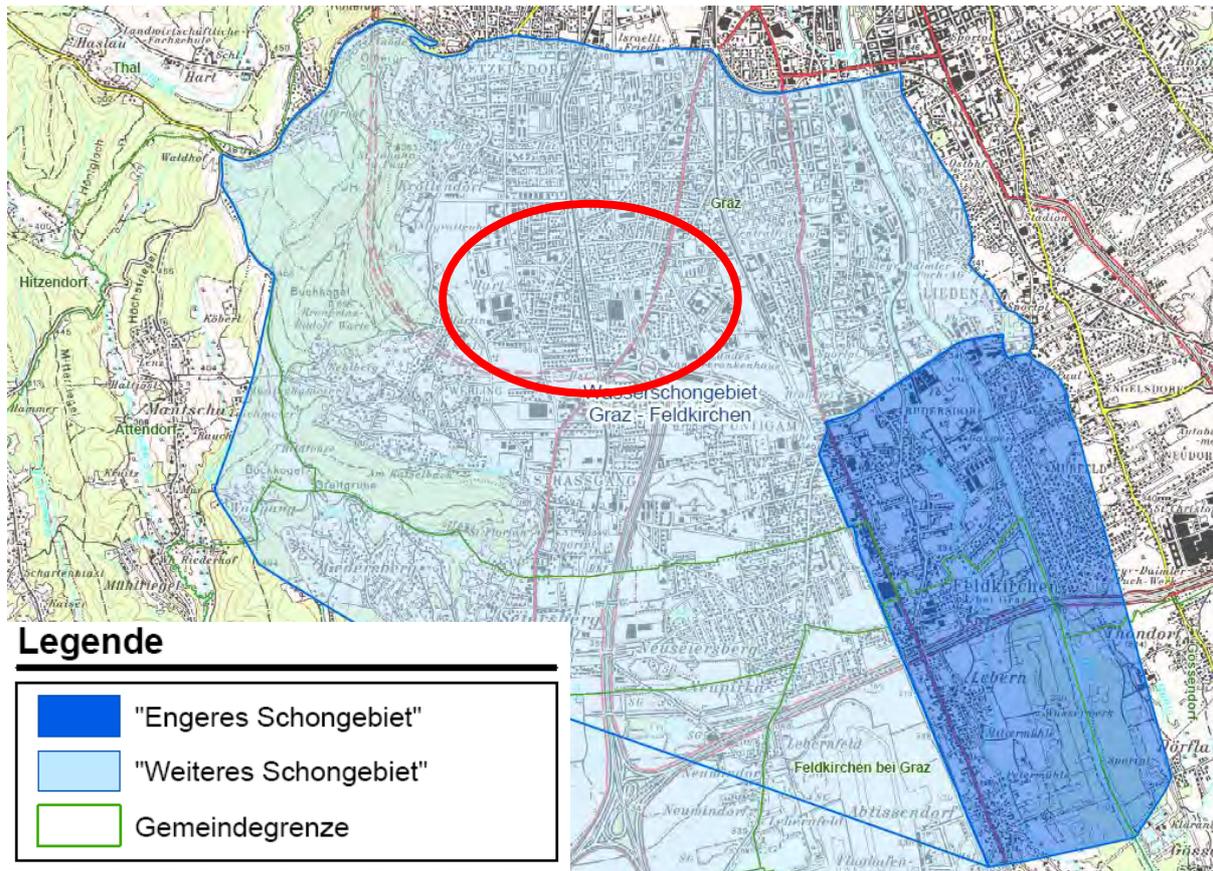


Abbildung 32: Ausweisung der Grundwasserschongebiete (<http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at>)

Einflussfaktor - Hangneigung

Eine Hangrutschgefährdung, sowie eine mögliche Beeinträchtigung von Hangwässern sind im Projektgebiet nicht gegeben (siehe Abbildung 33). Bei der Auswahl der NWB-Maßnahmen kann von einem ebenen Gelände ausgegangen werden.

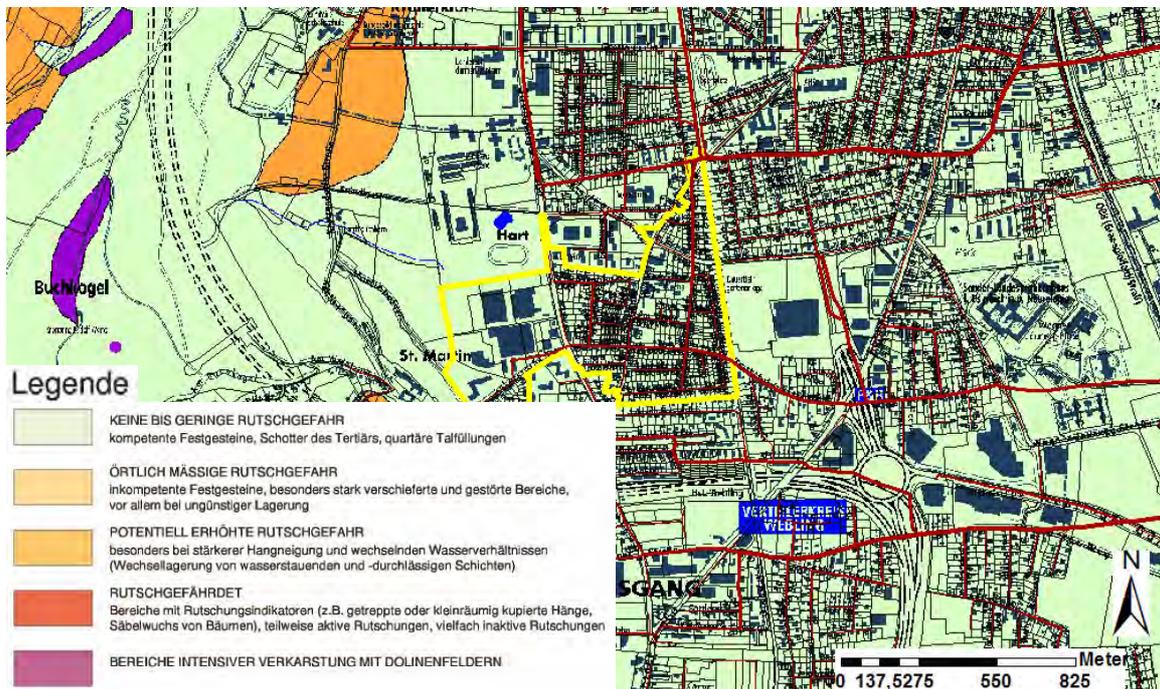


Abbildung 33: Hangneigung im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)

Einflussfaktor - Grundwasserflurabstand

Der Grundwasserflurabstand beträgt im Untersuchungsgebiet mehr als 10 m (siehe Abbildung 34). Daher gibt es bzgl. der Auswahl von NWB-Maßnahmen keinerlei Einschränkungen.

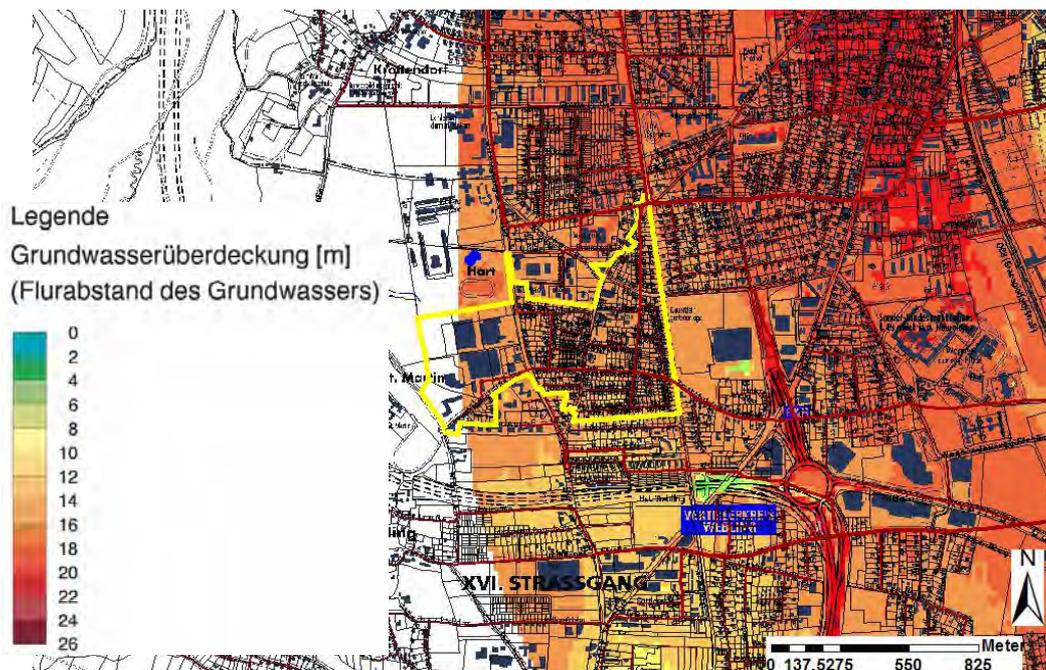


Abbildung 34: Grundwasserflurabstand im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)

Einflussfaktor – Bodendurchlässigkeit

Im Untersuchungsgebiet gibt es keinerlei Einschränkungen bzgl. der Auswahl von NWB-Maßnahmen, da der Boden eine sehr gute Versickerungsfähigkeit aufweist (Schotterbereich, siehe Abbildung 35). Je nach Verschmutzungsgrad des Niederschlagswassers sind gegebenenfalls Vorbehandlungen zu überprüfen (siehe Kapitel 4.2).

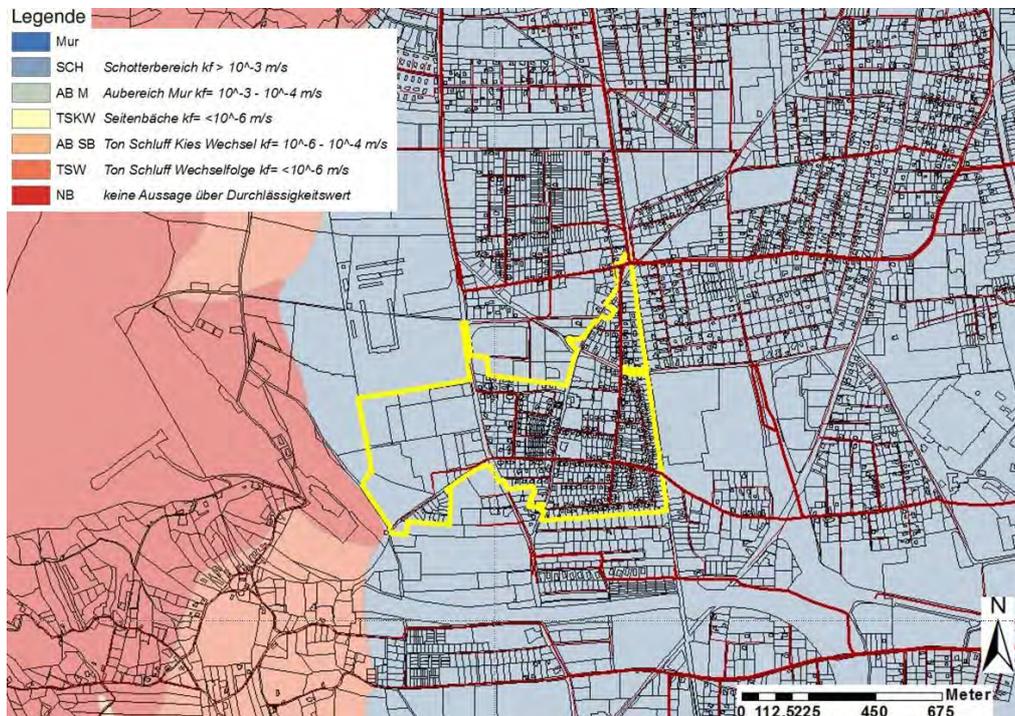


Abbildung 35: Bodendurchlässigkeit im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)

Einflussfaktor – bindige Deckschichten

Die Stärke der bindigen Deckschichten ist im Untersuchungsgebiet sehr gering (siehe Abbildung 36), daher sind alle NWB-Maßnahmen umsetzbar.

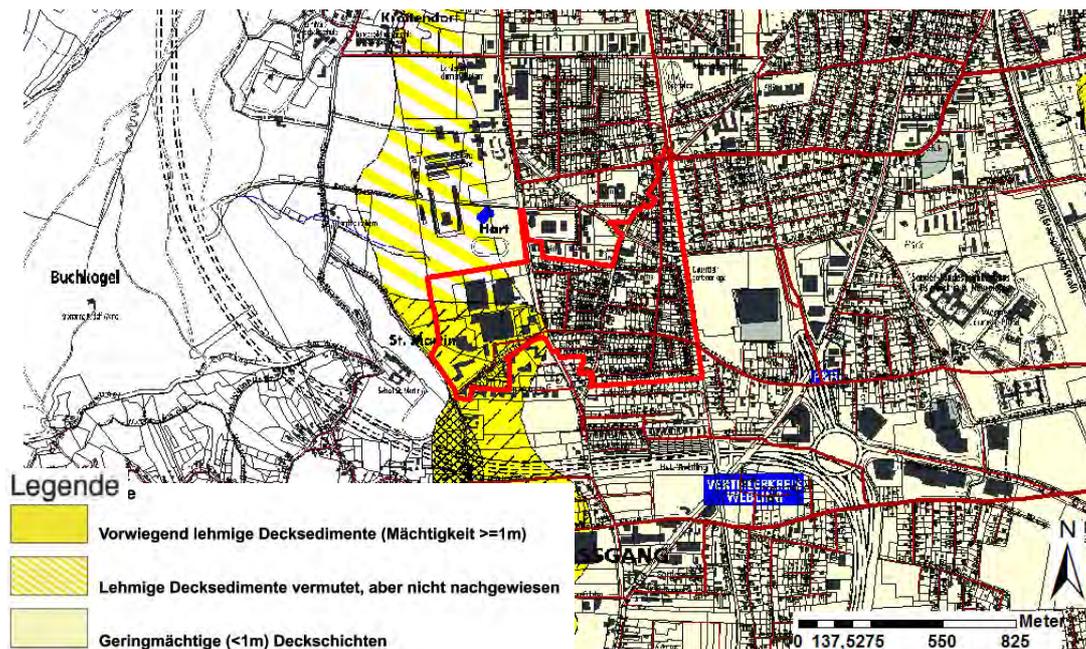


Abbildung 36: Mächtigkeit der bindigen Deckschichten im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)

NWB-Maßnahmenkarte

Unter Berücksichtigung der vorhergehenden Einflussfaktoren, sowie der Flächennutzung und der Flächenverfügbarkeit wurde für das Projektgebiet eine NWB-Maßnahmenkarte erstellt (siehe Abbildung 37). In den grün gekennzeichneten Flächen ist sowohl eine Versickerung als auch eine Retention und/oder Ableitung möglich, in den rot ausgewiesenen Flächen, welche Industriegebiete bzw. gewerbliche Gebiete darstellen, nur eine Retention und Ableitung. In der grün schraffierten Fläche entsteht zukünftig eine Wohnsiedlung, wofür bereits die behördliche Auflage besteht, das Niederschlagswasser vor Ort zu versickern.

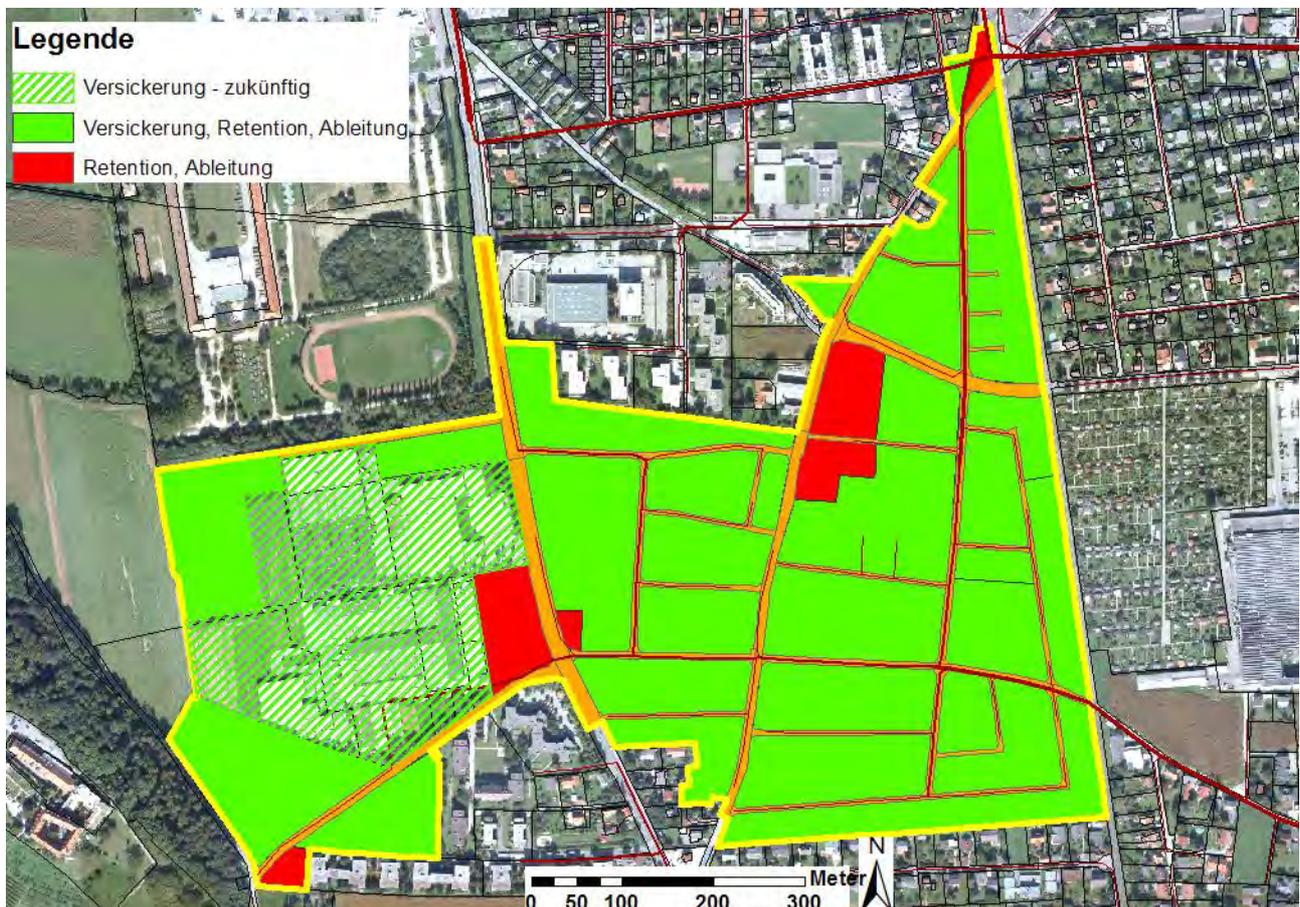


Abbildung 37: Mögliche NWB-Maßnahmen im Projektgebiet - Maßnahmenkarte

Detaillierte Ermittlung des theoretischen Abkoppelungspotenzials

Auf Basis der NWB-Maßnahmenkarte und unter Beachtung des baulichen Bestandes sowie der derzeitigen Entwässerungssituation der befestigten Flächen, wurde schließlich ein theoretisches Abkoppelungspotenzial abgeschätzt.

Gewerbegebiete können zumeist nur mit erhöhtem Aufwand (detaillierte Betrachtung notwendig) von der Kanalisation abgekoppelt werden, weshalb diese bei der Abschätzung des Abkoppelungspotenziales nicht betrachtet und auch nicht berücksichtigt wurden.

Die durchgeführte Auswertung ergab, dass mehr als die Hälfte der versiegelten Flächen von Ein- und Mehrfamilienhäusern, Doppelhäusern und Reihenhäuser teilweise bzw. vollständig vom Entwässerungssystem abgekoppelt werden könnten (siehe Abbildung 38).

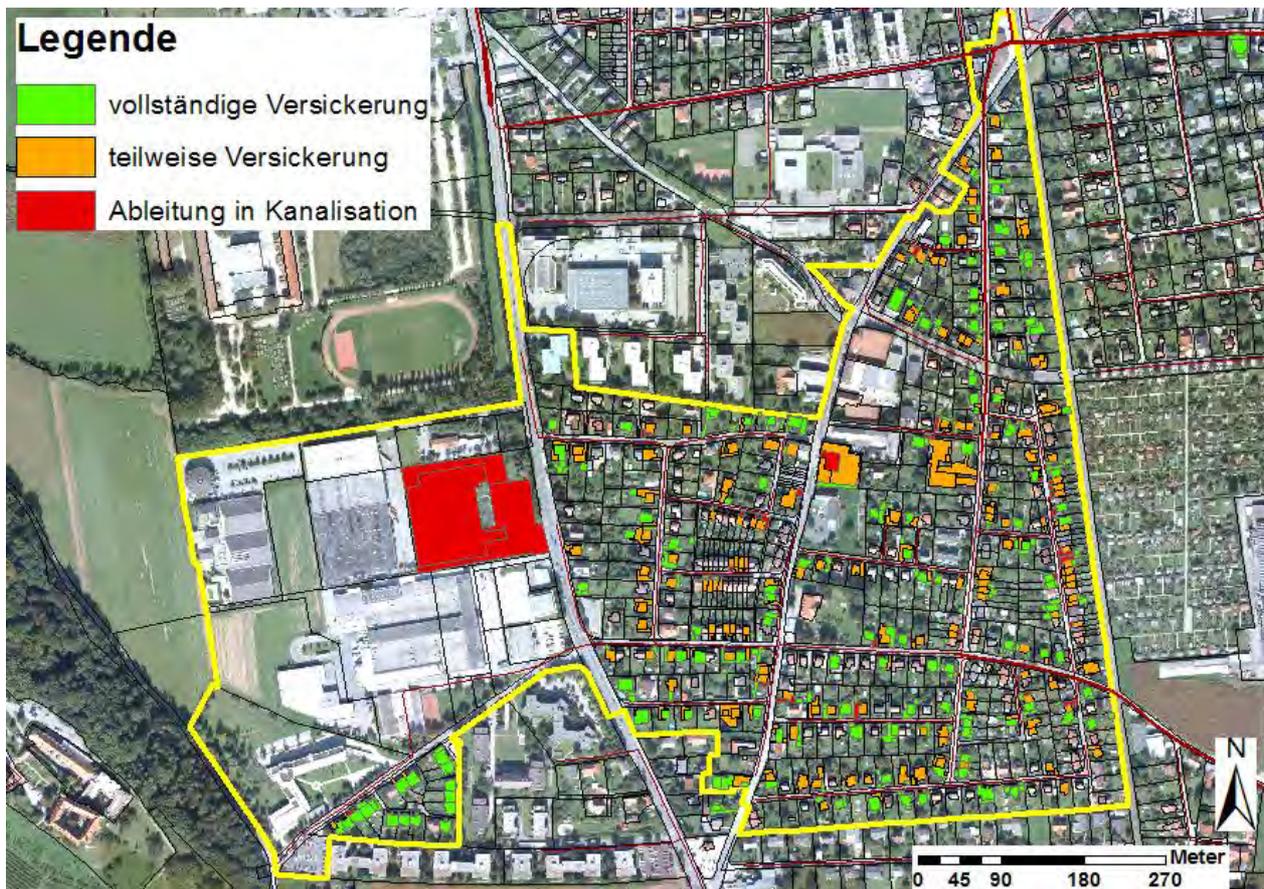


Abbildung 38: Mögliches theoretisches Abkoppelungspotenzial

6.1.3 Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen

Im nächsten Schritt wurde die Realisierbarkeit der NWB-Maßnahmen hinterfragt. Mittels Fragebogen wurde erhoben, unter welchen Umständen betroffene Grundstückseigentümer bereit wären, NWB-Maßnahmen umzusetzen. Dabei wurde

- die grundsätzliche Bereitschaft,
- die Bereitschaft bei Förderungen,
- die Bereitschaft bei Einführung einer Niederschlagswassergebühr (derzeit werden die Gebühren in Graz im Wesentlichen nach der Anzahl der WC-Sitzen verrechnet) und
- die Bereitschaft zur Minimierung des Hochwasserrisikos

hinterfragt, Maßnahmen umsetzen zu wollen.

Die Ergebnisse der Fragebogenauswertung zeigen (siehe Abbildung 39 bis Abbildung 41), dass die Bewohner/innen des Untersuchungsgebiets Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung am ehesten zur Minimierung des eigenen Hochwasser- und Überflutungsrisikos umsetzen würden. Die Tatsache, dass das Untersuchungsgebiet bei Starkregenereignissen schon mehrmals überflutet wurde, könnte diese Tendenz begründen. Aber auch jene Bewohner/innen welche bisher von den Überflutungen verschont blieben würden aus demselben Grund NWB-Maßnahmen am ehesten umsetzen (siehe Abbildung 40). Überraschend ist, dass der Unterschied zwischen grundsätzlicher Bereitschaft und Bereitschaft bei Förderung relativ gering ist.

Für die anschließende Überprüfung der Effektivität von dezentralen NWB-Maßnahmen mit Berücksichtigung der Bereitschaft („erwartbares Abkoppelungspotenzial“) wurde die Kategorie „Bereitschaft zur Minimierung des Hochwasserrisikos“ herangezogen. Dabei wurde vereinfacht angenommen, dass jene Bewohner/innen, welche bei der Umsetzungsbereitschaft überhaupt bzw. eher nicht zustimmten mögliche Maßnahmen auch

nicht umsetzen würden, hingegen jene Bewohner/innen, welche eher bzw. voll und ganz zustimmten schon (siehe Abbildung 39).

Eine weitere Auswertung zeigt, dass rund die Hälfte der Bewohner/innen nicht bereit wären, NWB-Maßnahmen gemeinsam mit dem/der Nachbar/in umzusetzen (siehe Abbildung 42).

In der Abbildung 43 ist die derzeitige Entwässerungssituation dem theoretisch „maximal“ möglichen und dem „erwartbarem“ Abkoppelungspotenzial vergleichend gegenübergestellt. Betrachtet man beispielsweise das maximale theoretische Abkoppelungspotenzial, so könnte man gegenüber dem Istzustand zusätzliche 28 % der versiegelten Flächen abkoppeln, unter Berücksichtigung der Bereitschaft zur „Minimierung des Hochwasserrisikos“ wären es nur ca. 11 %.

Bereitschaft zur Regenwasserversickerung - Einfamilien-, Mehrfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser

Σ Teilnehmer 210 (= 100%)

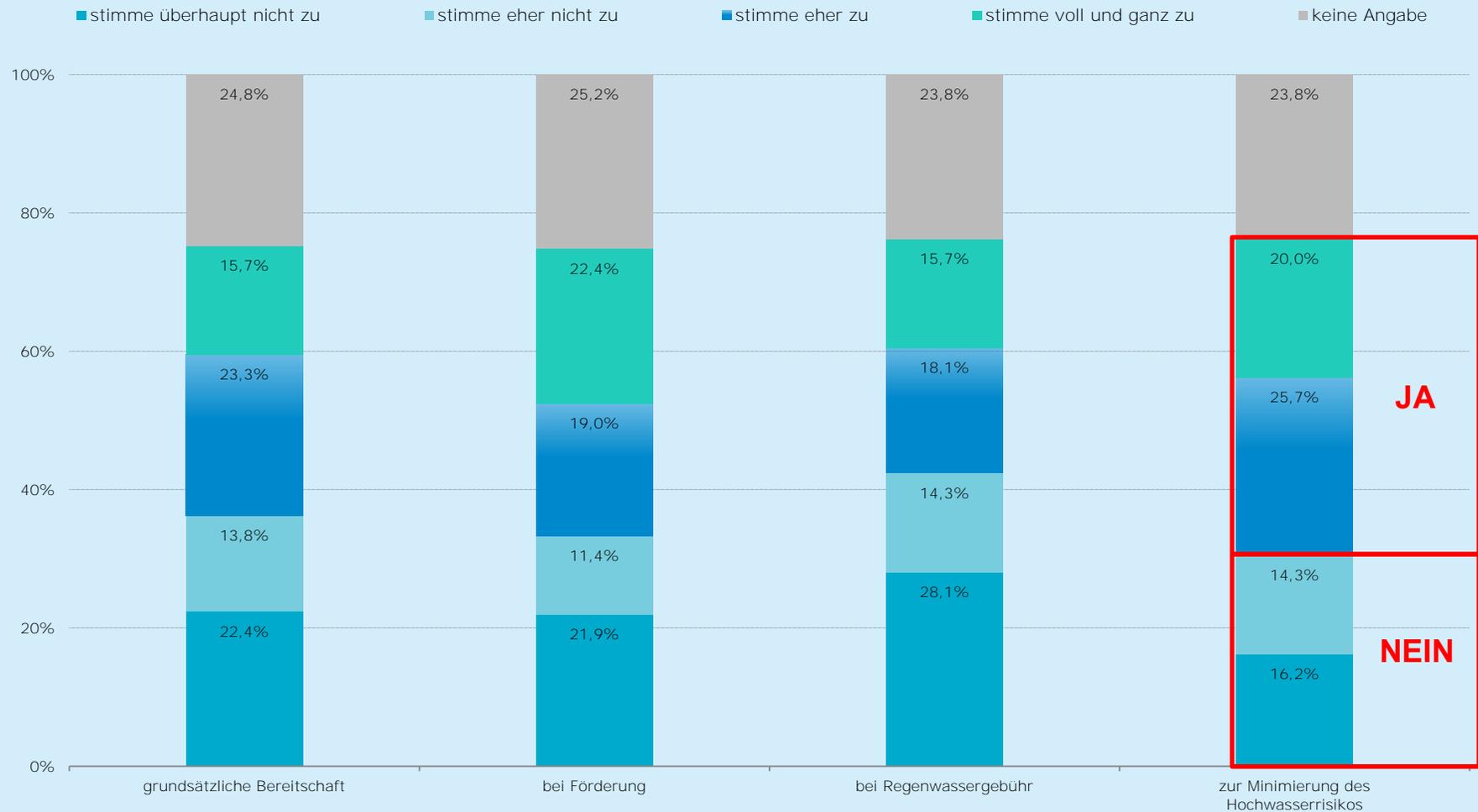


Abbildung 39: Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – überflutete und nicht überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete)

Bereitschaft zur Regenwasserversickerung - Einfamilien-, Mehrfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser (nicht überflutete Objekte)

Σ Teilnehmer 77 (= 100%)

■ stimme überhaupt nicht zu ■ stimme eher nicht zu ■ stimme eher zu ■ stimme voll und ganz zu ■ keine Angabe

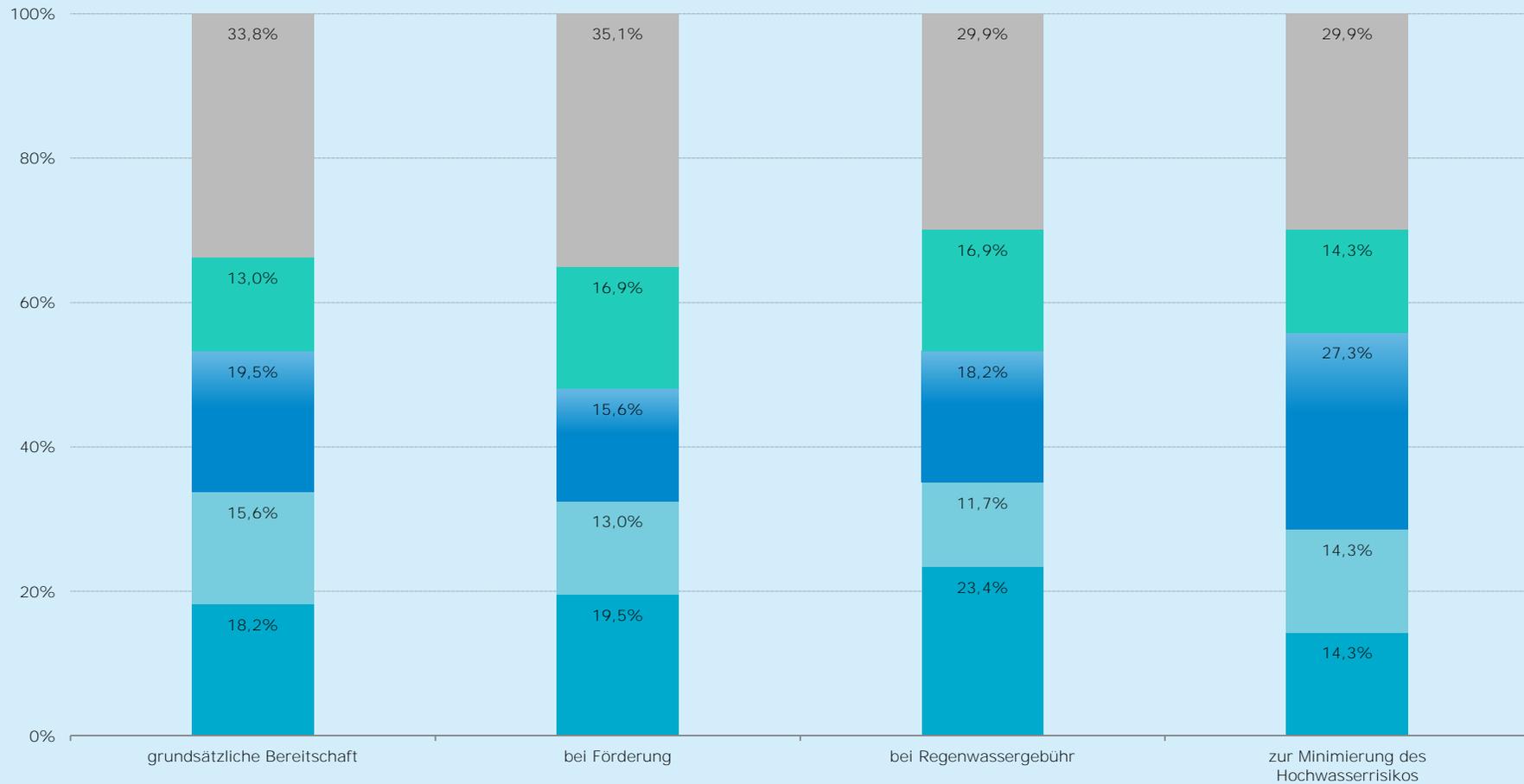


Abbildung 40: Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – nicht überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete)

Bereitschaft zur Regenwasserversickerung - Einfamilien-, Mehrfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser (überflutete Objekte)

Σ Teilnehmer 133 (= 100%)

■ stimme überhaupt nicht zu
 ■ stimme eher nicht zu
 ■ stimme eher zu
 ■ stimme voll und ganz zu
 ■ keine Angabe

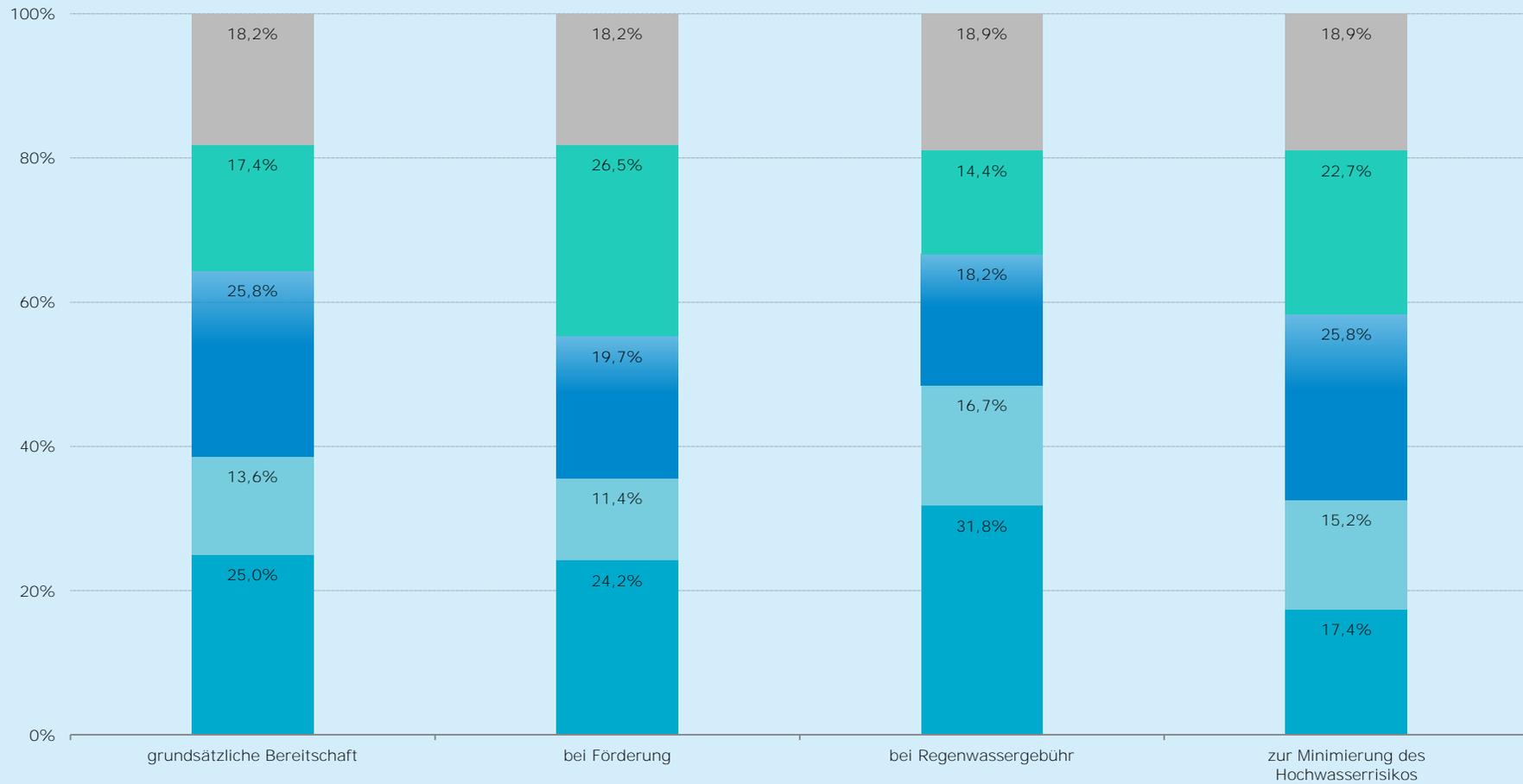


Abbildung 41: Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete)

Bereitschaft für Regenwasserbewirtschaftung mit Nachbarn/in

Σ Teilnehmer 210 (= 100%)

■ stimme überhaupt nicht zu
 ■ stimme eher nicht zu
 ■ stimme eher zu
 ■ stimme voll und ganz zu
 ■ keine Angabe



Abbildung 42: Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen gemeinsam mit Nachbarn

Gegenüberstellung der Abkoppelungspotenziale - Einfamilien-, Mehrfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser

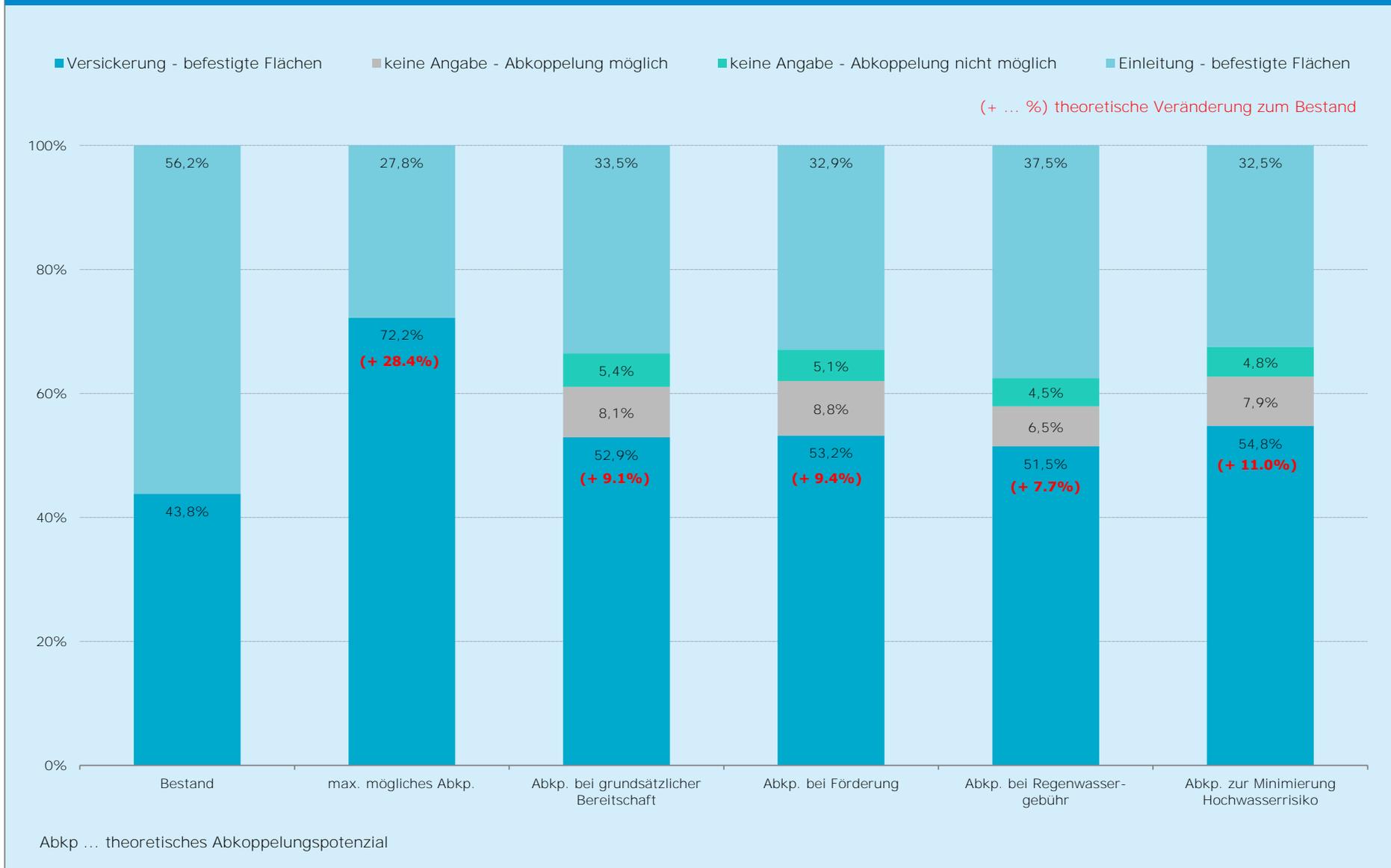


Abbildung 43: Vergleich der derzeitigen Entwässerungssituation der befestigten Flächen mit dem „max. möglichen“ und einem „erwartbaren“ Abkoppelungspotenzial

6.1.4 Nutzenanalysen – Entlastung des Entwässerungssystems

In weiterer Folge wurden die Effektivität des theoretisch maximal möglichen und die Effektivität des „erwartbaren“ Abkoppelungspotenziales (mit Berücksichtigung der Umsetzungsbereitschaft) modelltechnisch überprüft und gegenübergestellt.

Zur Übersicht ist in Abbildung 44 nochmals die Ist - Situation bei einem 5-jährlichen Euler II Modellregen dargestellt.

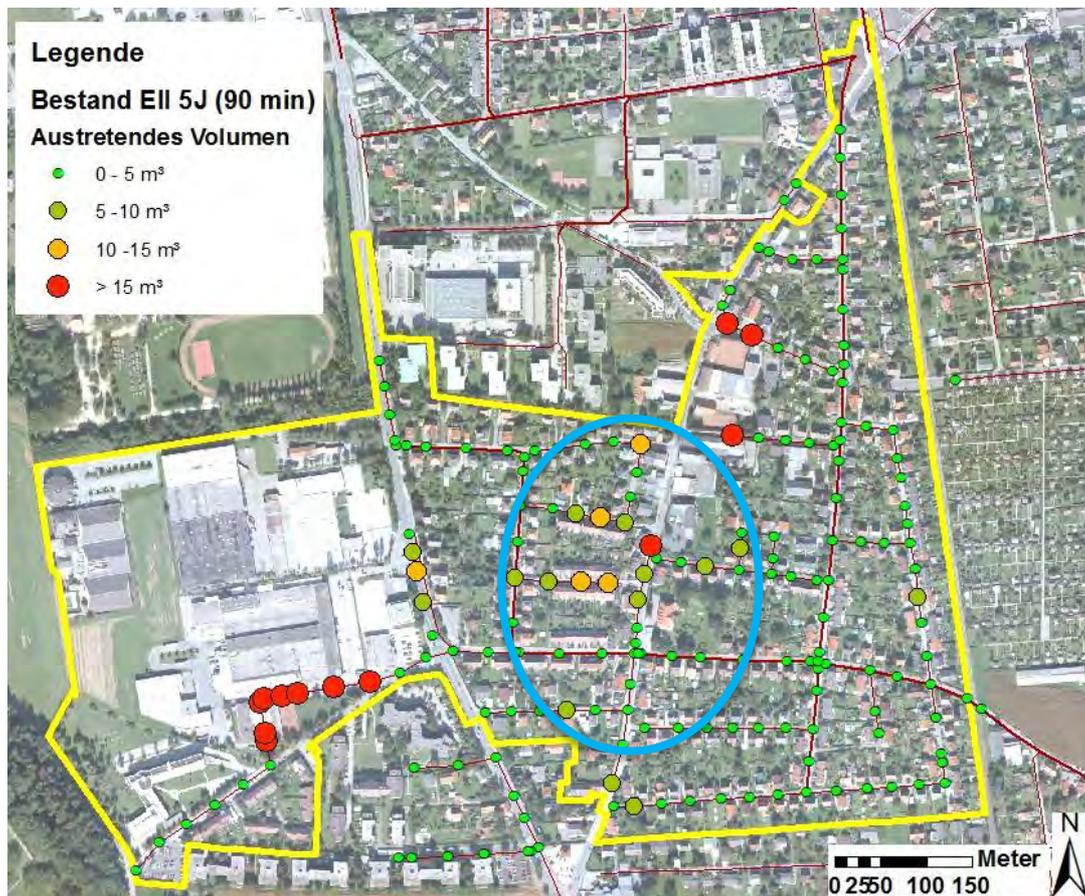


Abbildung 44: IST-Situation bei einem 5-jährlichen Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation)

Bei Ausschöpfung des „erwartbaren“ Abkoppelungspotenziales (Abbildung 45) tritt bei einer geringen Anzahl von Schächten Überstau auf und bei jenen Schächten, welche einen Überstau aufweisen, verringert sich die austretende Wassermenge.

Die Bürgerbefragung zeigte, dass Anreizsysteme geschaffen werden müssten, um das volle theoretische Abkoppelungspotenzial tatsächlich ausschöpfen zu können und um damit zu einer wesentlichen Entlastung des Kanalsystems beizutragen (siehe Abbildung 46 bis Abbildung 48). Bei einem 5-jährlichen Regenereignis würden allerdings auch bei Ausschöpfung des maximalen theoretischen Abkoppelungspotenzials in manchen Bereichen immer noch Überstauereignisse auftreten (Abbildung 46), weshalb dafür auch noch zusätzliche/oder alternative Maßnahmen (wie z. B. Vergrößerung des Kanalquerschnittes, etc.) ergänzend umgesetzt werden müssten.

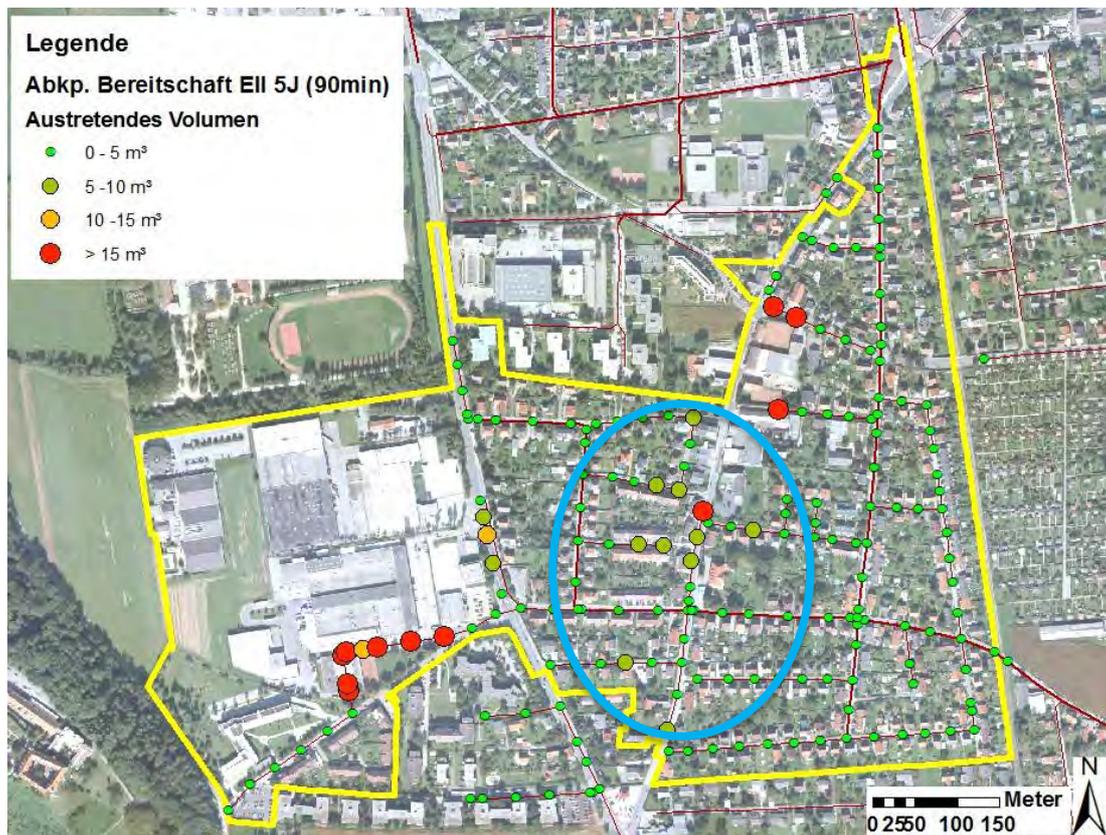


Abbildung 45: Effektivität des „erwartbaren“ Abkoppelungspotenziales bei einem 5-jährlicher Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation)

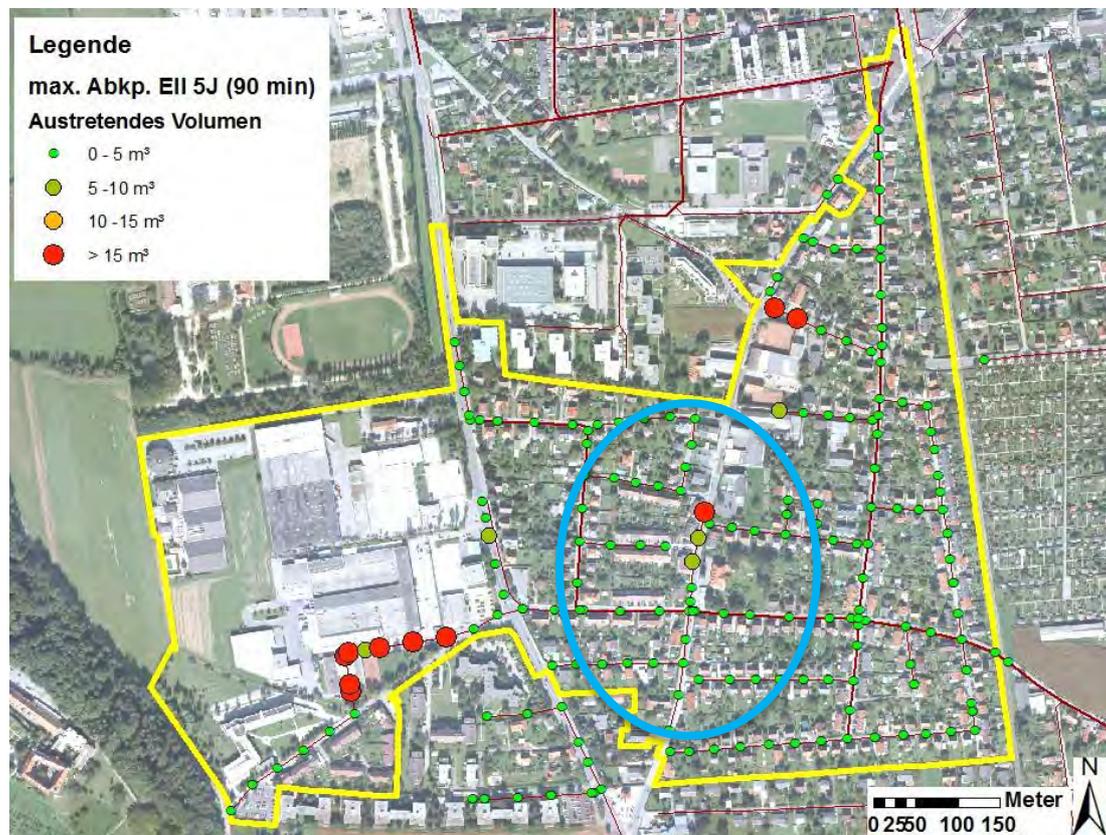


Abbildung 46: Effektivität des „maximalen“ Abkoppelungspotenziales bei einem 5-jährlicher Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation)

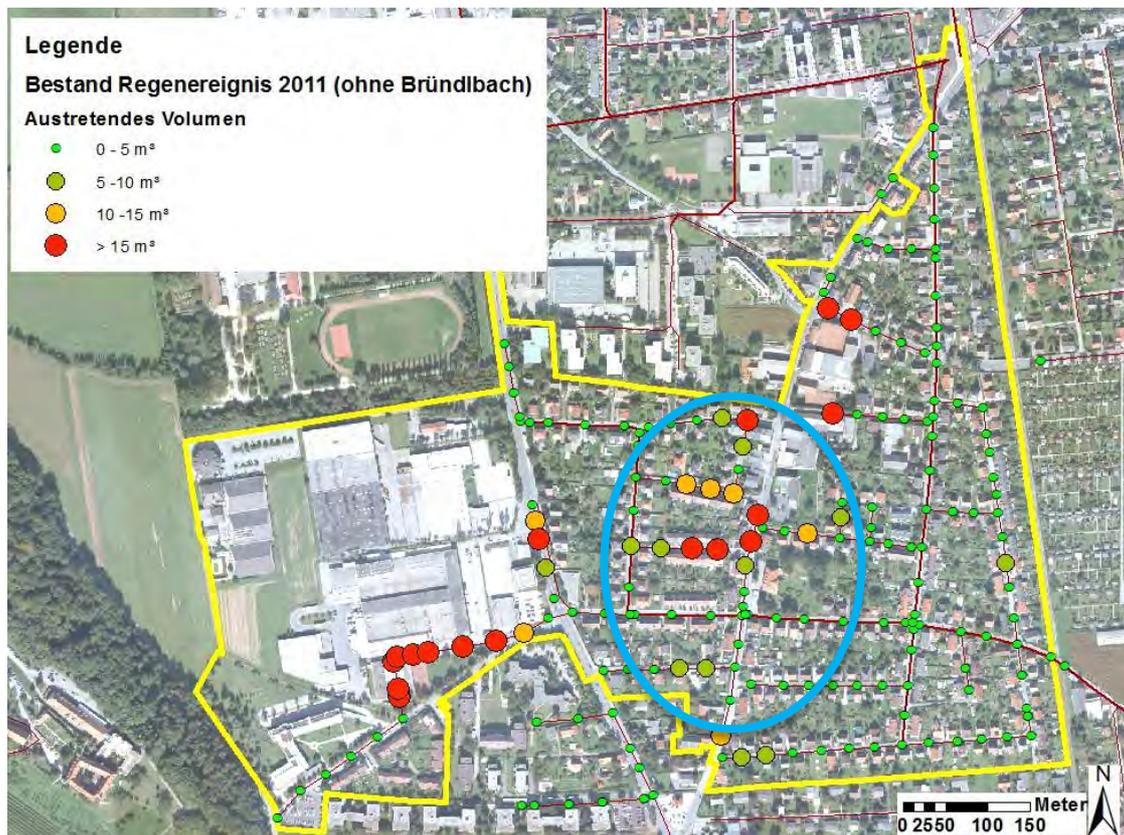


Abbildung 47: Auslastung des Bestands beim Regenereignis 2011 (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation)



Abbildung 48: Effektivität des „maximalen“ Abkoppelungspotenziales beim Regenereignis 2011 (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation)

6.1.5 Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen

Anschließend wurden die identifizierten Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen nach KVR-Leitlinien (2012) miteinander verglichen. Die Kostenanalysen wurden sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung des Bestandes durchgeführt. Bei den Betrachtungen ohne Bestand wurden nur die Mehrkosten, beispielsweise bei einer Querschnittserweiterung den Kosten der dezentralen NWB-Maßnahmen/Maßnahmenpaketen gegenübergestellt. Bei diesem Ansatz geht man davon aus, dass über die laufenden Kanalbenutzungsgebühren Reserven für die Kosten der Sanierung (Erneuerung oder Renovierung) bereits gebildet wurden bzw. gebildet werden. Die Entscheidung über die Betrachtungsweise muss der Kanalbetreiber selbst treffen.

Mit der Projektkostenbarwertmethode wurden unterschiedliche Varianten, wie in Abbildung 49 für einen Bereich beispielhaft dargestellt, über einen Betrachtungszeitraum von 60 Jahren bei einem Barwertzinssatz von 3 % miteinander verglichen. Dabei wurde überprüft, ob die Umsetzung dezentraler NWB-Maßnahmen, alternativer Maßnahmen (Austausch der Haltungen und Vergrößerung des Kanalquerschnitts) oder gegebenenfalls auch Maßnahmenpakete wirtschaftlich sinnvoll wären. Bei den Berechnungen wurde für die dezentralen Maßnahmen und für die Renovierungen mittels Inliner gemäß DWA (2012) jeweils eine technische Nutzungsdauer von 30 Jahren angesetzt. Für den Betrieb und die Wartung der dezentralen NWB-Maßnahmen wäre der Grundstückseigentümer verantwortlich, weshalb die Betriebskosten nicht berücksichtigt wurden.



Abbildung 49: Teilbereich für die beispielhafte Anwendung der Projektkostenbarwertmethode nach DWA (2012)

In diesem Bereich wurden - **unter** Berücksichtigung des Bestandes - folgende Varianten untersucht:

- Var. 1: Erneuerung Bestand + Dimensionsvergrößerung (218 m – in Gelb markiert)
- Var. 2: Erneuerung Bestand + dezentrale Maßnahmen (11 Versickerungsschächte und \approx 80 m Rohrversickerung, 100 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)
- Var. 3: Erneuerung Bestand + dezentrale Maßnahmen (50 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)

- Var. 4: Renovierung Bestand mit Inliner + dezentrale Maßnahmen (100 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)
- Var. 5: Renovierung Bestand mit Inliner + dezentrale Maßnahmen (50 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)

In Abstimmung mit der Holding Graz wurden für die Kanalisation die in der Tabelle 30 angeführten Kostenansätze angesetzt. Für die NWB-Maßnahmen wurden die Kostenansätze aus der Fachliteratur (siehe Tabelle 31) verwendet.

Tabelle 30: Kostenansätze für die Kanalisation (Holding Graz)

Kostenansätze für die Kanalisation			
Kanalisation	Dimension	Herstellungskosten	Nutzungsdauer
Neubau – Kanalisation (mittlere Verbauung)	≤ PFH 250	900 € / m	60 Jahre
	PFH 300 – 500	1.100 € / m	
	PFH 600 – 900	1.500 € / m	
	PFH 1.000 – 1.200	1.800 € / m	
	PFH 1.350 – 1.800	2.100 € / m	
	> PFH 1.800	3.000 € / m	
PFH ... Profilhöhe <u>Kostenzuschläge</u> Dichte Verbauung + 20 % Erneuerung mit oder ohne Dimensionserweiterung der Haltungen + 15 % Renovierung mittels Inliner ≤ PFH 250 ... 400 € / m, > PFH 300 - 500 ... 600 € / m, Nutzungsdauer = 30 Jahre			

Tabelle 31: Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (Gantner, 2002)

Kostenansätze für NWB-Maßnahmen		
NWB-Maßnahmen	Herstellungskosten	Nutzungsdauer
Schachtversickerung	2.000 € / Stück	30 Jahre
Rohrversickerung	200 € / m	

Im Beispiel ist eine Kombination von dezentralen Maßnahmen mit der Renovierung des Bestandes die wirtschaftlich günstigste Variante (Variante 4 oder 5). Eine Renovierung des Bestands mit Inlinern setzt eine Umsetzung von NWB-Maßnahmen voraus (siehe Abbildung 50 und Abbildung 51).

In diesem Bereich wurden - **ohne** Berücksichtigung des Bestandes - folgende Varianten untersucht:

- Var. 1: Mehrkosten durch Dimensionserweiterung (128 m)
- Var. 2: Dezentrale Maßnahmen mit 100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber (11 Versickerungsschächte und ≈ 80 m Rohrversickerung),
- Var. 3: Dezentrale Maßnahmen mit 50 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber

Bei diesem Vergleich ist die Dimensionserweiterung des Kanals die wirtschaftlich günstigste Variante (siehe Abbildung 52 und Abbildung 53). Im Anhang sind die einzelnen Varianten mit den entsprechenden Kostenansätzen beigefügt.

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten, mit Berücksichtigung Bestand)

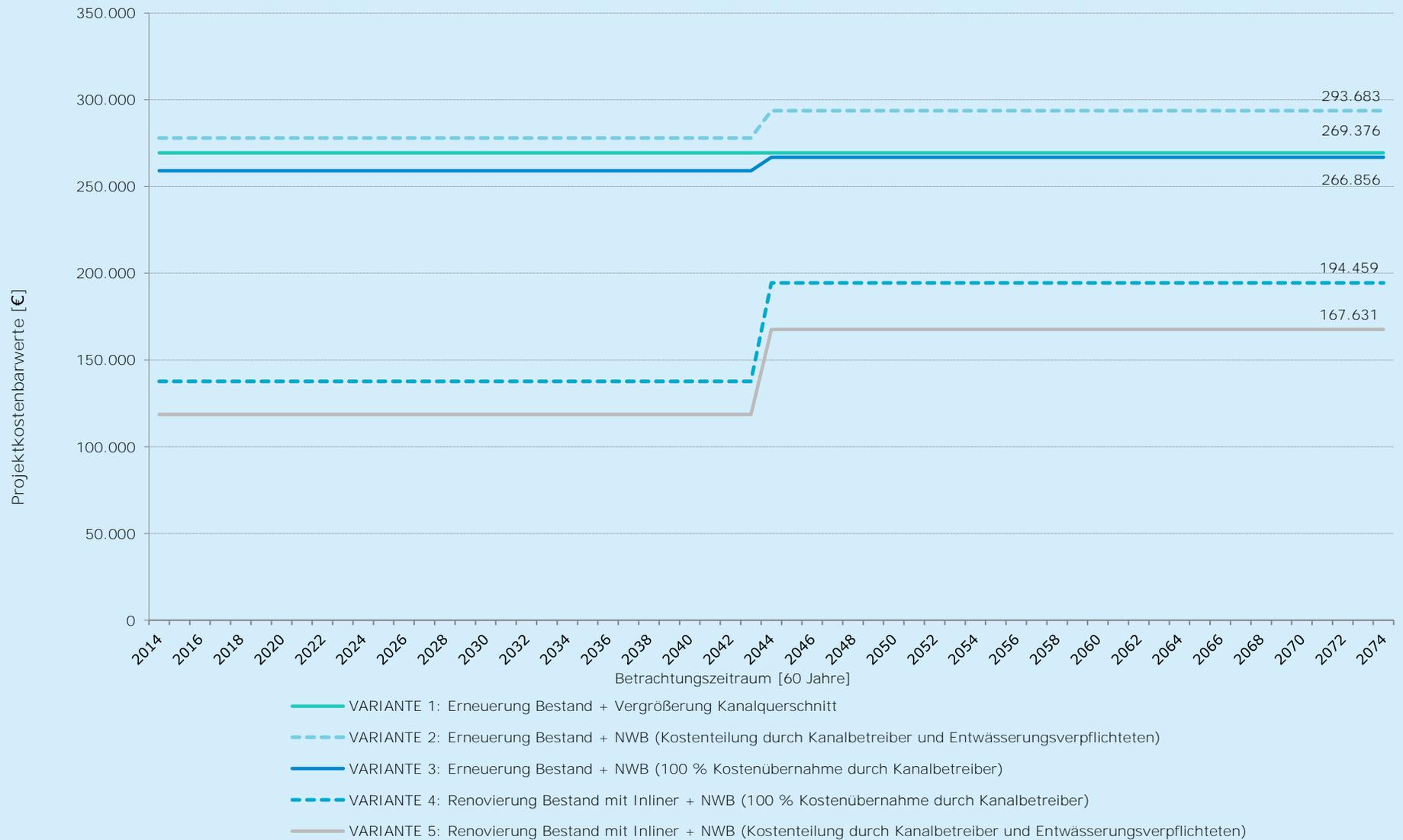


Abbildung 50: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Jahreskosten (ohne Betriebskosten, mit Berücksichtigung Bestand)

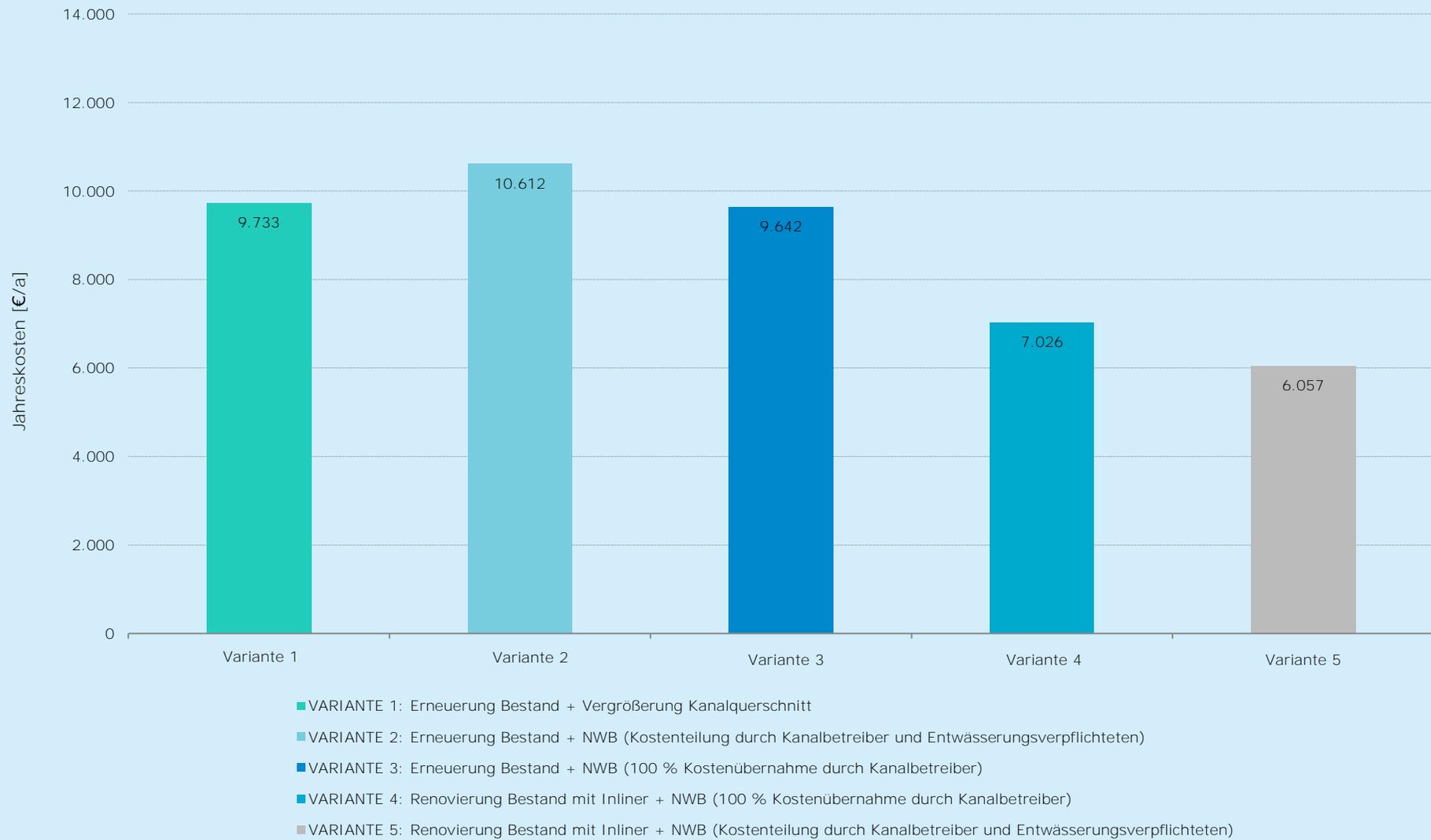


Abbildung 51: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten, ohne Berücksichtigung Bestand)

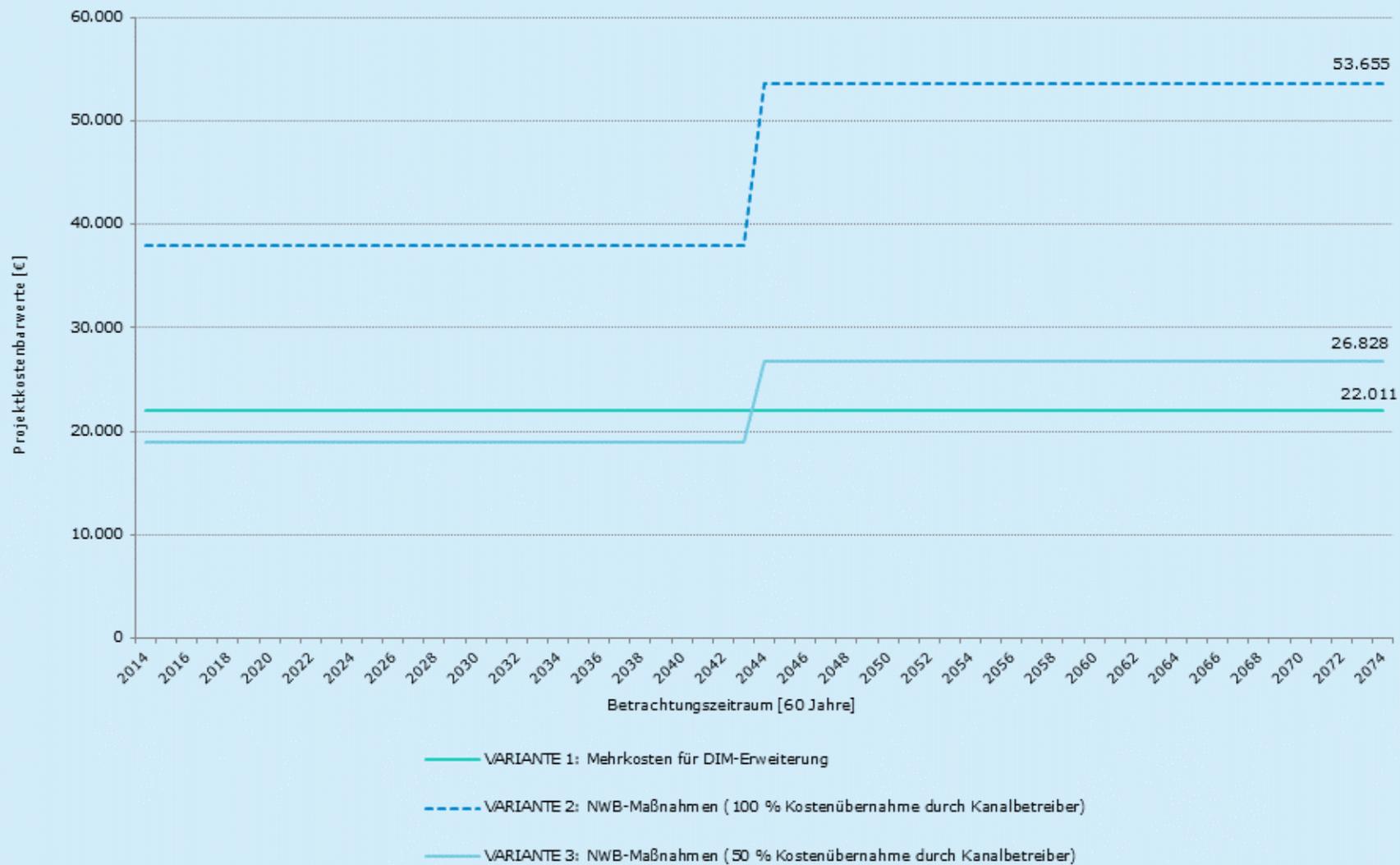


Abbildung 52: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Jahreskosten (ohne Betriebskosten, ohne Berücksichtigung Bestand)

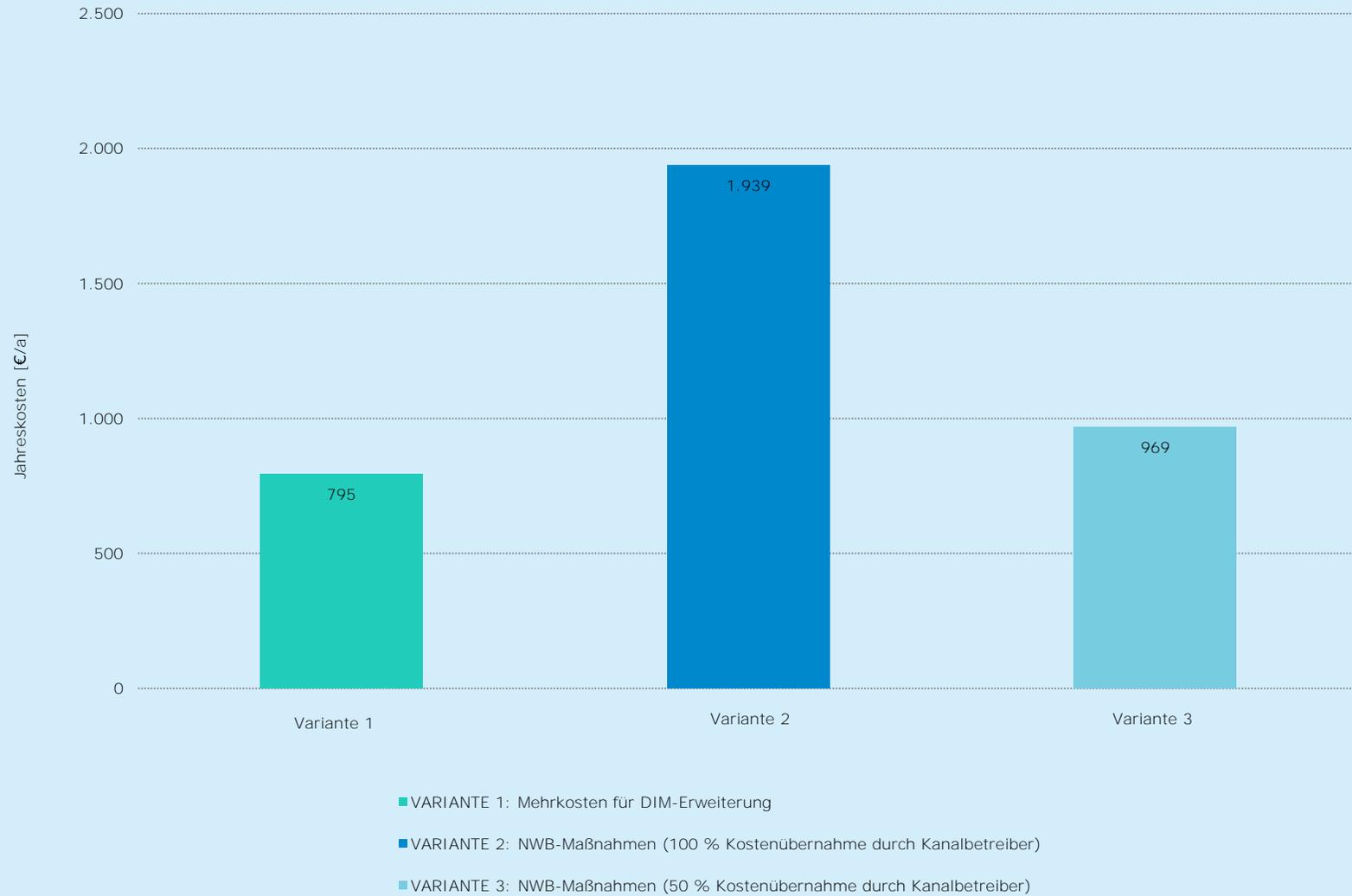


Abbildung 53: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

In Graz werden derzeit die laufenden Kanalgebühren pauschal über die WC-Sitze verrechnet. Eine Niederschlagswassergebühr wird nicht verrechnet. Dezentrale NWB-Maßnahmen werden zurzeit auch nicht gefördert, folglich wäre aktuell auch kein finanzieller Anreiz vorhanden, dezentrale Maßnahmen umzusetzen. Bei einer hydraulischen Sanierung des Projektgebietes wäre es daher sinnvoll, wenn der Kanalbetreiber die Investitions- bzw. Reinvestitionskosten der NWB-Maßnahmen zumindest teilweise übernehmen würde, um für die Grundstückseigentümer einen Anreiz für eine Mitfinanzierung zu schaffen.

Welcher Anreiz für die Umsetzung von dezentralen Maßnahmen bei einer Niederschlagswassergebühr gegeben wäre, verdeutlichen die nachfolgende Abbildung 54 und Abbildung 55.

Es wurden für den Grundstückseigentümer folgende Varianten untersucht:

- Var. 1: Bezahlung einer jährlichen Niederschlagswassergebühr von 1 € /m² a für eine angeschlossene Fläche von 150 m²
- Var. 2: 1 x Schachtversickerung (100 % Kostenübernahme durch Grundstückseigentümer)

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Herstellungs- bzw. Reinvestitionskosten der Schachtversickerung nach 18 Jahren amortisieren würden. Getrennte Gebührenmodelle bzw. Investitionsförderungen würden sich daher als sinnvolle Steuerungs- bzw. Lenkungsmaßnahmen für die Umsetzung von dezentralen Maßnahmen erweisen, um die vollen Abkoppelungspotenziale ausschöpfen zu können.

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten)

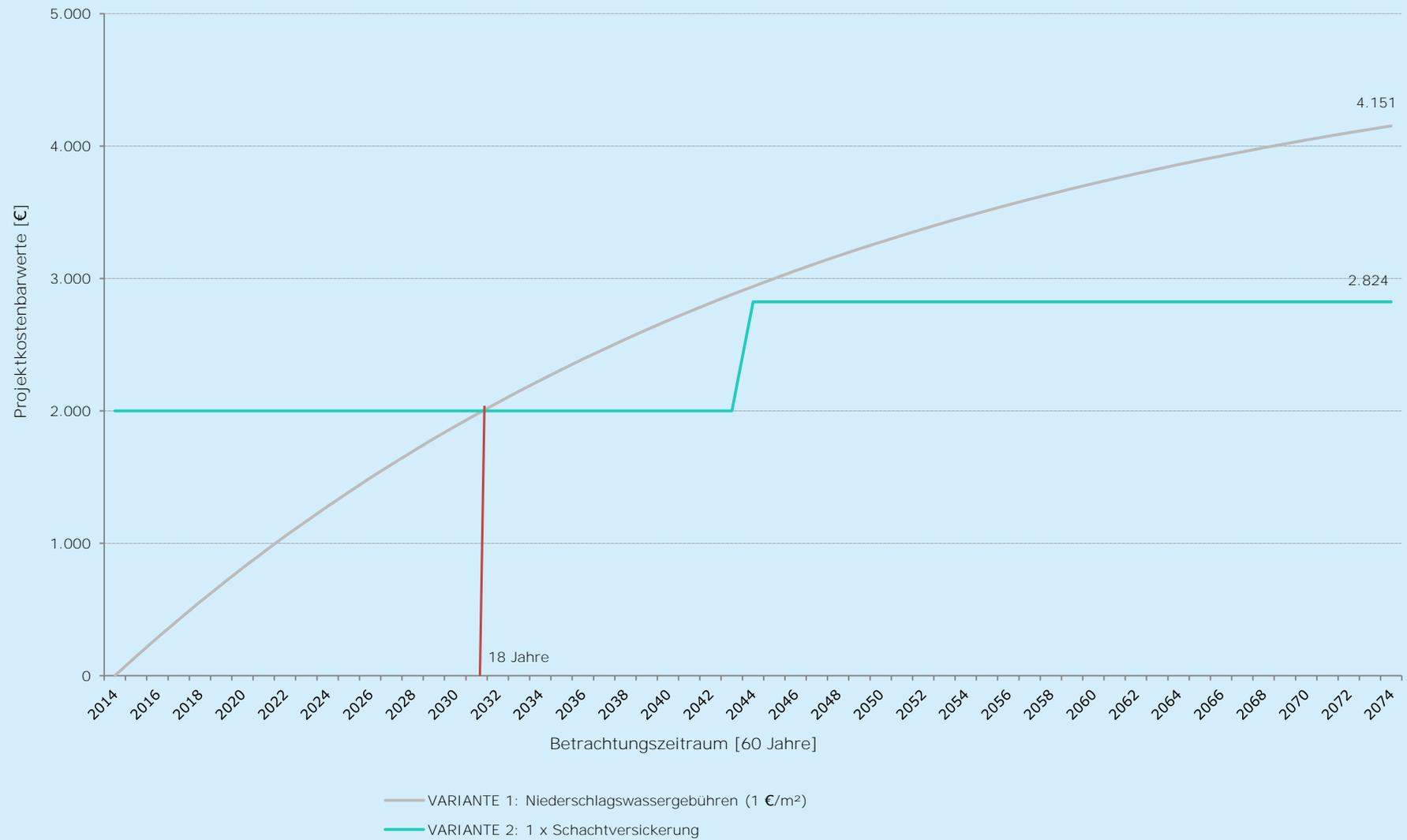


Abbildung 54: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte aus Sicht des Grundstückseigentümers (nach DWA, 2012)

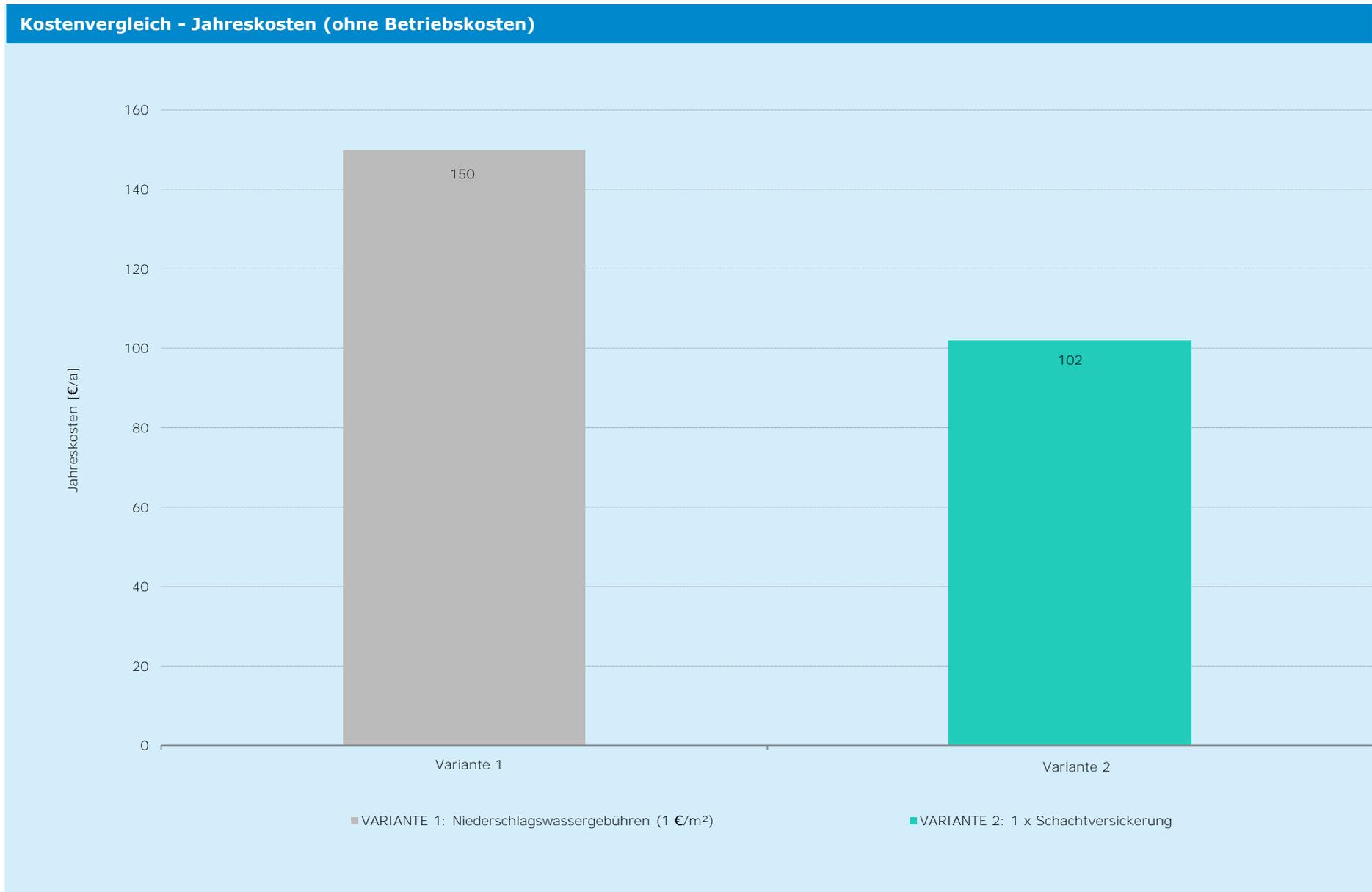


Abbildung 55: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten aus Sicht des Grundstückseigentümers (nach DWA, 2012)

6.1.6 Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete

Abschließend wurden die einzelnen Varianten nach ökonomischen und ökologischen Kriterien bewertet. Durch die Dimensionserweiterung der Kanalquerschnitte (Variante 1) würden zwar hydraulische Engpässe im Entwässerungssystem beseitigt werden, im Hinblick auf die Ökologie würde sich allerdings keine zusätzliche Verbesserung ergeben. Diese Variante wurde daher bei den ökologischen Kriterien mit jeweils 5 Punkten sehr negativ bewertet (siehe Tabelle 32 und Tabelle 33).

Bei der Umsetzung der gewählten NWB-Maßnahmen, der Schacht- und der Rohrversickerungen, würden die Verdunstungsrate etwas erhöht (4 Punkte) und eine Grundwasseranreicherung, sowie eine Reduktion der Entlastungsmenge bzw. der Zulaufmengen zur Kläranlage erreicht werden (jeweils 2 Punkte).

Gemeinsam mit der ökonomischen Betrachtung ergab die Gesamtbewertung, dass die Renovierung des Bestandes mit der Umsetzung von dezentralen NWB-Maßnahmen (siehe Tabelle 32– Variante 3) bzw. die Umsetzung von NWB-Maßnahmen bei einer 50 %-igen Kostenteilung mit dem Entwässerungsverpflichteten, die ökonomisch und ökologisch sinnvollste Variante (siehe Tabelle 33 – Variante 3) wäre.

Tabelle 32: Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Berücksichtigung des Bestandes

Bewertungskriterien	Gewichtung [%]	Variante 1		Variante 2		Variante 3		
		Sanierung Bestand + DIM-Erweiterung		Sanierung Bestand + NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		Renovierung Bestand + NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	50%	3	1,5	4	2	1	0,5
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	5%	5	0,25	4	0,2	4	0,2
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)	15%	5	0,75	2	0,3	2	0,3
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage	20%	5	1	2	0,4	2	0,4
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	Optische Aufwertung des Stadtbildes	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	SUMME	100%	-	4,00	-	3,40	-	1,90

Tabelle 33: Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Nichtberücksichtigung des Bestandes

Bewertungskriterien	Gewichtung [%]	Variante 1		Variante 2		Variante 3		
		DIM-Erweiterung		NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme)		
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	50%	1	0,5	4	2	2	1
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	5%	5	0,25	3	0,15	3	0,15
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)	15%	5	0,75	2	0,3	2	0,3
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage	20%	5	1	2	0,4	2	0,4
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	Optische Aufwertung des Stadtbildes	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	SUMME	100%	-	3,00	-	3,35	-	2,35

6.1.7 Ergebnisse zum Projektgebiet Graz – West

Im Grazer Projektgebiet wurden anhand der vorgestellten Methodik die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen bei hydraulischen Engpässen im Entwässerungssystem und bei urbanen Überflutungen untersucht.

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurde eine soziologische Umfrage mittels Fragebogen durchgeführt. Es zeigte sich, dass damit wertvolle Daten für die Abschätzung des möglichen Abkoppelungspotenzials unter Berücksichtigung der Umsetzungsbereitschaft der Bewohner/innen gewonnen werden konnten, jedoch war der Aufwand auch beträchtlich.

Die im Projektgebiet durchgeführten Simulationsstudien zeigten, dass bei Ausschöpfung des maximalen theoretischen Abkoppelungspotenzials nicht alle hydraulischen Engpässe beseitigt werden könnten, aber es zu einer deutlichen Entlastung des Entwässerungssystems und damit zu einer Reduzierung des Hochwasserrisikos kommen würde. Zusätzliche Maßnahmen wie z. B. die Errichtung eines Stauraumkanals oder eine Dimensionsvergrößerung von Kanalquerschnitten wären erforderlich.

Die Bereitschaft für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen ist zufolge der durchgeführten Bürgerbefragung aber nur von einem Teil der Bewohnern/innen vorhanden. Um das maximale theoretische Abkoppelungspotenzial auszuschöpfen, müssten daher zusätzliche Anreizsysteme wie z. B. verursachergerechte Kanalbenutzungsgebühren oder Fördersysteme eingeführt bzw. geschaffen werden.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Bewusstseinsbildung der betroffenen Bewohner/innen im Umgang mit Hochwasser und Überflutungen. Die Bewohner/innen sollten darauf hingewiesen werden, dass sie mit der Umsetzung von NWB-Maßnahmen auch selbst zu einer Reduzierung des Hochwasser- und Überflutungsrisikos beitragen können. Anhand von Simulationsergebnissen konnten die positiven Effekte von NWB-Maßnahmen veranschaulicht und verdeutlicht werden. Ihnen sollte jedoch auch bewusst gemacht werden, dass es trotz der Errichtung des Hochwasserrückhaltebeckens und der Abkoppelung des Gewerbegebietes keinen vollkommenen Hochwasser- bzw. Überflutungsschutz geben wird und ein Restrisiko bei Extremereignissen immer verbleiben wird.

In manchen Bereichen zeigten die durchgeführten Kosten-Nutzen-Analysen, dass mögliche NWB-Maßnahmen/Maßnahmenpakete nicht nur aus ökologischen, sondern auch aus ökonomischen Gründen zu bevorzugen wären. Mögliche Kosteneinsparungen könnten vom Kanalbetreiber wiederum zur Bereitstellung von Investitionsfördermitteln genutzt werden.

Die dankenswerterweise von sehr vielen Bürgern im Untersuchungsgebiet ausgefüllten Grundstücksfragebögen könnten auch eine wertvolle Grundlage darstellen, um die Eigentümer individuell bei der Reduzierung von festgestellten Defiziten zu beraten und damit ihr Restrisiko weiter zu reduzieren.

6.2 Projektgebiet: Weiz

Das Projektgebiet hat eine Fläche von rund 112 ha, ist von der Bbauungsstruktur ein ländliches Wohngebiet mit ca. 680 Objekten und befindet sich im Nordosten der Stadtgemeinde Weiz (siehe Abbildung 56). Im Projektgebiet treten Hangneigungen von bis zu 40 % auf.

Die Stadtgemeinde Weiz besitzt ein Kanalnetz mit einer Gesamtlänge von 85 km (rund 80 % Mischwasserkanalisation) und eine Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 30.000 EW₆₀.

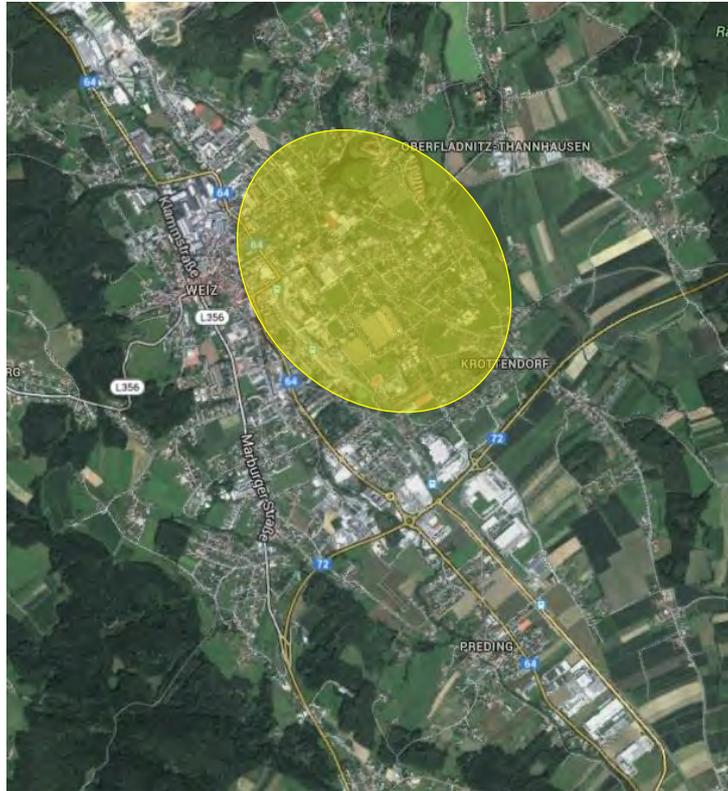


Abbildung 56: Lage des Projektgebietes Weiz (<http://maps.google.at>)

6.2.1 Defizitanalyse

Im Projektgebiet traten in den letzten Jahren mehrmals urbane Überflutungen infolge von Hangwässern und hydraulischen Engpässen im Entwässerungssystem auf.

6.2.2 Bestandsanalyse

Entsprechend einer Luftbildauswertung sind mehr als 40 % der gesamten Flächen im Projektgebiet versiegelt (siehe Abbildung 58). Die versiegelten Flächen wurden in Gebäude/Dachflächen, befestigte Flächen und öffentliche Straßenflächen unterschieden. Laut Auskunft der Stadtgemeinde Weiz ist davon auszugehen, dass bis auf den in Abbildung 57 in Blau gekennzeichneten Bereich alle befestigten Flächen ungedrosselt in die Kanalisation entwässern. Im Blau gekennzeichneten Bereich handelt es sich um ein Neubaugebiet, wo in der Baubewilligung eine Retention von 30 l / m² Dachfläche vorgeschrieben wurde.



Abbildung 57: Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Weiz

Bestandsanalyse - Bebaute und versiegelte Flächen im Projektgebiet "Weiz"

Σ Fläche 112 ha (= 100%)

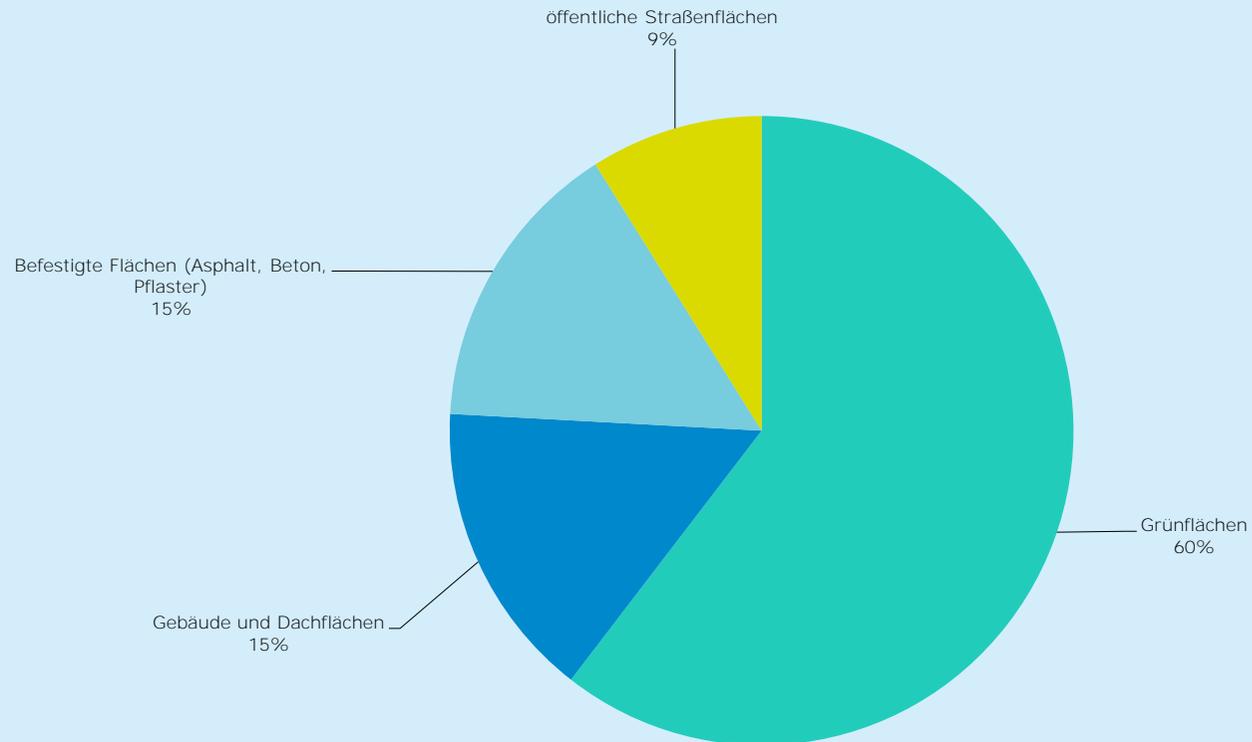


Abbildung 58: Prozentuelle Verteilung der versiegelten Flächen im Projektgebiet Weiz

6.2.3 Hydrodynamische 1D – 1D Modellierung

Modellerstellung

Um den oberflächigen Abfluss von Hangwässern auf Straßen sowie von an überstauenden Schächten austretendem Wasser abschätzen zu können, wurde das über der Kanalisation liegende Straßennetz als hydrodynamisches 1D Modell mit offenen Gerinnen, als sogenanntes 1D-1D Modell bzw. Dual Drainage System, abgebildet (siehe Abbildung 59). Dieser Ansatz bietet die Möglichkeit, den Aus- und Wiedereintritt von Wasser an unterschiedlichen Schächten zu simulieren. Damit kann auf die Hauptfließwege, Volumina und Wasserstände auf der Straßenoberfläche geschlossen werden, wodurch gefährdete Bereiche besser abgegrenzt werden können.

Im hydrodynamischen 1D-1D Modell wird das aus der Kanalisation austretende Wasser nicht fiktiv auf dem überstauten Schacht gespeichert und von dort aus an der gleichen Stelle wieder in das Kanalnetz zurückgeführt. Stattdessen kann das austretende Wasser entlang des offenen Gerinnemodells des Straßennetzes abfließen und z. B. bei einem unterliegenden Straßeneinlaufgitter oder einem Sinkkasten wieder in das Kanalnetz eintreten (siehe Abbildung 59). Auch konnte bei diesem Modellansatz das Schluckvermögen der Straßeneinlaufschächte berücksichtigt werden. So reduziert sich beispielsweise bei einer Straßenlängsneigung von 5 % und einem Zulauf von 15 l/s das Schluckvermögen des Einlaufgitters auf 90 % des Maximalwertes (Nemecek, 1979).

Zur genaueren Analyse der Gefährdungspotenziale können damit schließlich die Wasserstandhöhen aus dem 1D-1D Modell realitätsnäher abgeschätzt werden.

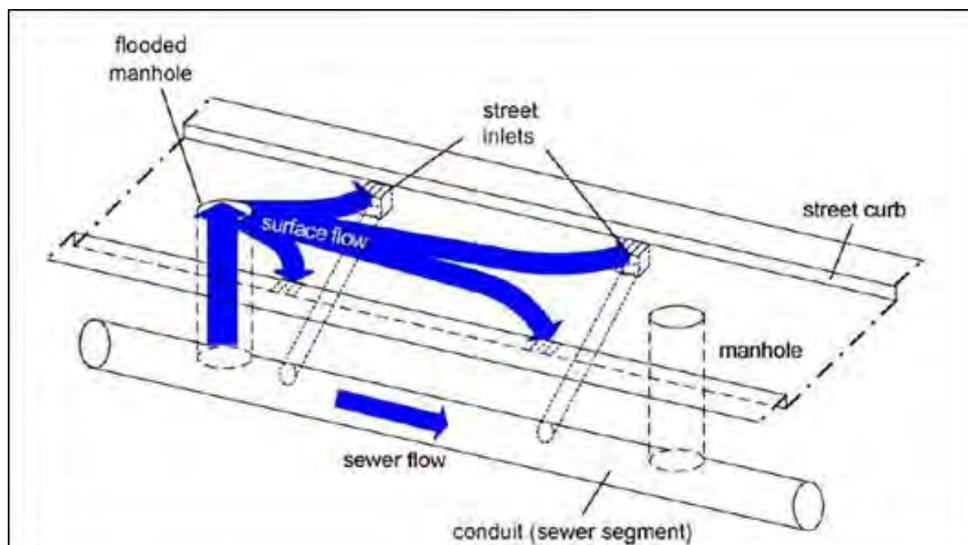


Abbildung 59: Systemskizze der Wechselwirkungen zwischen Abfluss im Kanal und des Oberflächenabflusses (Schmitt et al., 2004); Wasser tritt an einem Schacht aus und kann nach Abfluss auf der Straßenoberfläche an untenliegenden Straßeneinläufen wieder in das Kanalnetz eintreten, sofern es die hydraulische Kapazität des Kanalnetzes zulässt.

Für die Modellerstellung wurde wiederum ein hochauflösender Modellmaßstab gewählt. Für jede einzelne Fläche wurden dabei die Fließwege anhand eines geographischen Informationssystems (www.gis.steiermark.at) abgeschätzt und im Modell entsprechend angesetzt. Die unbefestigten Flächen wurden im Modell an den Straßen (offenem Gerinne), die befestigten Flächen an die Kanalisation gekoppelt (siehe Abbildung 60 und Abbildung 61).



Abbildung 60: Hochauflösendes hydrodynamisches 1D-1D Modell vom Projektgebiet Weiz. Die rot strichlierten Linien sind die mittels GIS ermittelten Fließwege der Grünflächen.

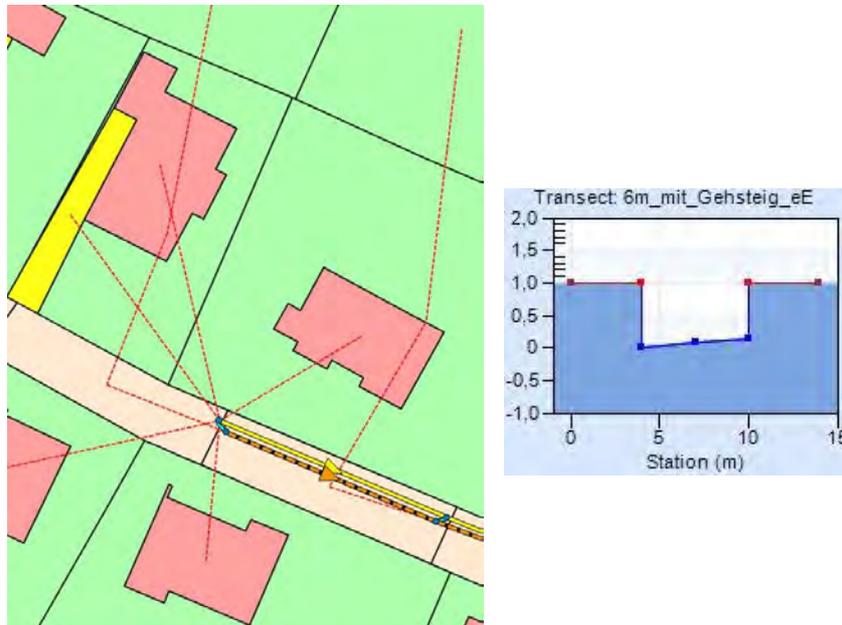


Abbildung 61: Links: Teilbereich des 1D-1D Modells mit der Kopplung der befestigten Flächen (rot = Gebäude/Dachflächen, gelb = befestigte Flächen, beige = öffentliche Straßenflächen) an der Kanalisation (gelbe Volllinie) und der unbefestigten Flächen an der Straße bzw. am offenen Gerinne (orange strichlierte Linie) Rechts: Modellhafte Abbildung des offenen Gerinnes (= Straßenquerschnitt).

Kalibrierung und Validierung

Eine Kalibrierung des hydrodynamischen 1D-1D Modells konnte aufgrund fehlender Niederschlags- bzw. Durchflussmengen nicht durchgeführt werden. Die Modellergebnisse wurden allerdings durch die Stadtgemeinde Weiz auf deren Plausibilität hin geprüft.

Hydraulische Leistungsfähigkeit der Kanalisation – Überstaunachweise

Das Projektgebiet Weiz ist von der Nutzungskategorie her sowohl als „ländliches Gebiet“ als auch als „Wohngebiet“ einzustufen, wodurch der Entwässerungskomfort entsprechend ÖWAV-RB 11 (2009) mit maximal einem Überstauereignis in zwei bzw. in drei Jahren definiert werden kann.

Die 1D-1D Modellierungsergebnisse zeigten, dass im Projektgebiet bis zu einem 3-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 30 Minuten Überstauereignisse vor allem im Bereich der Weizbergstraße, der Birkfelder Straße, der Koschatgasse und der Offenburger Gasse auftreten (siehe Abbildung 62). Die höchsten Wasserstände sind laut Modell auf der Birkfelder Straße zu verzeichnen. Die Modellergebnisse wurde seitens der Stadtgemeinde Weiz auf deren Plausibilität überprüft und auch bestätigt.

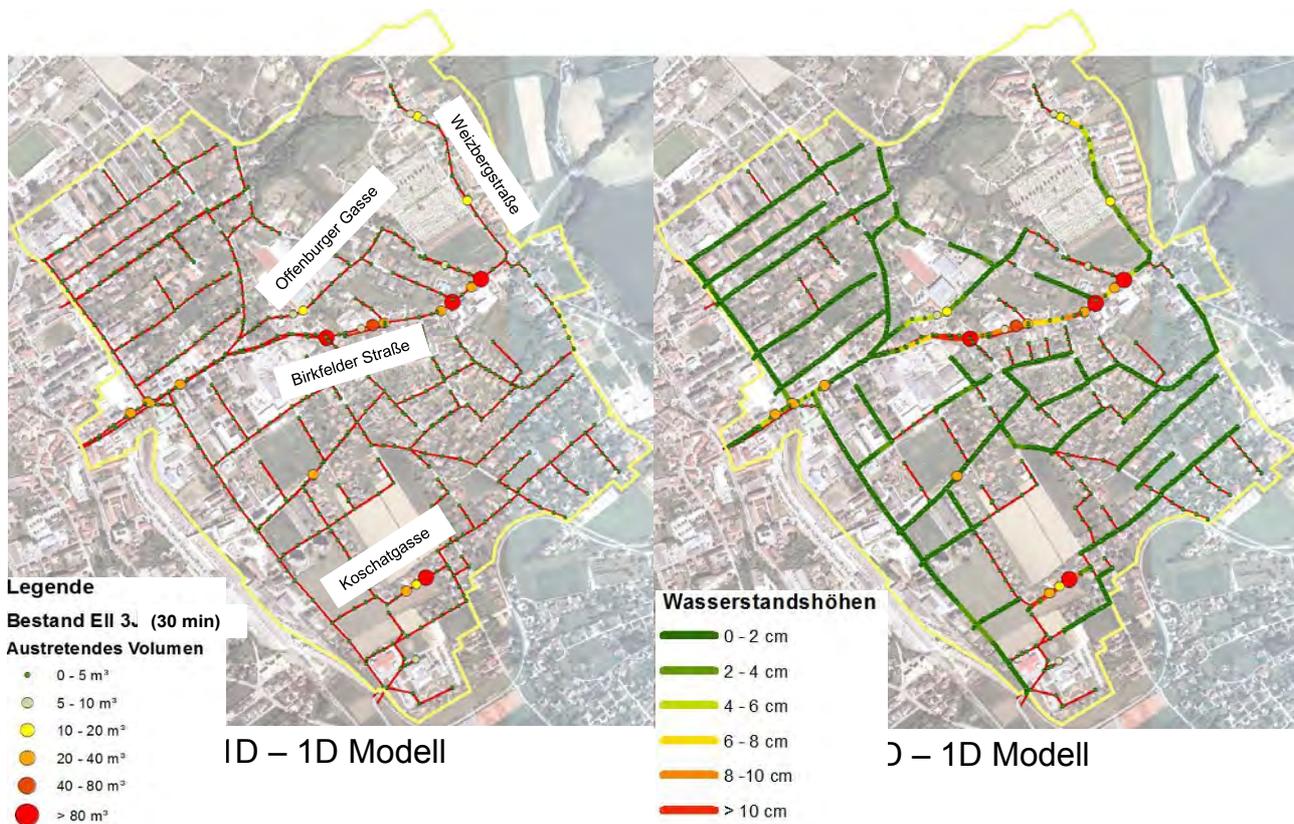


Abbildung 62: Links: Überstaunachweis nach ÖWAV-RB 11 (2009) bei einem 3-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 30 Minuten, rechts: 1D-1D modellierte Wasserstandshöhen auf den Straßen

6.2.3.1 Bestimmung des Abkoppelungspotenzials

Für die Abschätzung des Abkoppelungspotenzials wurden, in Abstimmung mit der Stadtgemeinde Weiz, Bereiche definiert, in welchen eine Versickerung bzw. eine Retention der Dachflächen theoretisch möglich wäre (siehe Abbildung 63). Das Retentionsvolumen für eine gedrosselte Einleitung in die Kanalisation wurde entsprechend den derzeitigen behördlichen Auflagen für Neubauten mit jeweils 30 l/m² Dachfläche ermittelt und festgelegt.



Abbildung 63: Abschätzung des Abkoppelungspotenziales in Abstimmung mit der Stadtgemeinde Weiz

6.2.4 Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen

In der Stadtgemeinde Weiz sind derzeit keine Anreizsysteme für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen vorhanden, weshalb eine mögliche Umsetzung wahrscheinlich auch relativ schwierig zu realisieren wäre. Eine Bürgerbefragung wurde in Weiz nicht durchgeführt.

6.2.5 Nutzenanalysen – Verringerung der Hangwasserproblematik und Entlastung des Entwässerungssystems

Bei der Ausschöpfung des maximal möglichen Abkoppelungspotenzials bzw. des definierten Retentionsvolumens von jeweils 30 l/m² Dachfläche wird das bestehende Entwässerungssystem bei einem 3-jährlichen Bemessungsregen deutlich entlastet. Auch die Wasserstände auf den Straßen würden sich wesentlich verringern (siehe Abbildung 64).

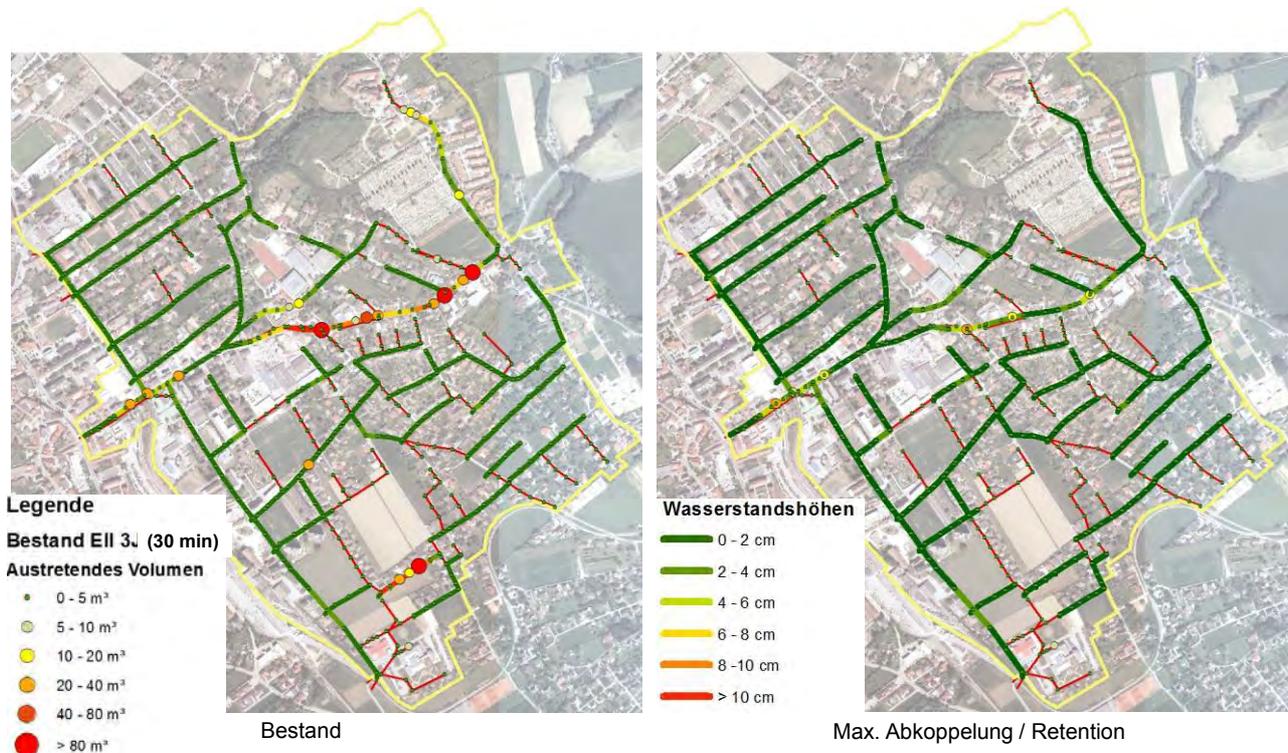


Abbildung 64: Vergleich des Bestandes mit der Ausschöpfung des max. möglichen Abkoppelungspotenzials und der Installation des behördlich vorgegebenen Retentionsvolumens von jeweils 30 l/m² Dachfläche

6.2.6 Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen

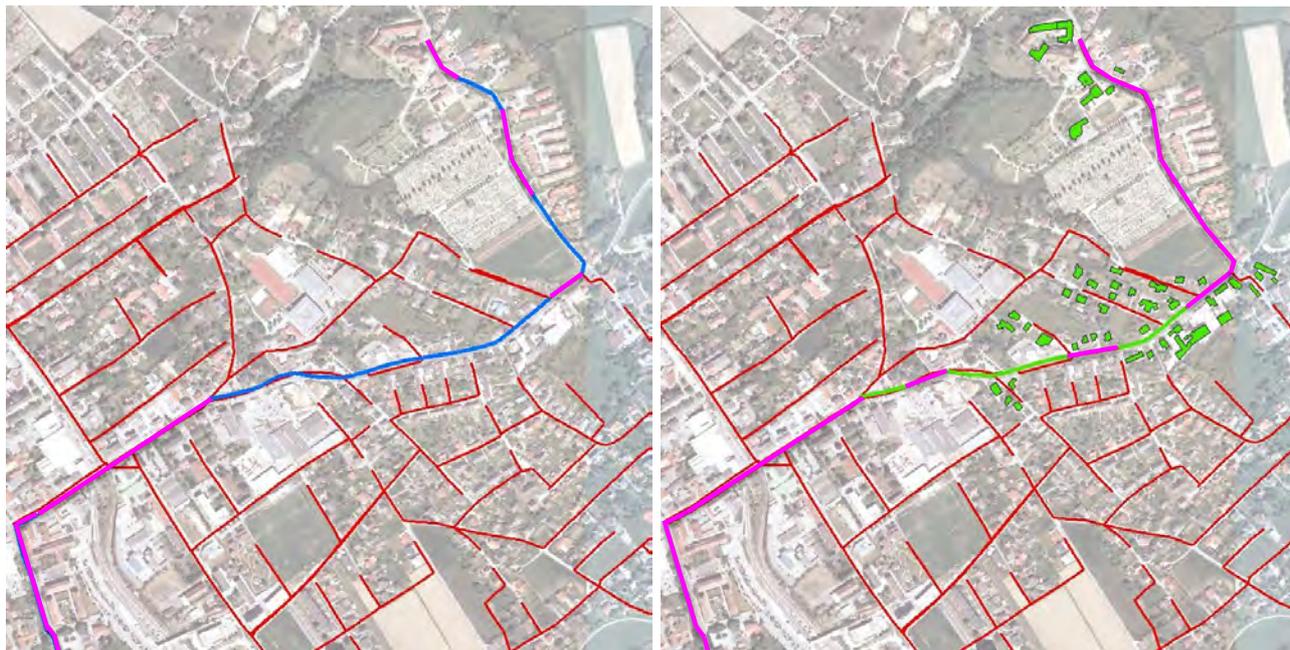
Die verschiedenen möglichen hydraulischen Sanierungsvarianten, wie die Dimensionserweiterung und die Dimensionserweiterung in Kombination mit dezentralen NWB-Maßnahmen, wurden schließlich wieder mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen untersucht und miteinander verglichen. Die durchgeführten Simulationsstudien zeigten, dass dezentrale NWB-Maßnahmen alleine für eine hydraulische Sanierung nicht ausreichen würden.

Die Kostenanalysen wurden mit und ohne Berücksichtigung des Bestandes durchgeführt. In der Stadtgemeinde Weiz findet die Renovierung mittels Inliner kaum Anwendung, weshalb auch nur die Erneuerung des Bestands betrachtet wurde. Für den Betrieb und die Wartung der dezentralen NWB-Maßnahmen wäre der Grundstückseigentümer verantwortlich, weshalb die Betriebskosten nicht berücksichtigt wurden.

Es wurden folgende Varianten für den Bereich Weizbergstraße - Birkfelder Straße untersucht (siehe Abbildung 65):

- Var. 1: Erneuerung Bestand + Dimensionsvergrößerung (1.142 m – in Blau markiert)
- Var. 2: Erneuerung Bestand + Dimensionsvergrößerung (434 m – in Grün markiert) + dezentrale Maßnahmen (≈ 570 m³ Retentionsvolumen, 100 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)
- Var. 3: Erneuerung Bestand + Dimensionsvergrößerung (434 m – in Grün markiert) + dezentrale Maßnahmen (≈ 570 m³ Retentionsvolumen, 50 % Kostenübernahme für NWB-Maßnahmen durch Kanalbetreiber)

Bereich: Weizbergstraße - Birkfelder Straße



Variante 1:
Erneuerung Bestand +
DIM-Erweiterung

Variante 2:
Erneuerung Bestand +
DIM-Erweiterung +
dezentrale NWB-Maßnahmen

Abbildung 65: Mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen untersuchte hydraulische Sanierungsvarianten für die Weizbergstraße und Birkfelder Straße

In Abstimmung mit der Stadtgemeinde Weiz wurden für die Kanalisation die in der Tabelle 34 angeführten Kostenansätze angesetzt. Für die NWB-Maßnahmen wurden die Kostenansätze aus der Fachliteratur (siehe Tabelle 35) verwendet.

Tabelle 34: Kostenansätze für die Kanalisation (Stadtgemeinde Weiz)

Kostenansätze für die Kanalisation			
Kanalisation	Dimension	Herstellungskosten	Nutzungsdauer
Neubau – Kanalisation (lose Verbauung)	≤ PFH 250	300 € / m	60 Jahre
	PFH 300 – 500	450 € / m	
	PFH 600 – 900	550 € / m	
	PFH 1.000 – 1.200	900 € / m	
	PFH 1.350 – 1.800	1.450 € / m	
	> PFH 1.800	2.500 € / m	
PFH ... Profilhöhe <u>Kostenzuschläge</u> Mittlere Verbauung + 20 %, Dichte Verbauung + 70 % Austausch mit oder ohne Dimensionserweiterung der Haltungen + 15 %			

Tabelle 35: Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (u.a. Sieker, 2014)

Kostenansätze für NWB-Maßnahmen		
NWB-Maßnahme	Herstellungskosten	Nutzungsdauer
Dezentrale Retention	900 € / m³	60 Jahre

Die Kostenanalysen wiesen in diesem Bereich die Dimensionserweiterung der Kanalquerschnitte sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung des Bestands als kostengünstige Variante aus (siehe Abbildung 66 bis Abbildung 69).

Im Anhang sind die einzelnen Varianten mit den entsprechenden Kostenansätzen beigefügt.

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten, mit Berücksichtigung Bestand)

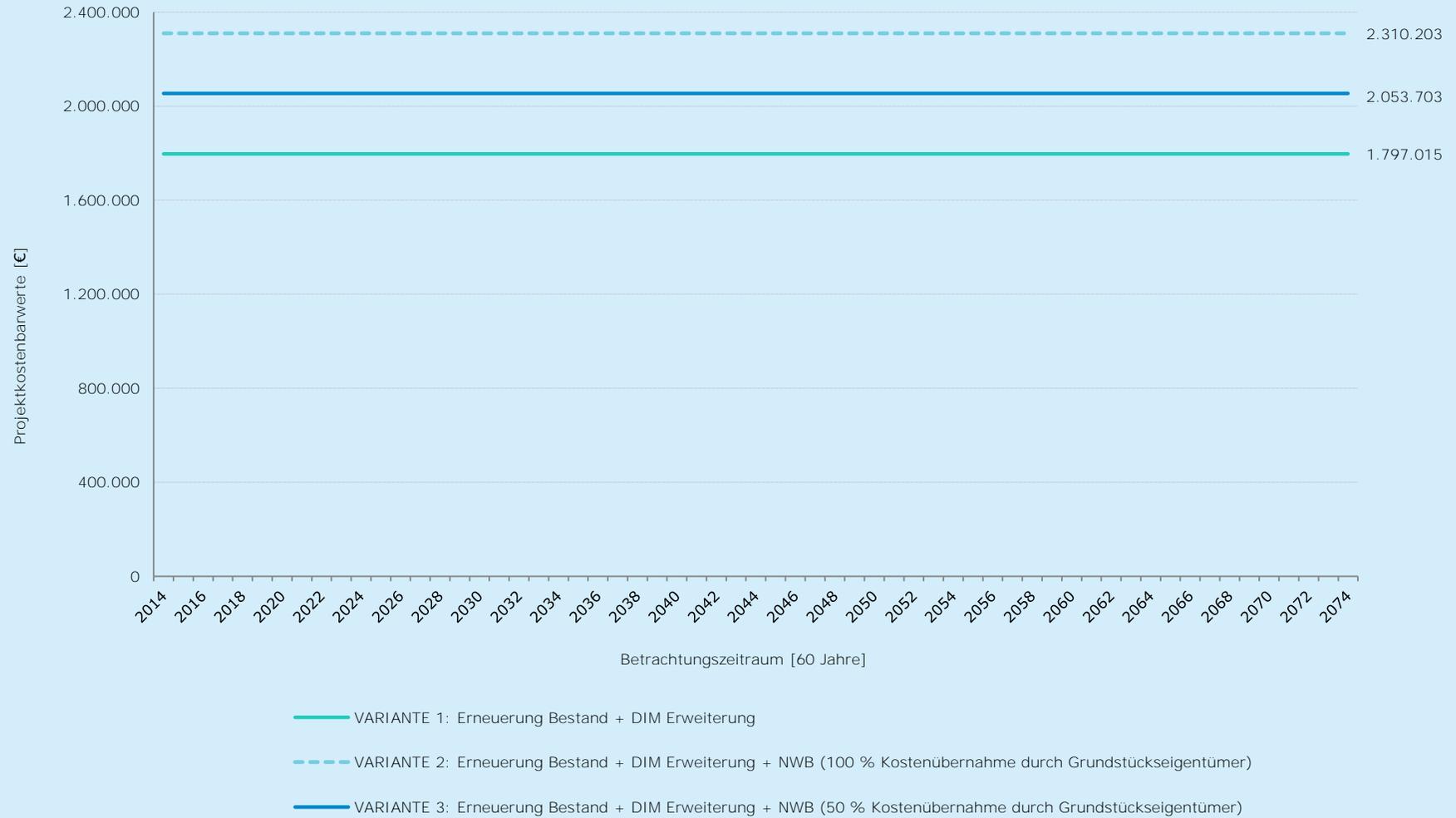


Abbildung 66: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte unter Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Jahreskosten (ohne Betriebskosten, mit Berücksichtigung Bestand)

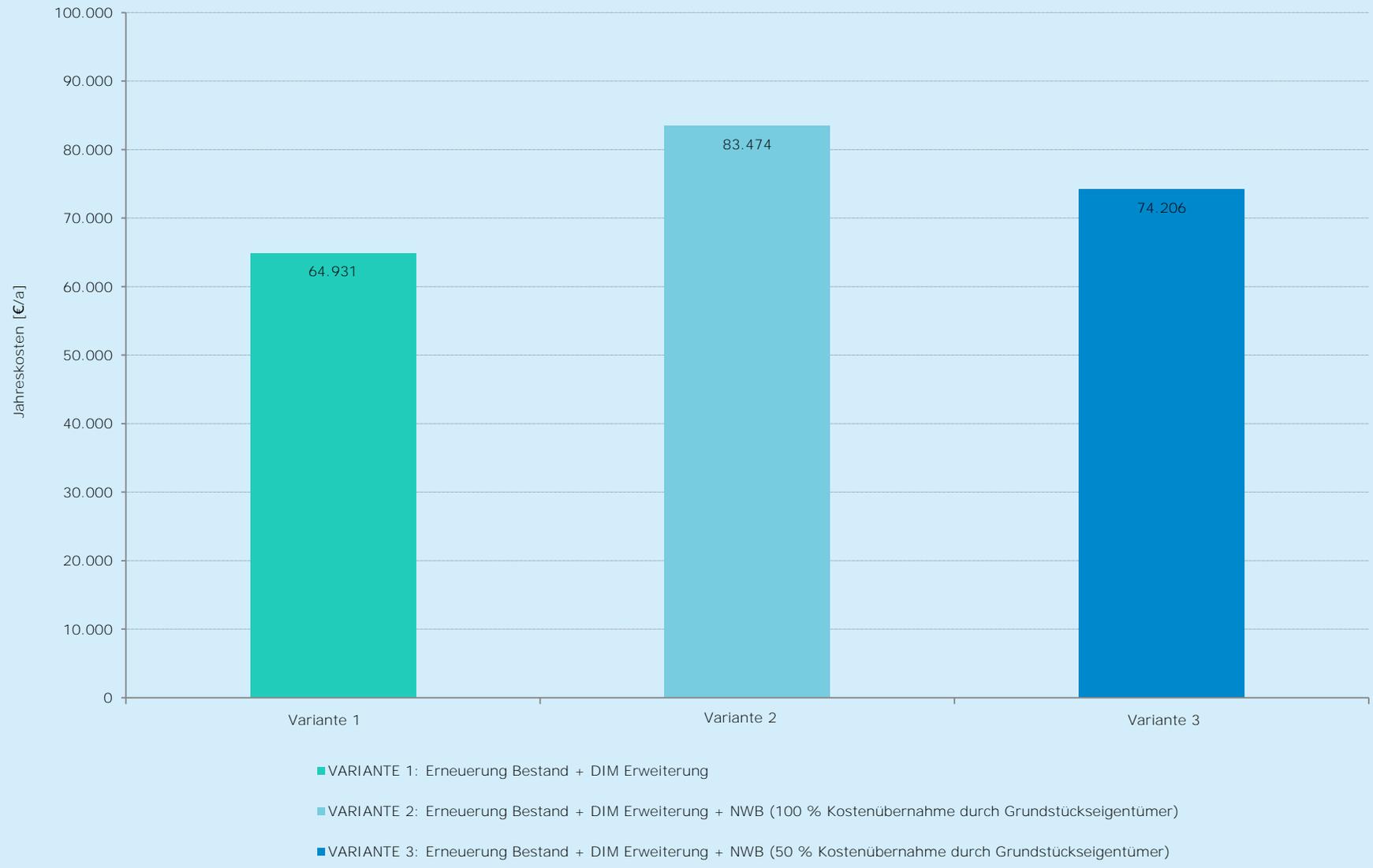


Abbildung 67: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten, ohne Berücksichtigung Bestand)

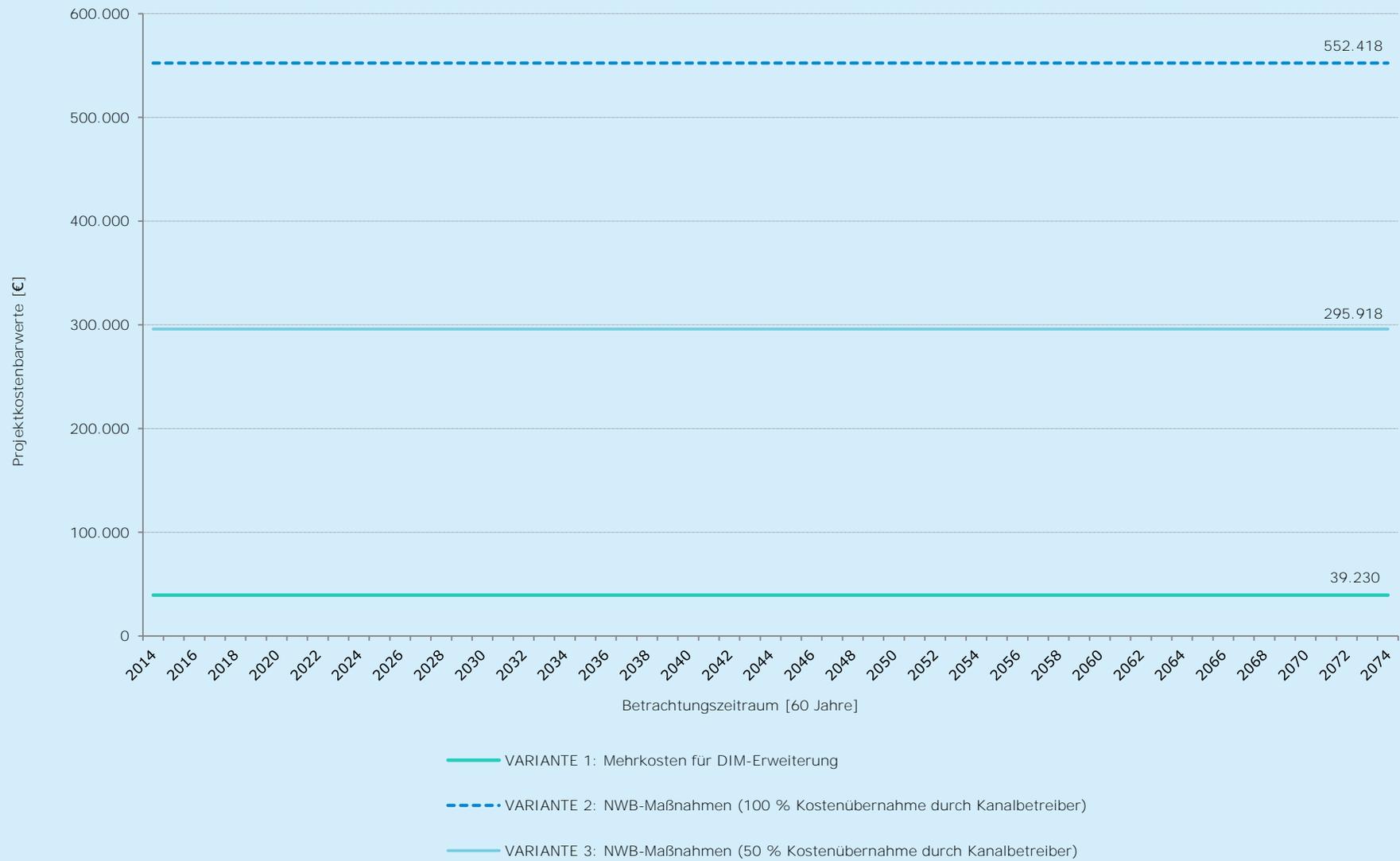


Abbildung 68: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

Kostenvergleich - Jahreskosten (ohne Betriebskosten, ohne Berücksichtigung Bestand)

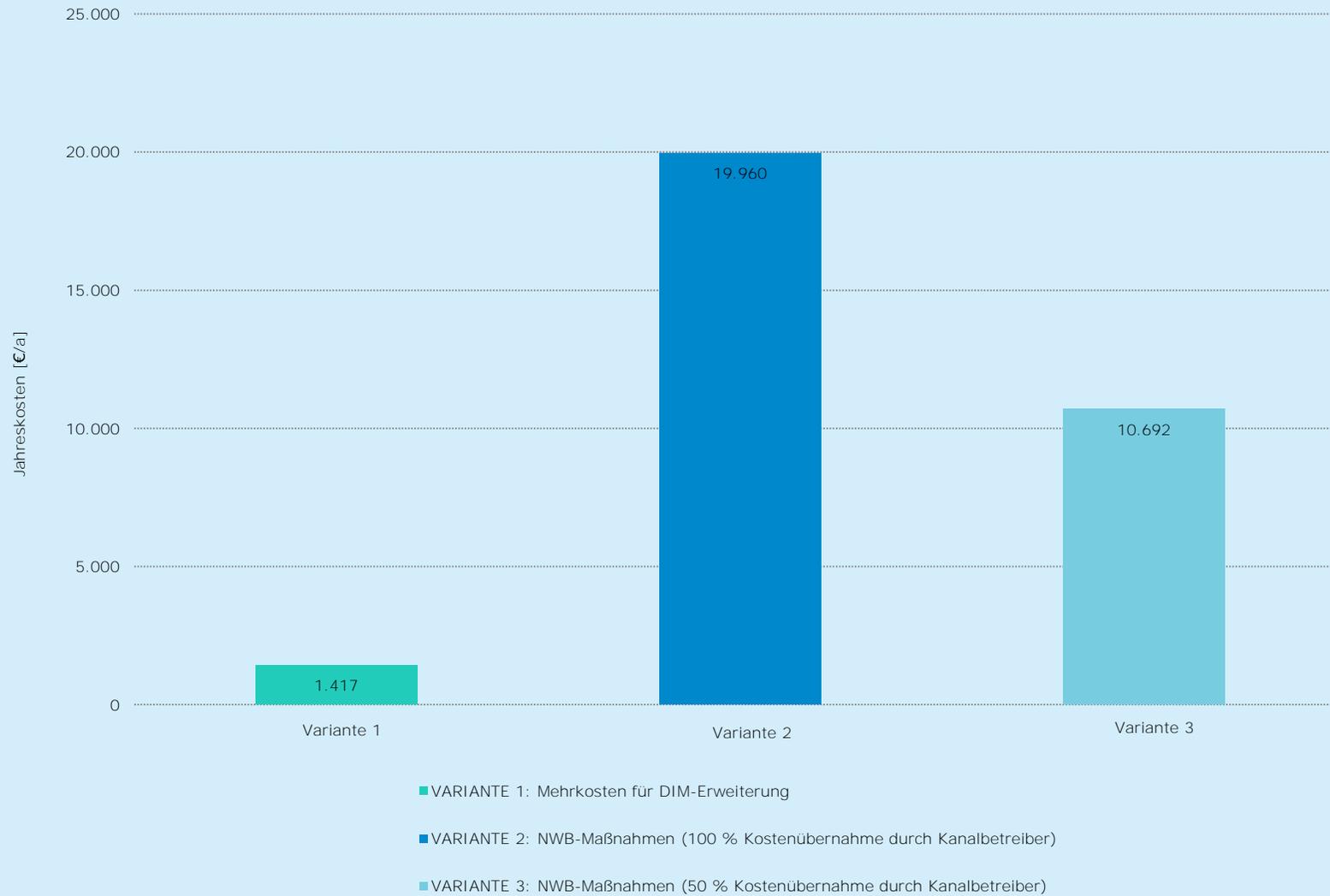


Abbildung 69: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)

6.2.7 Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete

Bereich: Weizbergstraße - Birkfelder Straße

Die Dimensionserweiterung der Kanalquerschnitte (Variante 1) wurde bei den ökologischen Kriterien wiederum mit jeweils 5 Punkten sehr negativ bewertet (siehe Tabelle 36 und Tabelle 37). Eine Dimensionserweiterung der Kanalquerschnitte in Kombination mit einer Retention (Variante 2 bzw. 3) erhöht hingegen im geringen Umfang die Verdunstungsraten (4 Punkte), dämpft den Spitzenabfluss und reduziert damit mögliche Mischwasserentlastungen (3 Punkte). Sie bietet zusätzlich die Möglichkeit, das gespeicherte Niederschlagswasser auch zu nutzen und damit den Trinkwasserverbrauch zu reduzieren (3 Punkte).

Zusammen mit der ökonomischen Bewertung ergab sich daraus, dass bei der Berücksichtigung des Bestandes die Variante 3 bzw. bei Nichtberücksichtigung des Bestandes die Variante 1 die sinnvollste wäre.

Tabelle 36: Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Berücksichtigung des Bestandes

Bewertungskriterien	Gewichtung [%]	Variante 1		Variante 2		Variante 3		
		Sanierung + DIM-Erweiterung		Sanierung + DIM-Erweiterung + NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		Sanierung + DIM-Erweiterung + NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme)		
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	50%	1	0,50	3	1,50	2	1,00
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	5%	5	0,25	4	0,20	4	0,20
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage	20%	5	1,00	3	0,60	3	0,60
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung	5%	5	0,25	3	0,15	3	0,15
	Optische Aufwertung des Stadtbildes	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	SUMME	100%	-	3,00	-	3,45	-	2,95

Tabelle 37: Gesamtbewertung der einzelnen Varianten bei Nichtberücksichtigung des Bestandes

Bewertungskriterien	Gewichtung [%]	Variante 1		Variante 2		Variante 3		
		DIM-Erweiterung		DIM-Erweiterung + NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		DIM-Erweiterung + NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme)		
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	50%	1	0,50	5	2,50	4	2,00
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	5%	5	0,25	4	0,20	4	0,20
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)	15%	5	0,75	5	0,75	5	0,75
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage	20%	5	1,00	3	0,60	3	0,60
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung	5%	5	0,25	3	0,15	3	0,15
	Optische Aufwertung des Stadtbildes	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	SUMME	100%	-	3,00	-	4,45	-	3,95

6.2.8 Ergebnisse zum Projektgebiet Weiz

Im Weizer Projektgebiet wurden die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen auf die Überflutungsproblematik in Hanglagen untersucht. Es zeigte sich, dass die Anwendung der entwickelten Methodik auch in diesem Projektgebiet sinnvoll war.

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden mittels Simulationswerkzeug die Fließwege der Hangwässer abgebildet und damit die hydraulischen Engpässe im Entwässerungssystem und die Problembereiche im Projektgebiet aufgezeigt. In Abstimmung mit der Stadtgemeinde Weiz wurden Bereiche definiert, in welchen eine Versickerung bzw. eine Retention der Dachflächen theoretisch möglich wäre.

Die anschließenden Simulationsstudien bestätigten, dass die Umsetzung der identifizierten NWB-Maßnahmen trotz Hanglage zu einer wesentlichen Entlastung des Entwässerungssystems führen und damit zu einer deutlichen Reduzierung des Überflutungsrisikos beitragen. Es konnte auch nachgewiesen werden, dass die für Neubauten vorgeschriebenen Retentionsmaßnahmen von zumindest 30 l/m² Dachfläche sinnvoll sind.

Das bestehende Entwässerungssystem wird derzeit in manchen Bereichen bereits hydraulisch saniert. Die Ergebnisse der Fallstudie können hierbei einfließen. Die Kosten-Nutzen-Analysen zeigten beispielsweise für die Weizbergstraße und Birkfelder Straße, dass eine hydraulische Sanierung in Kombination mit NWB-Maßnahmen nur bei einer Kostenteilung mit den Bewohnern/innen auch ökonomisch sinnvoll wäre. Nachdem es in der Stadtgemeinde Weiz derzeit auch keine Anreizsysteme für die verstärkte Umsetzung von NWB-Maßnahmen gibt, ist eine hydraulische Sanierung in Kombination mit NWB-Maßnahmen wohl nur sehr schwer umsetzbar und wenn, dann sicherlich auch nur über einen längeren Zeitraum.

6.3 Projektgebiet: Linz

Das Projektgebiet Linz ist ein Teilgebiet des Bezirks „St. Magdalena“, hat eine Fläche von rund 68 ha, ist von der Bebauungsstruktur ein städtisches Wohngebiet mit ca. 730 Objekten und befindet sich im Norden der Stadt Linz (siehe Abbildung 70).

Die Stadt Linz besitzt ein Kanalnetz mit einer Gesamtlänge von 572 km (68 % Mischwasserkanalisation) und eine Kläranlage mit einer Ausbaugröße von 950.000 EW₆₀, in welche zusätzlich 39 Umlandgemeinden einleiten.



Abbildung 70: Lage des Projektgebietes Linz (<http://maps.google.at>)

6.3.1 Defizitanalyse

Im Linzer Projektgebiet traten bislang weder Überflutungen auf, noch sind hydraulische Engpässe bekannt. In diesem Gebiet wurden dezentraler NWB-Maßnahmen anhand von Stoffstromanalysen untersucht und hinsichtlich des Weiterleitungswirkungsgrads gemäß ÖWAV-RB 19 (2007) bewertet.

6.3.2 Bestandsanalyse

Im Projektgebiet Linz sind rund 40 % der Flächen versiegelt (siehe Abbildung 71 und Abbildung 72). Diese Flächen wurden für die anschließenden Stoffstromanalysen in Dachflächen/Gebäude, befestigte Flächen und öffentliche Straßenflächen unterschieden. Bis auf die in Rot gekennzeichneten Bereiche ist laut Linz AG davon auszugehen, dass die versiegelten Flächen an der Mischwasserkanalisation angeschlossen sind (siehe Abbildung 73).

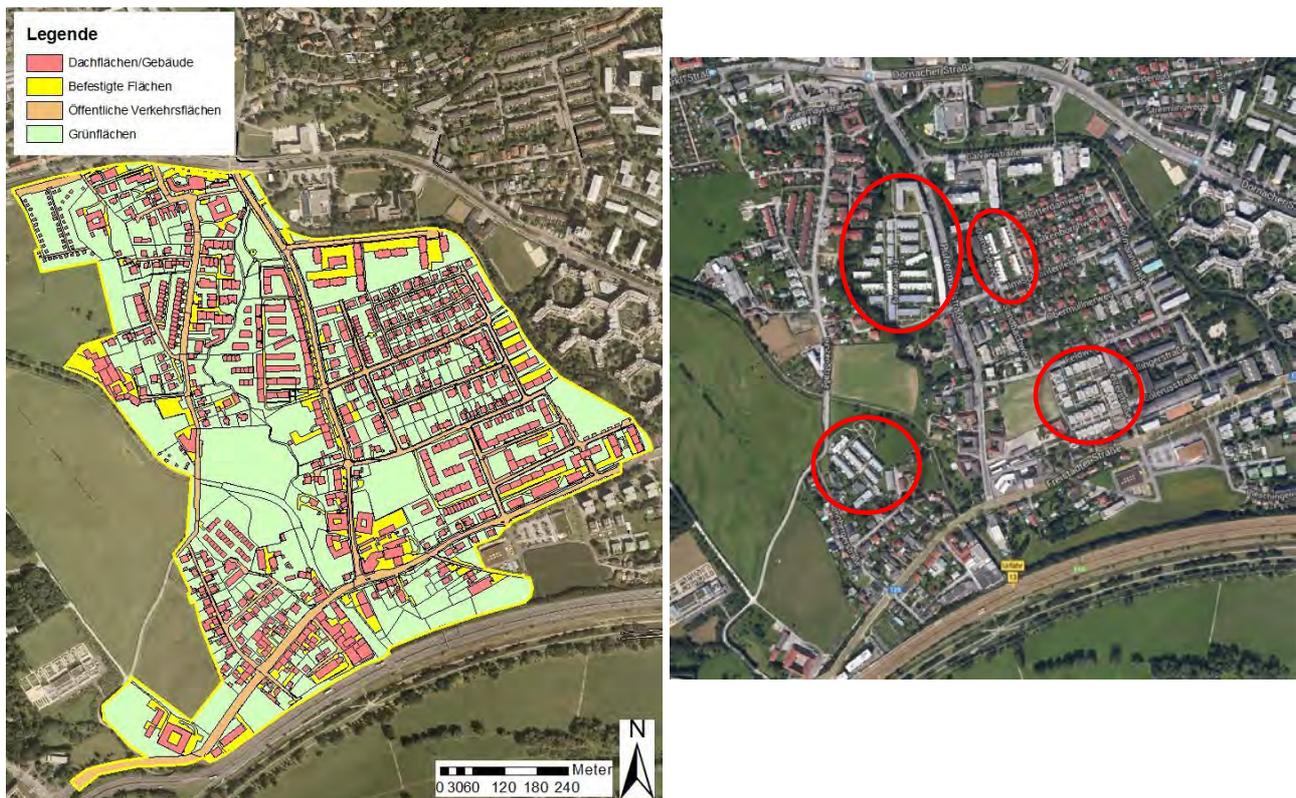


Abbildung 71: Links: Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Linz. Rechts: Luftbildaufnahme vom Projektgebiet Linz. In Rot gekennzeichnet sind jene Bereiche, in welchen das Niederschlagswasser vollständig versickert wird.

Bestandsanalyse - Bebaute und versiegelte Flächen im Projektgebiet "Linz"

Σ Fläche 68 ha (100 %)

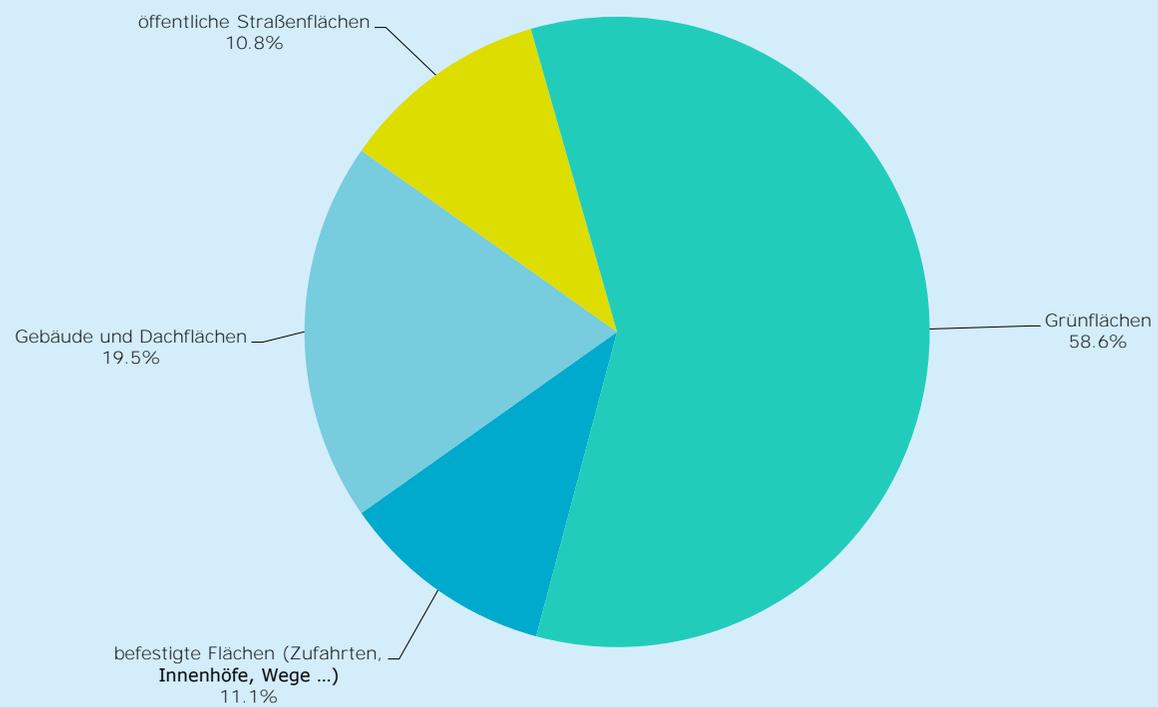


Abbildung 72: Prozentuelle Verteilung der versiegelten Flächen im Projektgebiet Linz

Bestandsanalyse - Entwässerung der befestigten und versiegelten Flächen im Projektgebiet

Σ Fläche 28 ha (100 %)

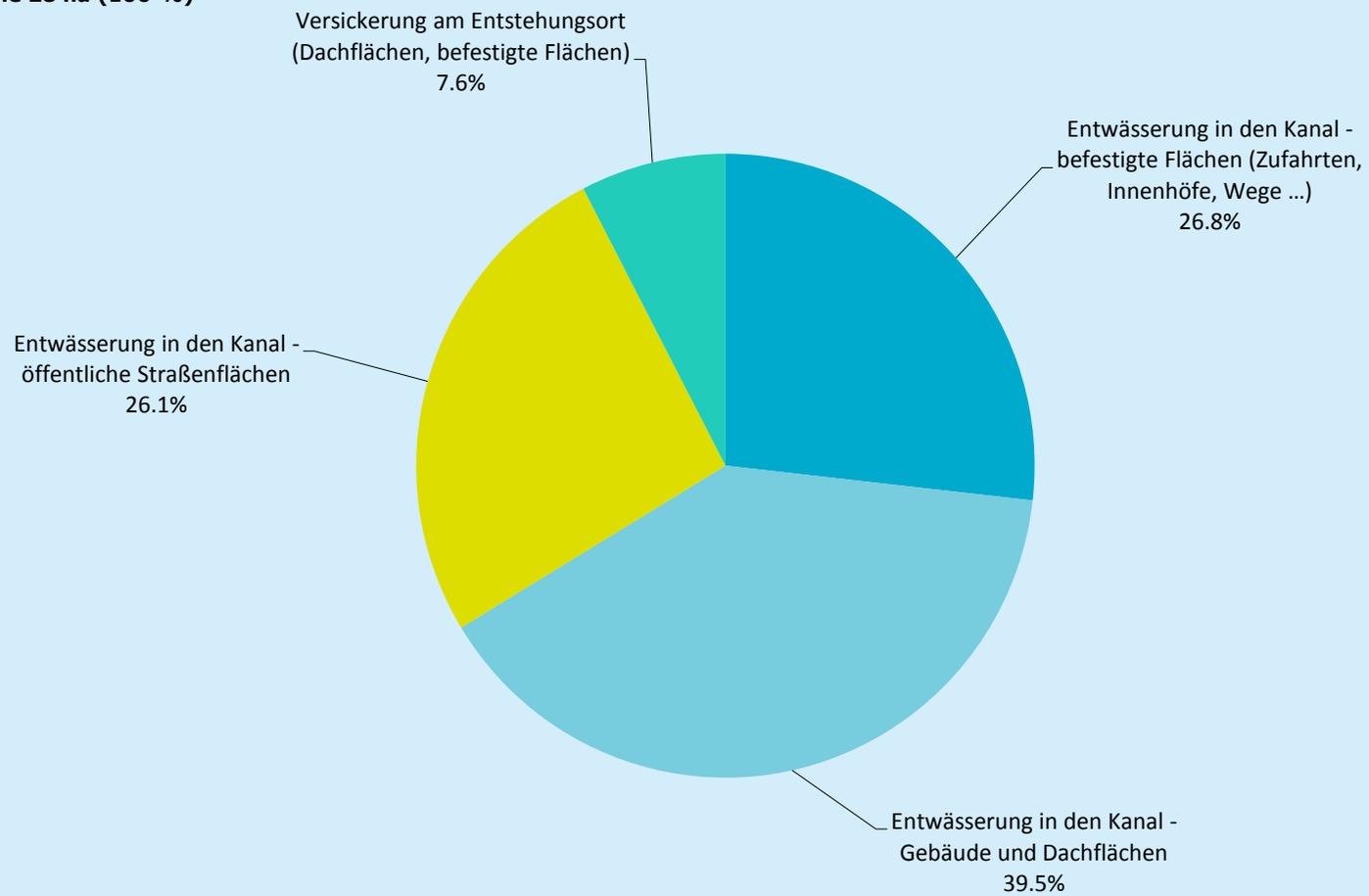


Abbildung 73: Entwässerungssituation im Projektgebiet Linz

6.3.3 Hydrodynamische 1D Schmutzfrachtmodellierung

Modellerstellung

Auf Basis des vorhandenen hydrodynamischen Kanalmodells der LINZ AG – Service wurde ein hochaufgelöstes hydrodynamisches 1D-Modell erstellt (siehe Abbildung 74). Damit konnten die Auswirkungen möglicher Abkoppelungspotenziale modellhaft abgebildet und flächengenaue Bilanzierungen für die Stoffströme durchgeführt werden.



Abbildung 74: Hochaufgelöstes hydrodynamisches 1D-Modell. Im Gelb markierten Bereich war die mobile Messstation HSU 5_S2 stationiert.

Kalibrierung und Validierung

Im Rahmen des EU-Forschungsprojektes SUDPLAN (www.sudplan.eu, 2010 - 2012) wurden unter anderem die möglichen Folgen eines Klimawandels auf Mischwasserentlastungen untersucht. Dazu wurde für den Projektpartner die LINZ AG – Service, ein aggregiertes und kalibriertes Modell vom gesamten Entwässerungsgebiet mit den dazugehörigen Sonderbauwerken erstellt (siehe Abbildung 75).

Der Bezirk „St. Magdalena“ (siehe Abbildung 75 – Rot markiert), in welchem die dezentralen NWB-Maßnahmen im Detail untersucht wurden, ist ein Teilgebiet davon. Das hochaufgelöste hydrodynamische 1D-Modell konnte mit dem aggregierten Modell und den von der Linz AG bereitgestellten Niederschlags- und korrespondierenden Durchflussdaten im Kanal kalibriert werden.

Die Messdaten stammten von der in der Pulvermühlstraße installierten mobile Messstation HSU 5_S2 (siehe Abbildung 74). Diese zeichnete den Durchfluss und die Füllstände im Kanal vom Oktober 2008 bis Mai 2009 auf. Die dazugehörigen Niederschlagsdaten wurden in Plesching und Heilham aufgezeichnet. Die Modellkalibrierung erfolgte sowohl für den Regenwetter- als auch für den Trockenwetterfall (siehe Abbildung 76).

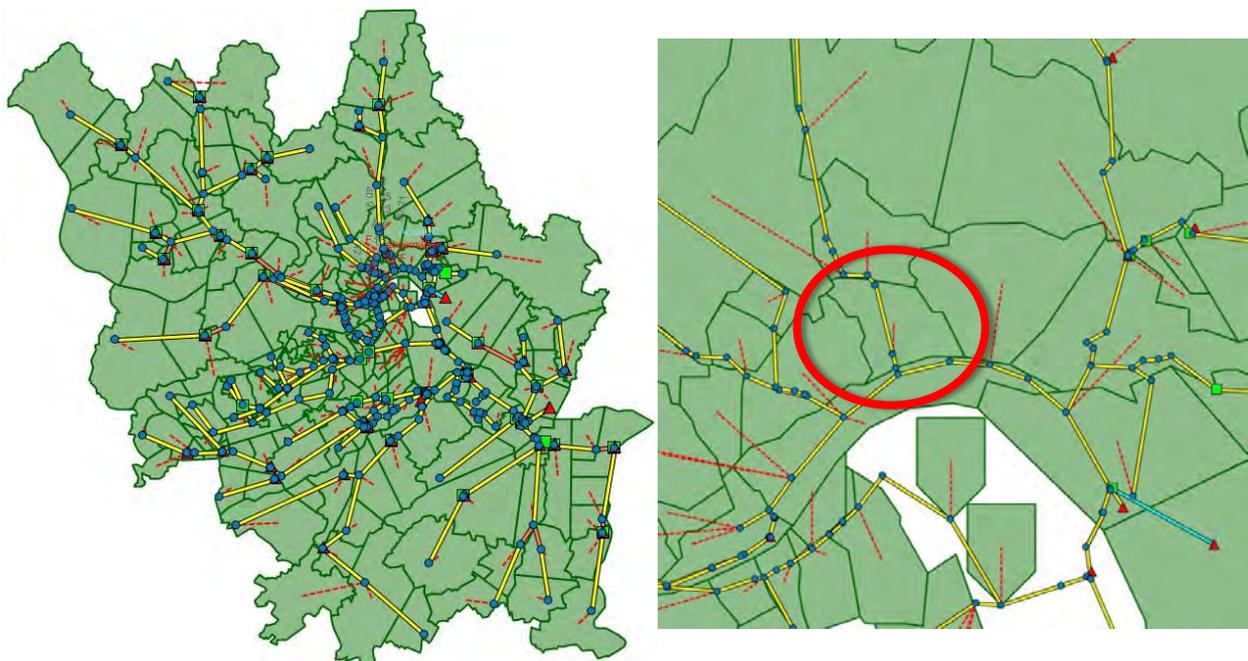


Abbildung 75: Grobmodell vom Entwässerungssystem der Stadt Linz mit den einleitenden Umlandgemeinden. In Rot ist jenes Gebiet markiert, in welchem dezentrale NWB-Maßnahmen im Detail untersucht wurden.

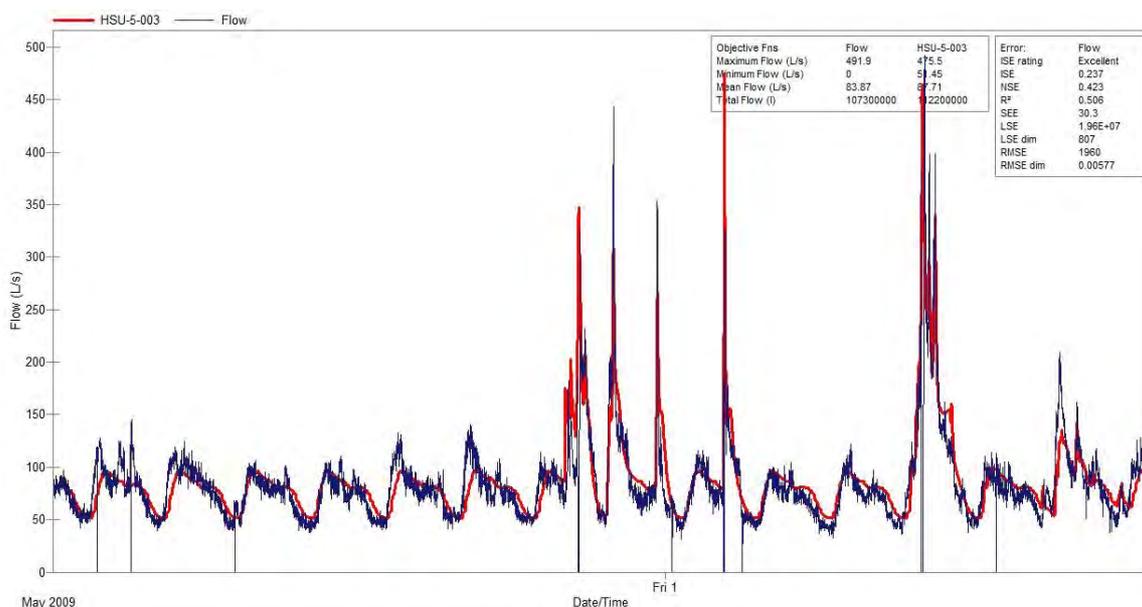


Abbildung 76: Kalibrierte Abflussganglinie - in Blau ist der gemessene bzw. in Rot der simulierte Abfluss dargestellt.

Analyse der Stoffströme für die gelösten Inhaltsstoffe im Bestandsgebiet

Im nächsten Arbeitsschritt wurden die derzeitigen Stoffströme für die gelösten Inhaltsstoffe im Projektgebiet mittels Langzeitsimulationen (mind. 10 Jahre) analysiert, welche nach dem ÖWAV-RB 19 (2007) vereinfacht den hydraulischen Stoffströmen gleichgesetzt werden können.

Dabei wurden am freigeschnittenen hydrodynamischen 1D-Modell auch die hydraulischen Randbedingungen der Kläranlage berücksichtigt. Bei der Kläranlage Linz Asten ist das Vorklärbecken maximal auf die 4-fache Trockenwetterzulaufmenge ausgelegt. Nach der Vorklärung wird maximal die 2-fache Trockenwetterzulaufmenge zur biologischen Reinigung weitergeleitet und die Restmenge abgeworfen. Es wurde simuliert, dass die Kläranlage nur das Abwasser vom Projektgebiet reinigt.

Im Projektgebiet beträgt die Trockenwettermenge rund 23 l/s. Für die 4-fache Trockenwettermenge inkl. Fremdwasseranteil wurden somit 95 l/s bzw. bei 2-facher Trockenwettermenge inkl. Fremdwasseranteil 50 l/s als fiktiver Grenzwert der Kläranlage angesetzt (siehe Abbildung 77).

Für die Langzeitsimulation wurden die historischen Niederschlagsdaten (NIEDA) der Messstelle Linz Zentrum aus den Jahren 1995 – 2005 verwendet und daraus die Jahresmittelwerte gebildet.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass im Projektgebiet von dem gemittelten Jahresniederschlagsabfluss von rund 163.600 m³ derzeit nur 15.600 m³ versickert werden. Zusammen mit dem Trockenwetterabfluss werden rund 760.600 m³/a in der Mischwasserkanalisation abgeleitet. Bei der fiktiven Kläranlage würden vor dem Vorklärbecken 43.700 m³/a Mischwasser und danach 36.500 m³/a abgeworfen werden (siehe Abbildung 77).

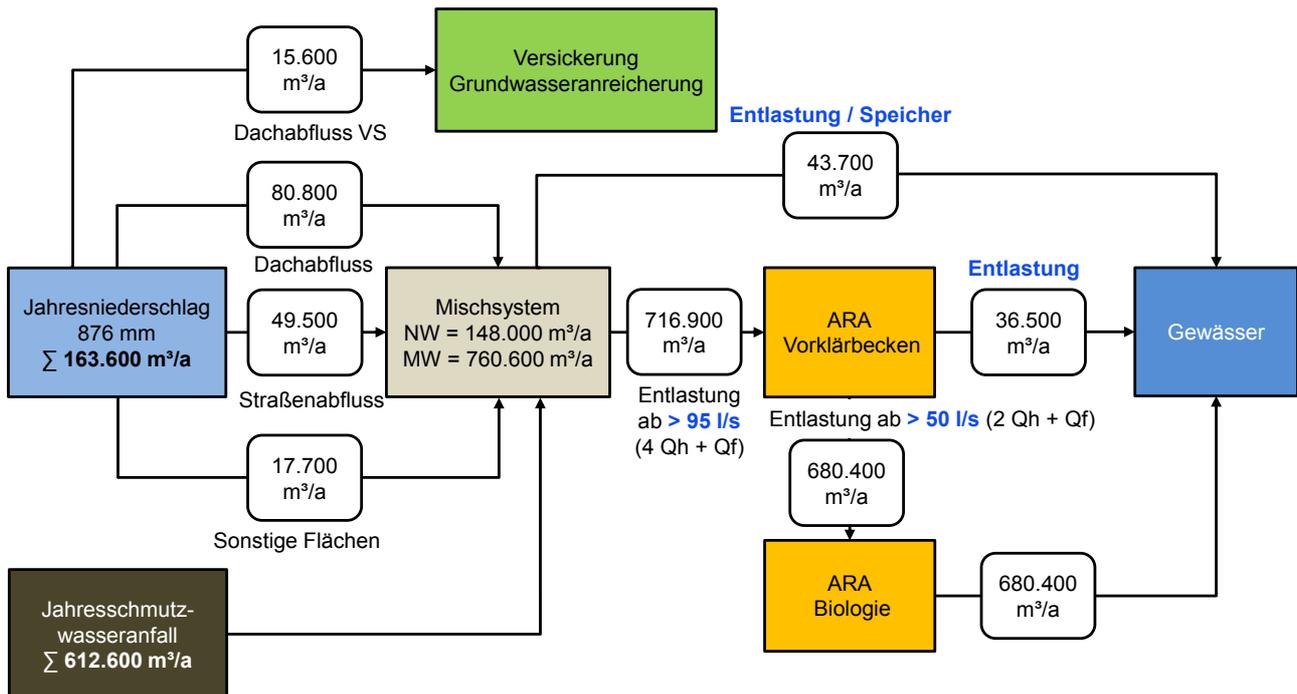


Abbildung 77: Stoffströme für die gelösten Inhaltsstoffe (= hydraulischen Stoffströme) im Projektgebiet Linz

Analyse der Stoffströme für die abfiltrierbaren Inhaltsstoffe (AFS) im Bestandsgebiet

Die AFS-Trockenwetterabflusskonzentrationen können laut DWA-Arbeitsbericht (2012) aus Messdaten abgeleitet werden. Diese standen aus dem Forschungsprojekt SUDPLAN für die Abfiltrierbaren Stoffe mit $c_{TW} = 241$ mg/l zur Verfügung.

Bei der Schmutzfracht im Regenwasserabfluss gibt es laut DWA-Arbeitsbericht (2012) grundsätzlich zwei Ansätze:

- Berechnung mit konstanter Regenwasserkonzentration
- Berechnung mit variabler Regenwasserkonzentration

Bei der Berechnung mit konstanter Regenwasserkonzentration wird ein als bekannt vorausgesetzter jährlicher Schmutzstoffabtrag durch die in diesem Gebiet jährlich abfließende Niederschlagsmenge dividiert.

Mit der Festlegung konstanter Regenwasserkonzentrationen werden im Gegensatz zur Berechnung mittels variablen Regenwasserkonzentrationen Vereinfachungen getroffen.

- Durch die Annahme einer mittleren, zeitlich konstanten Schmutzstoffkonzentration im Niederschlagsabfluss wird vorausgesetzt, dass jeder Niederschlag gleicher Niederschlagsmenge die gleiche

Schmutzmenge vorfindet. Einflussgrößen zur Berücksichtigung der Anfangsbedingungen einzelner Ereignisse wie z. B. die regenlosen Vorperioden bleiben dabei unberücksichtigt.

- Durch die Annahme einer konstanten Regenwasserkonzentration wird vernachlässigt, dass mit zunehmender Niederschlagsmenge das Schmutzpotenzial auf der Oberfläche und somit auch die Regenwasserkonzentration der abfließenden Niederschlagsmengen abnehmen.

Mit der Festlegung konstanter Regenwasserkonzentrationen können zwar Anforderungen zum Schmutzabtrag von der Oberfläche über einen langen Zeitraum berücksichtigt werden. Realitätsnahe Aussagen über das Schmutzfrachtgeschehen einzelner Ereignisse können mit diesem Ansatz jedoch nicht getroffen werden.

Die Berechnung mittels der abgetragenen Schmutzfrachten von der Oberfläche befestigter Flächen erfolgt beim Ansatz der variablen Regenwasserkonzentrationen auf Grundlage getrennter Funktionen für die Akkumulation von Schmutzfrachten bei Trockenwetter und für den Schmutzabtrag während des Niederschlagsgeschehens.

Durch Berücksichtigung der Akkumulations- und Abtragsprozesse können Ausgangszustand und Dynamik des Schmutzfrachteintrags grundsätzlich besser beschrieben werden. Wünschenswert wäre laut DWA-Arbeitsbericht (2012) eine ortsspezifische Kalibrierung der Parameter auf der Basis von Messungen.

Für eine Langzeitbetrachtung, welche nach dem ÖWAV-RB 19 (2007) mindestens 10 Jahre betragen sollte, ist allerdings ein Ansatz mit einer konstanten Regenwasserkonzentration ausreichend.

Für die Bilanzierung der abfiltrierbaren Schmutzfrachten und zur Abbildung der Stoffströme wurde eine konstante Niederschlagswasserkonzentration von $c_{NW} = 120 \text{ mg/l}$ und ein Sedimentationswirkungsgrad des Vorklärbeckens mit 70 % aus dem Forschungsprojekt SUDPLAN angesetzt. Die Simulationsergebnisse sind in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

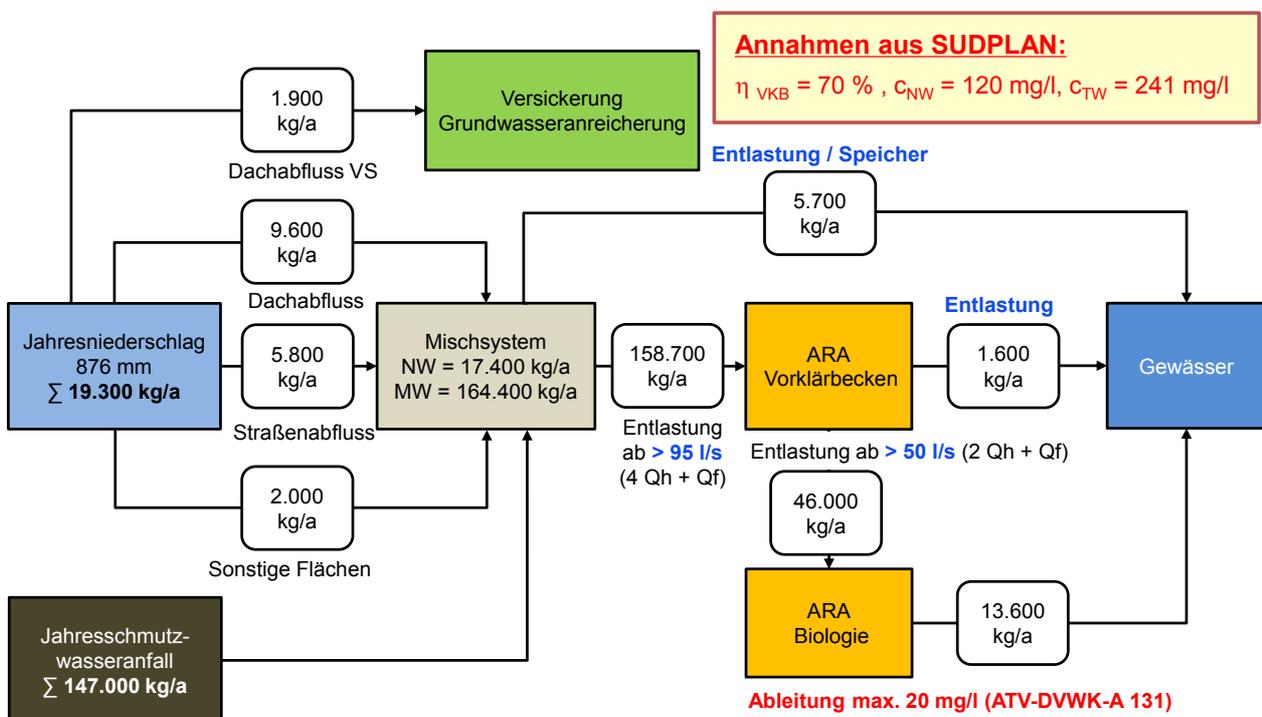


Abbildung 78: Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe im Projektgebiet Linz

6.3.3.1 Bestimmung des Abkoppelungspotenzials

Unter Berücksichtigung der siedlungsstrukturellen, wasserwirtschaftlichen, geogenen Einflussfaktoren und den gewonnenen Erkenntnissen aus dem Grazer Projektgebiet wurde das Abkoppelungspotenzial abgeschätzt. Aufgrund der Datengrundlage wurden hierbei nur die Dachflächen betrachtet. Es zeigte sich, dass rund 60 % der Dachflächen abgekoppelt werden könnten (siehe Abbildung 79).

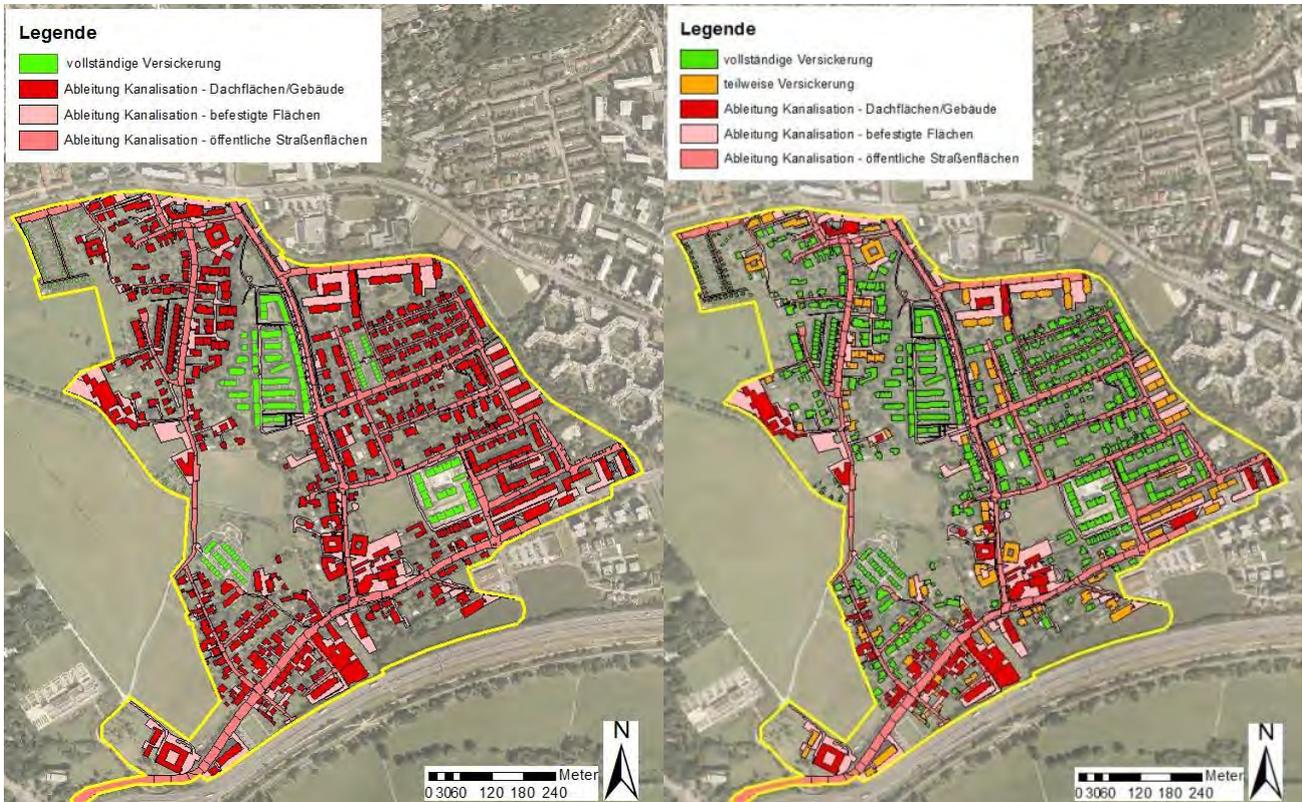


Abbildung 79: Links: Entwässerungssituation der versiegelten Flächen. Rechts: Abgeschätztes Abkoppelungspotenzial der Dachflächen

6.3.4 Realisierbarkeit dezentraler NWB-Maßnahmen

In der Stadt Linz sind derzeit keine Anreizsysteme für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen vorhanden, weshalb eine mögliche Umsetzung aktuell wohl nur sehr schwierig zu realisieren wäre. Eine Bürgerbefragung wurde nicht durchgeführt.

6.3.5 Nutzenanalysen – Reduktion der Entlastungsmengen

Die Langzeitsimulationen zeigten, dass eine Ausschöpfung des angenommenen Abkoppelungspotenziales zu einer deutlichen Grundwasseranreicherung (+ 310 %) führen würde. Auch die gesamte hydraulische Entlastungsmenge (vor und nach dem Vorklärbecken) würde sich um insgesamt fast 50 % reduzieren (siehe Abbildung 80 und Abbildung 81).

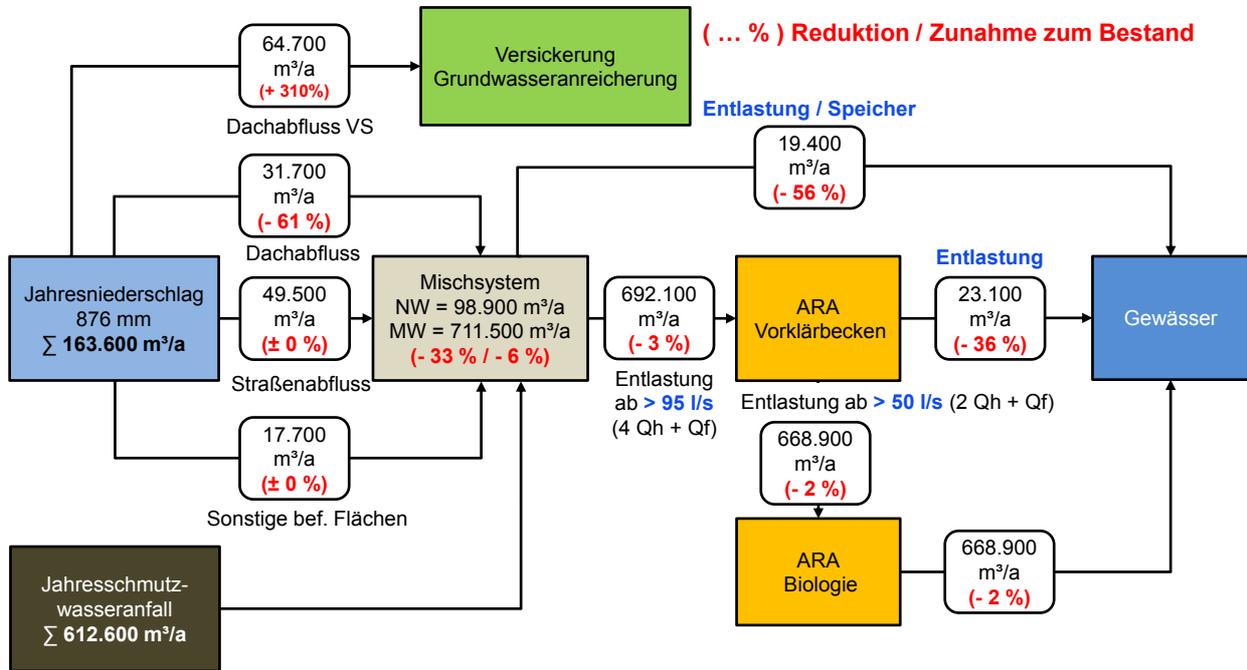


Abbildung 80: Stoffströme der gelösten Inhaltsstoffe bei Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales

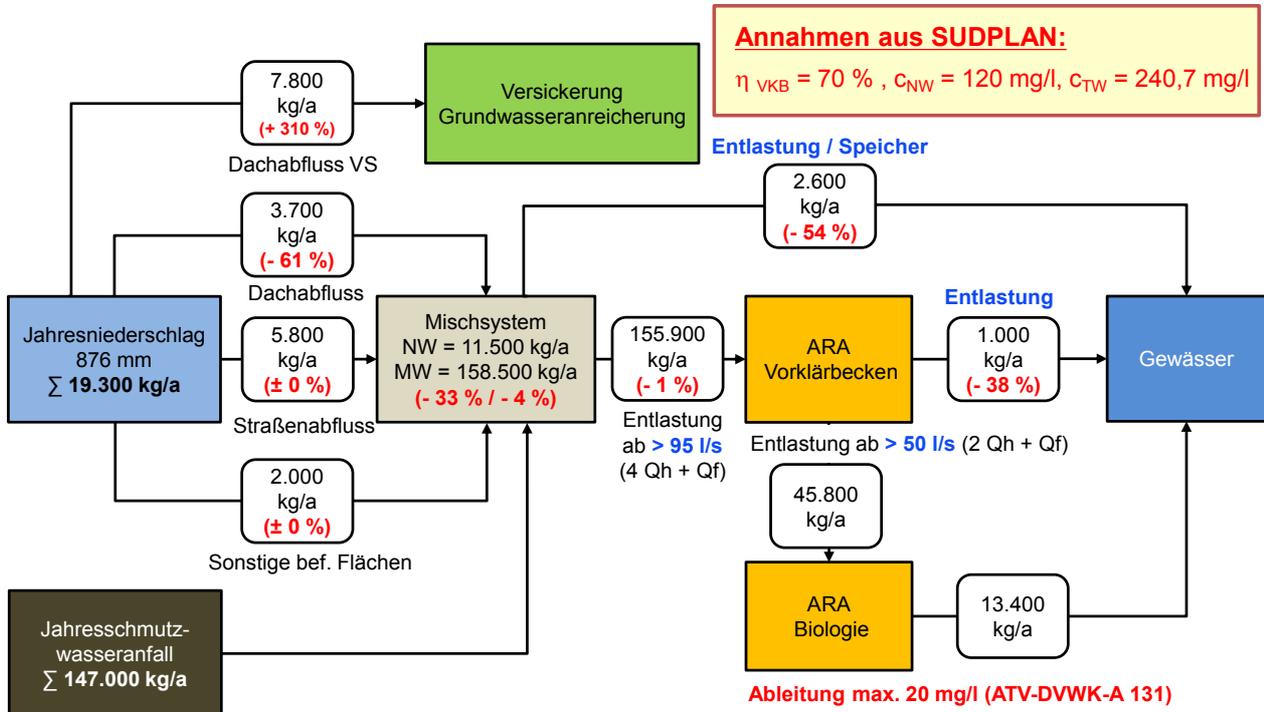


Abbildung 81: Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe bei Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales

Welche Wirkung eine mögliche Reduktion der Entlastungsmenge auf den Weiterleitungswirkungsgrad für die gelösten Inhaltsstoffe nach dem ÖWAV-RB 19 (2007) hätte, wurde ebenfalls untersucht. Für die Ermittlung

des Weiterleitungswirkungsgrades (siehe Abbildung 82) wurde mithilfe der Langzeitsimulation errechnet, welcher Prozentsatz des Regenabflusses in der Mischkanalisation im langjährigen Mittel (≥ 10 Jahre) zur Kläranlage gelangt.

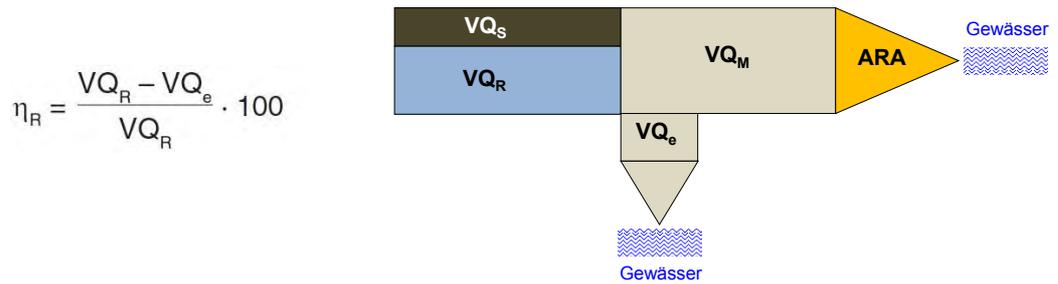


Abbildung 82: Systemskizze zur Berechnung des Weiterleitungswirkungsgrades für die gelösten Inhaltsstoffe, modifiziert nach Flamisch (2008)

- η_R ... Wirkungsgrad der Weiterleitung für Regenabfluss (%)
- VQ_R ... Summe der Regenabflussmengen im Jahresdurchschnitt (m^3/a)
- VQ_e ... Summe der entlasteten Mischwassermengen im Jahresdurchschnitt (m^3/a)
- VQ_S ... Summe der Trockenwetterabflussmengen im Jahresdurchschnitt (m^3/a)

Die Mindestwirkungsgrade der Weiterleitung entsprechend der Tabelle 38 (ÖWAV-RB 19, 2007) gelten nicht für einzelne Entlastungsbauwerke, sondern für das gesamte Einzugsgebiet einer Mischkanalisation, unabhängig davon, ob die Emissionen in einen oder mehrere Vorfluter geleitet werden.

Tabelle 38: Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung gelöster Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall im Kanal abfließenden Schmutzfrachten nach ÖWAV-RB 19 (2007)

Mindestwirkungsgrad [%] für gelöste Stoffe	Bemessungsgröße der Kläranlage (EW), zu der die Mischkanalisation entwässert	
	≤ 5.000	≥ 50.000
maßgeblicher Regen		
$r_{720,1} \leq 30 \text{ mm}/12\text{h}$	50	60
$r_{720,1} \geq 50 \text{ mm}/12\text{h}$	40	50
Zwischenwerte sind linear zu interpolieren		

Für das Einzugsgebiet der Linz AG ergibt sich daraus ein erforderlicher Mindestwirkungsgrad für gelöste Stoffe von $\eta_{\text{erf}} = 57 \%$. Dieser wird laut dem Forschungsprojekt SUDPLAN aktuell auch eingehalten.

Für das freigeschnittene Einzugsgebiet ergibt sich ein derzeitiger Weiterleitungswirkungsgrad von:

$$\eta_{\text{vorh}} = \frac{148.000 \text{ m}^3/a - (43.700 \text{ m}^3/a + 36.500 \text{ m}^3/a)}{148.000 \text{ m}^3/a} = 46 \%$$

Bei der Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales ergibt sich ein Weiterleitungswirkungsgrad mit:

$$\eta_{\text{vorh}} = \frac{98.900 \text{ m}^3/a - (19.400 \text{ m}^3/a + 23.100 \text{ m}^3/a)}{98.900 \text{ m}^3/a} = 57 \%$$

Bei der Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales würde sich der Weiterleitungswirkungsgrad um 11 % Punkte erhöhen, wodurch selbst in dem untersuchten Einzugsgebiet der „erforderliche“ Weiterleitungswirkungsgrad von 57 % erreicht werden würde.

Als alternative Maßnahme wurde ein zentrales Speicherbauwerk untersucht und das erforderliche Speichervolumen mittels Langzeitsimulation ermittelt. Um dieselbe Entlastungsmenge wie bei der Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales von 42.500 m³/a (= 19.400 m³/a + 23.100 m³/a) zu erreichen, wäre ein Speichervolumen von rund 1.000 m³ erforderlich.

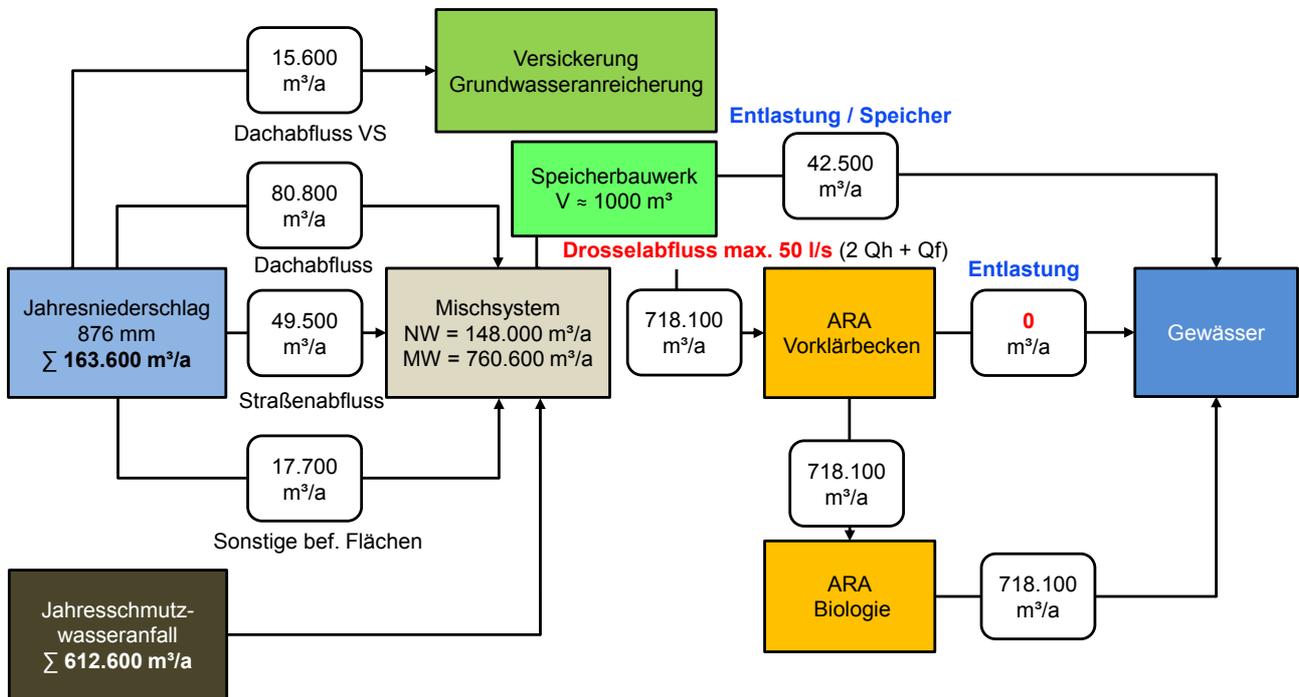


Abbildung 83: Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe bei einem zentralen Speicherbauwerk

Die Berechnungsformel des Weiterleitungswirkungsgrades entsprechend ÖWAV-RB 19 (2007) ist jedoch zu hinterfragen, denn für das zentrale Speicherbauwerk ergibt sich trotz gleicher Entlastungsmenge von 42.500 m³/a ein Weiterleitungswirkungsgrad von:

$$\eta_{\text{vorh}} = \frac{148.000 \text{ m}^3/\text{a} - (19.400 \text{ m}^3/\text{a} + 23.100 \text{ m}^3/\text{a})}{148.000 \text{ m}^3/\text{a}} = 71 \%,$$

da bei der Abkoppelungs- und Versickerungsvariante deutlich weniger jährliches Niederschlagswasser abgeleitet werden würde. Dadurch würden hinsichtlich des Weiterleitungswirkungsgrades zentrale Speicherbauwerke trotz klarer ökologischer Nachteile gegenüber dezentralen NWB-Maßnahmen deutlich bevorzugt werden.

In der nachfolgenden Abbildung 84 sind die Auswirkungen einer Abkoppelung im Projektgebiet Linz auf die Reduktion der Regenabflussmengen V_{QR} , der Entlastungsmengen V_{Q_e} und den daraus resultierenden Weiterleitungswirkungsgrad basierend auf Langzeitsimulationen zusammenfassend dargestellt. Mit der Abkoppelung der versiegelten Flächen werden die Niederschlagswasserabflussvolumina und folglich auch die Entlastungsmengen reduziert, weshalb sich der Weiterleitungswirkungsgrad erhöht.

Erhöhung des Weiterleitungswirkungsgrad mittels Abkoppelung

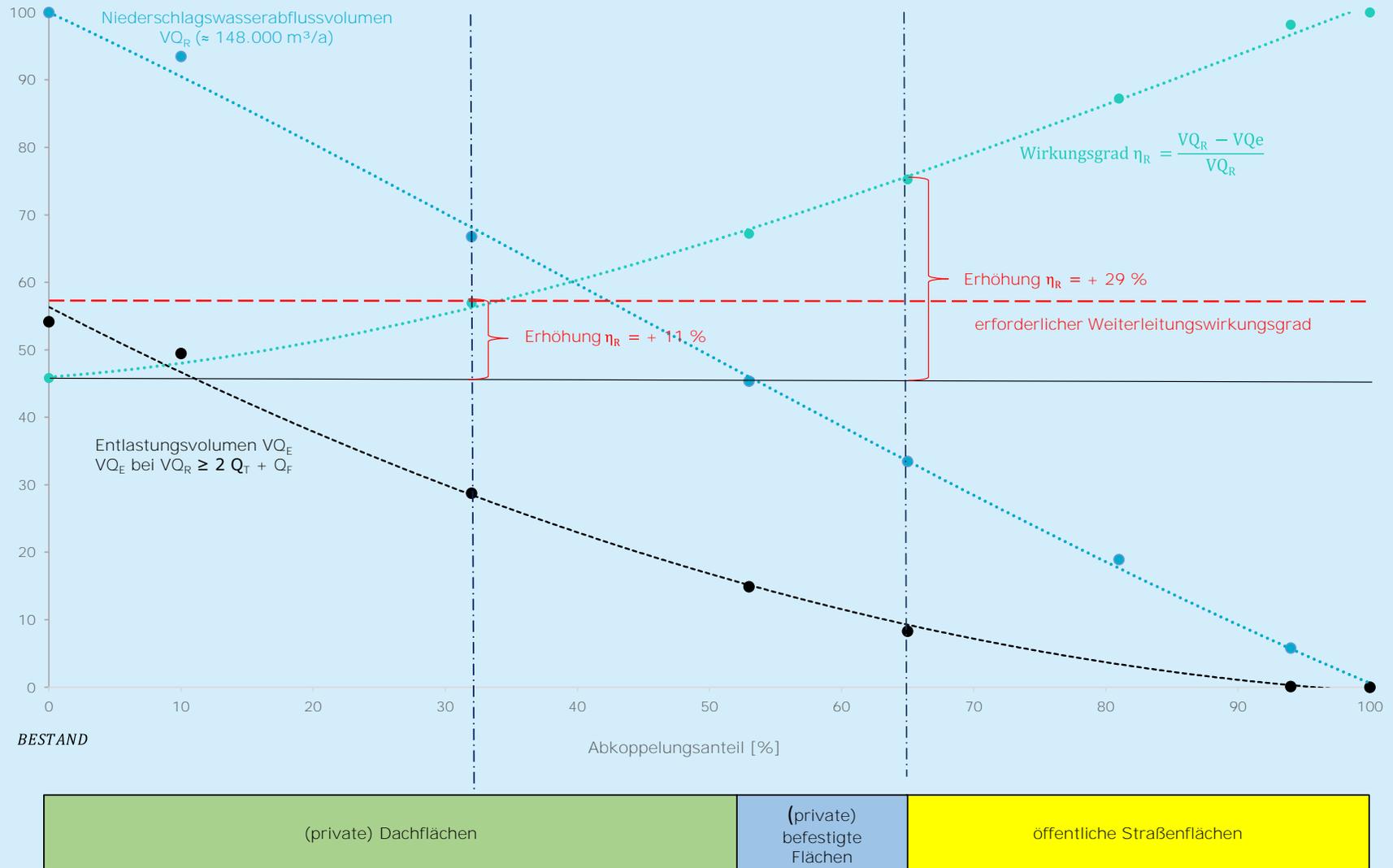


Abbildung 84: Auswirkungen der Abkoppelung auf den Weiterleitungswirkungsgrad nach ÖWAV-RB 19 (2007) Mit der Abkoppelung der versiegelten Flächen werden die Niederschlagswasserabflussvolumina V_{QR} und folglich auch die Entlastungsmengen V_{QE} reduziert, weshalb sich der Weiterleitungswirkungsgrad η_R erhöht.

6.3.5.1 Kostenanalysen – Effizienz dezentraler NWB-Maßnahmen

Im Anschluss wurden die dezentralen Maßnahmen und das zentrale Speicherbauwerk mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnung gegenübergestellt. Für den Betrieb und die Wartung der dezentralen NWB-Maßnahmen wäre der Grundstückseigentümer verantwortlich, daher wurden die Betriebskosten vernachlässigt.

Es wurden folgende Varianten untersucht:

- Var. 1: Zentrales Speicherbauwerk mit einem Retentionsvolumen von 1.000 m³
- Var. 2: Dezentrale Maßnahmen = 370 x Schachtversickerung (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)
- Var. 3: Dezentrale Maßnahmen = 370 x Schachtversickerung (50 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

Für die NWB-Maßnahmen wurden die Kostenansätze aus der Fachliteratur (siehe Tabelle 39) verwendet.

Tabelle 39: Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (u.a. Gantner, 2002)

Kostenansätze für NWB-Maßnahmen		
NWB-Maßnahme	Herstellungskosten	Nutzungsdauer
Schachtversickerung	2.000 € / m ³	30 Jahre
Zentrales Speicherbauwerk	700 € / m ³	60 Jahre

Die Ergebnisse zeigten, dass eine Umsetzung von dezentralen NWB-Maßnahmen nur dann ökonomisch sinnvoll wäre, wenn sich der Entwässerungsverpflichtete an den Investitions- bzw. Reinvestitionskosten auch beteiligen würde (siehe Abbildung 85 und Abbildung 86).

Im Anhang sind die einzelnen Varianten mit den entsprechenden Kostenansätzen beigefügt.

Kostenvergleich - Projektkostenbarwertmethode (ohne Betriebskosten)

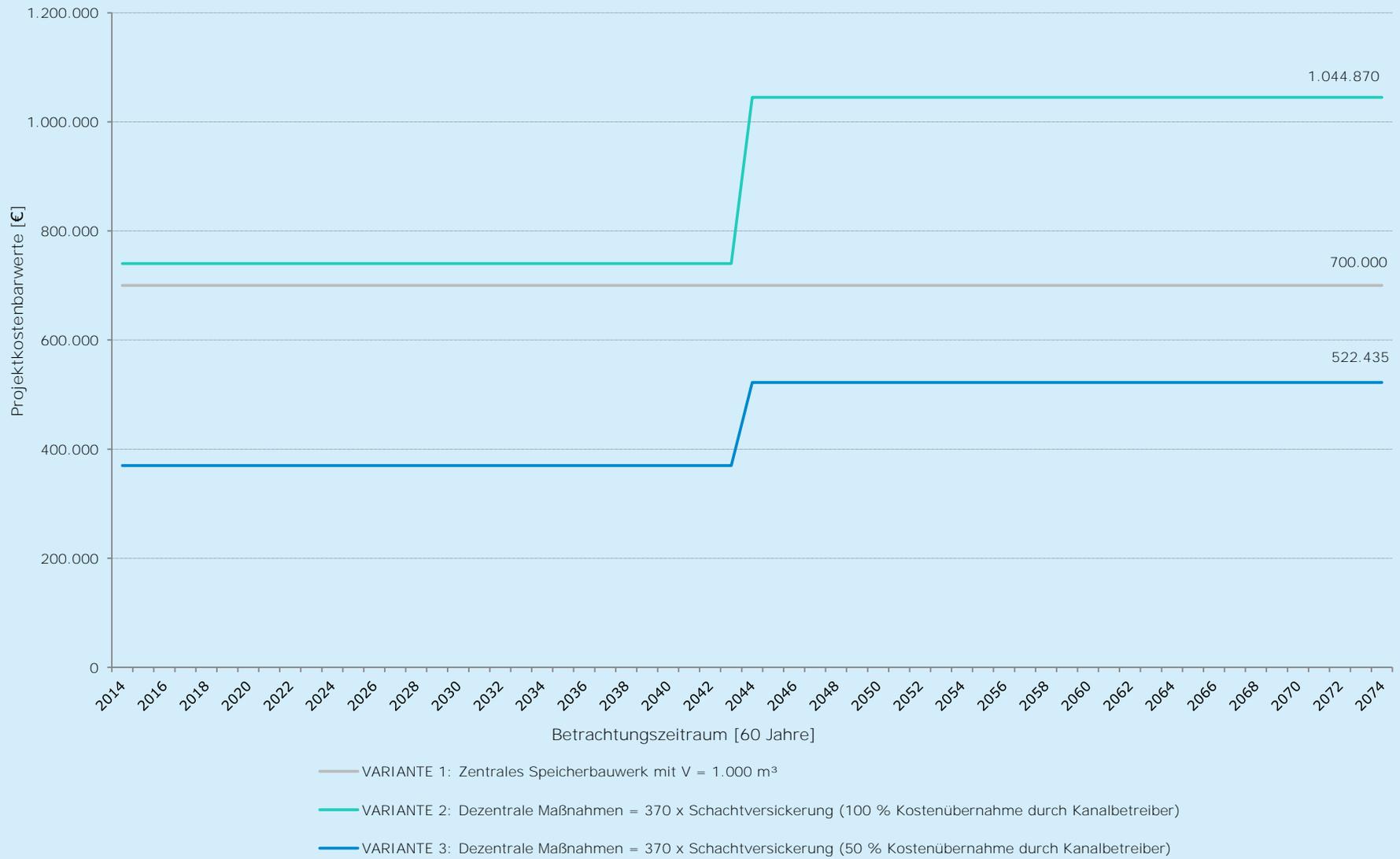


Abbildung 85: Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte (nach DWA, 2012)

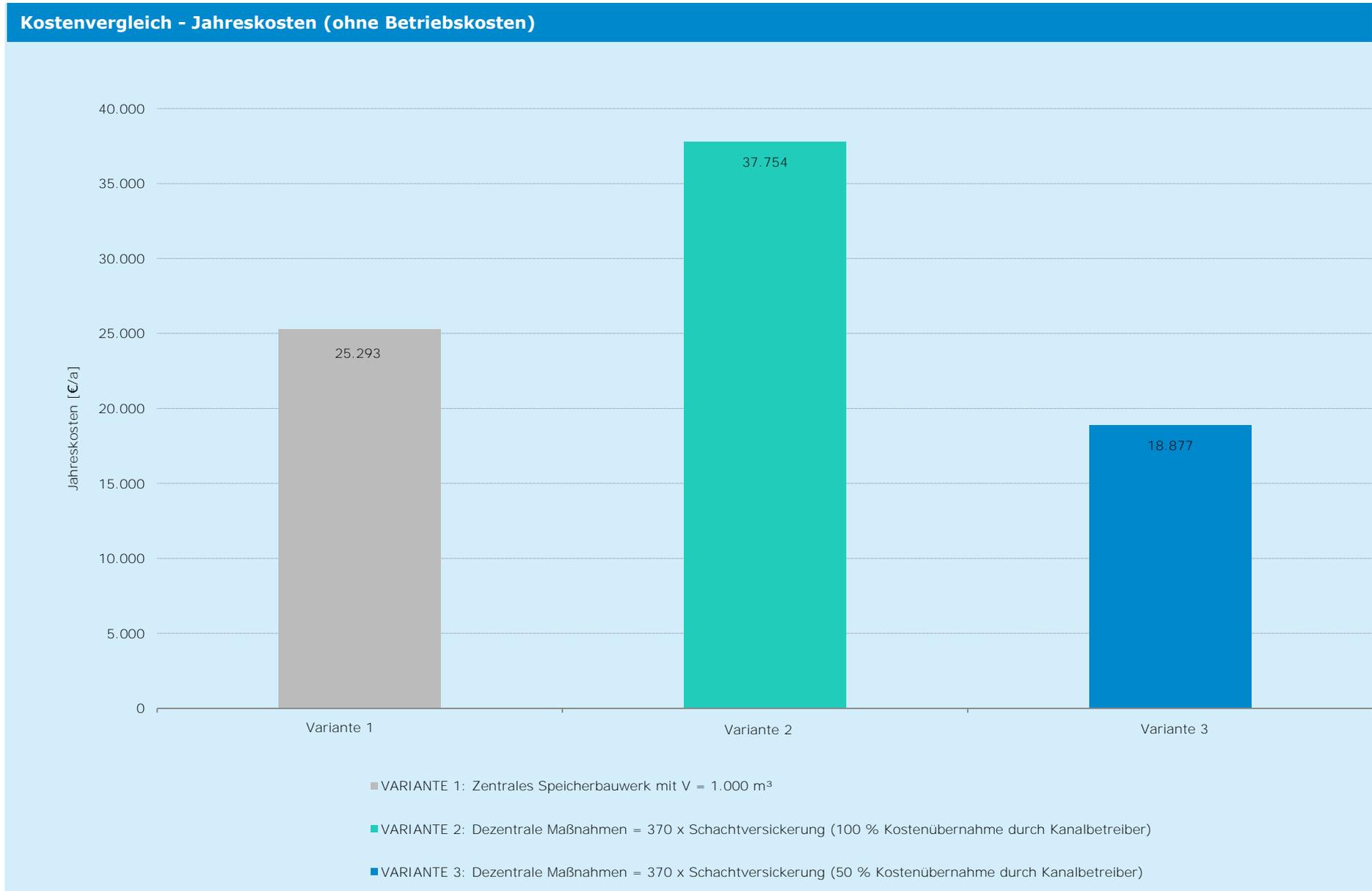


Abbildung 86: Variantenvergleich anhand der Jahreskosten (nach DWA, 2012)

6.3.5.2 Bewertung der identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete

Abschließend erfolgte die Gesamtbewertung der dezentralen NWB-Maßnahmen und des zentralen Speicherbauwerks anhand der aufgestellten ökonomischen und ökologischen Kriterien-Matrix.

Im Gegensatz zum zentralen Speicherbauwerk (5 Punkte) würde die Umsetzung von dezentralen NWB-Maßnahmen das Grundwasser anreichern (2 Punkte). Bei den restlichen ökologischen Kriterien ergeben sich bei beiden Varianten keine wesentlichen ökologischen Unterschiede, daher wurden auch die gleichen Punkte vergeben (siehe Tabelle 40).

Die Gesamtbewertung ergab, dass die Umsetzung von NWB-Maßnahmen mit einer Kostenteilung der Entwässerungsverpflichteten die ökonomisch und ökologisch sinnvollste Variante wäre.

Tabelle 40: Gesamtbewertung der für Linz untersuchten Varianten

Bewertungskriterien	Gewichtung [%]	Variante 1		Variante 2		Variante 3		
		Zentrales Speicherbauwerk		NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme)		NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme)		
ökonomische Bewertung	Projektkostenbarwerte	50%	2	1	4	2	1	0,5
ökologische Bewertung	Steigerung der Verdunstungsrate (Verbesserung des Kleinklimas)	5%	4	0,2	4	0,2	4	0,2
	Grundwasseranreicherung (Schließen des natürlichen Wasserkreislaufs)	15%	5	0,75	2	0,3	2	0,3
	Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen Kläranlage	20%	2	0,4	2	0,4	2	0,4
	Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	Optische Aufwertung des Stadtbildes	5%	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	SUMME	100%	-	2,85	-	3,40	-	1,90

6.3.6 Ergebnisse zum Projektgebiet Linz

Im Projektgebiet Linz wurden dezentrale NWB-Maßnahmen anhand von Stoffstromanalysen untersucht und deren Auswirkungen auf den Weiterleitungswirkungsgrad nach ÖWAV-RB 19 (2007) bewertet. Auch bei dieser Fragestellung bestätigte sich die Anwendung der vorgestellten Methodik.

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden zuerst die an die Mischwasserkanalisation angeschlossen Flächen erhoben sowie deren Abkoppelungspotenzial abgeschätzt.

Die durchgeführten Langzeitsimulationen zeigen, dass sich bei der Umsetzung von dezentralen NWB-Maßnahmen die Schmutzfrachten und die Entlastungsmengen deutlich verringern würden.

Im Zuge der Nutzenanalyse konnte auch festgestellt werden, dass die Berechnungsformel des Weiterleitungswirkungsgrades entsprechend ÖWAV-RB 19 (2007) zu hinterfragen ist, da sich im Vergleich zu dezentralen NWB-Maßnahmen für ein zentrales Speicherbauwerk trotz gleicher Entlastungsmengen ein wesentlich höherer Weiterleitungswirkungsgrad ergibt. Dies erklärt sich dadurch, dass bei der Umsetzung von NWB-Maßnahmen deutlich weniger jährliches Niederschlagswasser abgeleitet werden würde. Zentrale Speicherbauwerke werden daher trotz klarer ökologischer Nachteile gegenüber dezentralen NWB-Maßnahmen bevorzugt.

7 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind mittlerweile als eine wesentliche und zeitgemäße Strategie in der Siedlungsentwässerung anzusehen. Sie dienen u. a. dem Erhalt des natürlichen Wasserkreislaufes und können durch ihre strategische Anwendung auch zu Kosteneinsparungen auf Seiten der Kanalnetzbetreiber und Grundstückseigentümer führen.

Bei den Methoden der Niederschlagswasserbewirtschaftung steht an erster Stelle immer die Vermeidung von undurchlässigen Oberflächen bzw. die Verringerung der Direktabflüsse, danach die Regenwassernutzung und schließlich, unter Berücksichtigung des Verschmutzungsgrades, die Versickerung sowie die gedrosselte Ableitung in ein Gewässer oder in die Kanalisation.

Die Auswahl geeigneter NWB-Maßnahmen hängt vorwiegend von den naturräumlichen und nutzungsbezogenen Einflussfaktoren des jeweiligen Standortes ab. Dazu wurde im Zuge dieses Projektes eine Entscheidungsmatrix entwickelt. Werden die Ergebnisse dieser Matrix georeferenziert in eine Karte übertragen, kann daraus eine Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte erstellt werden. Diese ermöglicht eine sehr schnelle Erstbeurteilung, welche Maßnahmen in welchen Bereichen sinnvoll umgesetzt werden können.

In Neubaugebieten ist die Umsetzung von dezentralen NWB-Maßnahmen vergleichsweise einfach, denn im Zuge der Baugenehmigung können diese von Behördenseite, beispielsweise auf Basis einer Bewirtschaftungsmaßnahmenkarte, vorgeschrieben werden. In der Phase der Raumordnungsplanung können und sollten auch bereits öffentliche Flächen für semi- bzw. zentrale NWB-Maßnahmen freigehalten werden.

In Bestandsgebieten bedarf es jedoch einer anderen Strategie. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde eine Methodik zur ökologischen und ökonomischen Bewertung von Niederschlagswasserbewirtschaftungsmaßnahmen in urbanen Gebieten entwickelt. Bei deren Anwendung kann festgestellt werden, ob es ökologisch und ökonomisch sinnvoll ist, NWB-Maßnahmen, alternative Maßnahmen (wie z. B. Vergrößerung der Kanalquerschnitte) oder Maßnahmenpakete in Bestandsgebiete umzusetzen.

Der vorgeschlagene Planungsablauf besteht aus einer Defizitanalyse, einer Bestandanalyse, der Analyse der Realisierbarkeit und der abschließenden Bewertung der identifizierten Maßnahmen und Maßnahmenpakete mittels Kosten-Nutzen-Analysen.

Anlass für die Anwendung von NWB-Maßnahmen im Bestand sind zumeist Defizite im Entwässerungssystem (z. B. Überstauereignisse, hydraulische Engpässe). Zu Beginn ist zu überprüfen, ob mit dezentralen NWB-Maßnahmen alleine oder in Kombination mit alternativen Maßnahmen (z. B. Vergrößerung der Kanalquerschnitte, Errichtung von Speichervolumen) dem vorherrschenden Defizit im Entwässerungssystem überhaupt entgegengewirkt werden kann.

Anhand einer Bestandsanalyse können mögliche Abkoppelungspotenziale abgeschätzt werden. Eine Erhebung der IST-Situation kann beispielsweise mittels einer Bürgerbefragung oder Ortsbegehung erfolgen.

In Bestandsgebieten ist die Realisierbarkeit der identifizierten dezentralen NWB-Maßnahmen und Maßnahmenpakete von der Umsetzungsbereitschaft der GrundstückseigentümerInnen abhängig, denn eine nachträgliche behördliche Vorgabe (z. B. Verschreibung zur Abkoppelung) gestaltet sich schwierig. Anreizsysteme wie z. B. die Einführung von getrennten Abwassergebühren, also die Verrechnung einer Schmutz- und Niederschlagswassergebühr, oder spezielle Investitionsförderprogramme motivieren die Entwässerungsverpflichteten, NWB-Maßnahmen anzuwenden und umzusetzen. In Bestandsgebieten können Anreizsysteme nicht nur

ein wichtiger Beitrag sein, um theoretisch vorhandene Abkoppelungspotenziale auch möglichst vollständig auszuschöpfen, sondern sie können auch die stete Zunahme der Versiegelung dämpfen.

Im Rahmen einer Nutzenanalyse sollte die Effektivität unterschiedlicher Maßnahmen unter Berücksichtigung der Umsetzungsbereitschaft der GrundstückseigentümerInnen mittels Simulationswerkzeuge überprüft und miteinander verglichen werden. Im Rahmen von Simulationsstudien kann darüber hinaus geklärt werden, ob NWB-Maßnahmen alleine ausreichen oder alternative Maßnahmen oder Maßnahmenpakete noch zusätzlich erforderlich sind.

Abschließend sollten die identifizierten Maßnahmen auf Basis einer Kostenanalyse bewertet werden. Die Kostenanalysen können beispielsweise mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen nach den Leitlinien der DWA (2012) erfolgen. Damit können die identifizierten Maßnahmen/Maßnahmenpakete über einen längeren Betrachtungszeitraum miteinander verglichen und bewertet werden.

Die letztendliche Entscheidung über die Auswahl der Maßnahmen sollte dabei nicht nur nach ökonomischen, sondern auch nach ökologischen Kriterien wie z. B. der:

- Grundwasseranreicherung,
- Reduktion der Entlastungsmengen bzw. Zulaufmengen zur Kläranlage,
- Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch Regenwassernutzung,
- Steigerung der Verdunstungsraten (Verbesserung des Mikroklimas, Vermeidung von städtischen Hitzeinseln im Sommer) und der
- allgemeinen optischen Aufwertung des Stadtbildes

erfolgen.

Die allgemeine Übertragbarkeit der entwickelten und vorgestellten Methode zur Umsetzung von NWB-Maßnahmen im Bestand und deren ökologische und ökonomische Beurteilung und Bewertung konnte anhand von drei Fallbeispielen mit unterschiedlichen Fragestellungen verifiziert werden.

Im Projektgebiet Graz-West wurden die Auswirkungen von NWB-Maßnahmen auf hydraulische Engpässe im Entwässerungssystem und auf Überflutungen untersucht. Die Simulationsstudien in diesem Projektgebiet zeigten, dass bei Ausschöpfung des maximalen theoretischen Abkoppelungspotenzials zwar nicht alle hydraulischen Engpässe beseitigt werden könnten, es aber zu einer deutlichen Entlastung des Entwässerungssystems und damit zu einer Reduzierung des Hochwasserrisikos kommen würde. Neben den NWB-Maßnahmen wären zusätzliche Maßnahmen wie z. B. die Errichtung eines Stauraumkanals oder eine Dimensionsvergrößerung von Kanalquerschnitten erforderlich. Die durchgeführte Bürgerbefragung bestätigte, dass einige Bürger/innen bereit wären, NWB-Maßnahmen umzusetzen, aber noch zusätzliche Anreizsysteme wie z. B. verursachergerechte Kanalbenutzungsgebühren oder Fördersysteme eingeführt bzw. geschaffen werden sollten, um das volle theoretische Abkoppelungspotenzial tatsächlich ausschöpfen zu können.

Im Projektgebiet Weiz wurden NWB-Maßnahmen hinsichtlich Überflutungsprobleme infolge von Hanglagen untersucht. Mittels Simulationswerkzeug konnten die Hauptfließwege der Hangwässer abgebildet und damit die hydraulischen Engpässe im Entwässerungssystem und die Problembereiche im Projektgebiet aufgezeigt und lokalisiert werden. Es konnte ferner nachgewiesen werden, dass NWB-Maßnahmen (Retentionsmaßnahmen) trotz Hanglage zu einer wesentlichen Entlastung des Entwässerungssystems führen und damit zu einer deutlichen Reduzierung des Überflutungsrisikos beitragen.

Im Projektgebiet Linz wurden mittels Simulationswerkzeug NWB-Maßnahmen anhand von Stoffstromanalysen untersucht und hinsichtlich des Weiterleitungswirkungsgrad nach ÖWAV-RB 19 (2007) bewertet. Hier konnte

auch festgestellt werden, dass die Berechnungsformel des Weiterleitungswirkungsgrades entsprechend ÖWAV-RB 19 (2007) zu hinterfragen ist, da sich im Vergleich zu dezentralen NWB-Maßnahmen für ein zentrales Speicherbauwerk trotz gleicher Entlastungsmengen ein wesentlich höherer Weiterleitungswirkungsgrad ergibt. Dies erklärt sich dadurch, dass bei der Umsetzung von NWB-Maßnahmen deutlich weniger Niederschlagswasser im Jahresdurchschnitt abgeleitet werden würde. Zentrale Speicherbauwerke werden daher dzt. im ÖWAV-RB 19 (2007) trotz klarer ökologischer Nachteile gegenüber dezentralen NWB-Maßnahmen bevorzugt.

Im Zuge des Projekts konnte u. a. auch festgestellt werden, dass soziologische Umfragen wertvolle, detaillierte Daten sowohl für die Bestandsanalyse als auch für die Ermittlung des Abkoppelungspotenziales liefern. Sie können Aufschluss über die Bereitschaft der GrundstückseigentümerInnen geben, NWB-Maßnahmen umsetzen zu wollen. Es können aber auch Defizite erhoben und erkannt werden, wie z. B. fehlende Rückstausicherungen in den Hausanschlusskanälen. Der Aufwand für die Durchführung einer Bürgerbefragung ist jedoch nicht zu vernachlässigen und sollte in Relation zum Nutzen stehen.

Es zeigte sich auch, dass Simulationsstudien notwendig sind, um eventuelle Defizite im Entwässerungssystem zu eruieren und um die Effektivität von NWB-Maßnahmen zu überprüfen und darüber hinaus abzuklären, ob NWB-Maßnahmen alleine ausreichen oder Maßnahmenpakete erforderlich sind. Für die Projektgebiete Graz-West und Linz wurden hierfür jeweils hydrodynamische 1D – Modelle und für das Projektgebiet Weiz ein hydrodynamisches 1D-1D Modell erstellt. Mit einem hochaufgelösten 1D-Modell konnten in Graz-West hydraulische Engpässe im Entwässerungssystem lokalisiert und mögliche hydraulische Sanierungsmaßnahmen (NWB-Maßnahmen bzw. Maßnahmenpakete) entwickelt werden. In Linz konnten mit dem Modell sowohl Schmutzfrachtsimulationen als auch flächengenaue Bilanzierungen der Stoffströme durchgeführt werden. Im Weizer Projektgebiet wurde der oberflächige Abfluss von Hangwässern mit einem 1D-1D Modell abgebildet. Dabei wurde das über der Kanalisation liegende Straßennetz als hydrodynamisches 1D Modell mit offenen Gerinnen abgebildet. Dieser Ansatz bietet die Möglichkeit, die Fließwege von Hangwässern auf Straßen und den Aus- und Wiedereintritt von Wasser an unterschiedlichen Schächten zu simulieren. Damit kann auf die Hauptfließwege, Volumina und Wasserstände auf der Straßenoberfläche geschlossen werden, wodurch gefährdete Bereiche besser abgegrenzt werden können.

Zusammenfassend konnte festgestellt werden, dass NWB-Maßnahmen auch in Bestandsgebieten sinnvoll und möglich sind, dort jedoch häufig alleine nicht ausreichen, um Defizite im Entwässerungssystem zu beseitigen, und dort zumeist Maßnahmenpakete erforderlich sind. Die im Rahmen des Projektes entwickelte Methodik ermöglicht unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte eine effektive Planung für die Umsetzung von NWB-Maßnahmen.

8 Danksagung

Das Projekt-Team des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau dankt den Förder- und Projektpartner Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMFL-FUW), der Holding Graz Services – Wasserwirtschaft, der LINZ AG – Services, der Stadtgemeinde Weiz und der Steiermärkische Landesregierung – Abteilung 14 für die Ermöglichung des Projektes und für deren Unterstützung.

9 Projektteam

Projektleiter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Muschalla



Stv. Projektleiter:

Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Günter Gruber



Projektbearbeiter:

Dipl.-Ing. Robert Scheucher



Umweltpsychologische Beratung:

Ing. Mag. Heimo Pilko



Studentische MitarbeiterInnen:

Dipl.-Ing. Christian Assinger
Dipl.-Ing. Katja Maria Bostijancic
Dipl.-Ing. Christian Baumgartner

10 Verzeichnisse

10.1 Referenzen

- AAEV (1996). Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentlichen Kanalisationen; aktuelle Fassung vom 19.04.1996. s.l. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 1996. BGBl. Nr. 186/1996.
- ABGB (1811). Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch, aktuelle Fassung vom 05.02.2013.s.l. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich. BGBl. Nr. 15/2013
- AB Holding Graz. (2011). Zustimmungserklärung - Allgemeine Bedingungen für den Anschluss an den öffentlichen Kanal der Stadt Graz und für die Einleitung von Abwässern. Graz : Holding Graz Services - Abwasser, 2011.
- AUE 1998. Richtlinie zur Versickerung von Meteor- und Sauberwasser - Auszug aus dem Ordner "Abwasserbewirtschaftung in der Gemeinde, Teil 1". Liestal : Amt für Umweltschutz und Energie - Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, 1998.
- Bente, Stefan (2001). Eine Software-gestützte Methodik zur Voreinschätzung der wasserwirtschaftlichen Auswirkungen von Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Technische Universität Darmstadt. Darmstadt : Eigenverlag, 2001. Mitteilungen Heft 119.
- Bettmann, Thomas (1998). Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und deren Auswirkungen auf die Regenwasserbehandlung in urbanen Gewässereinzugsgebieten. Technische Universität Darmstadt – Heft 104. ISSN-Nr.: 1430-3434.
- BLFU (2010). Naturnaher Umgang mit Regenwasser-Verdunstung und Versickerung statt Ableitung. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Augsburg : Eigenverlag, 2010, Informationsfolder.
- BMLFUW (2012) Investitionskostenerhebung Siedlungswasserwirtschaft 2012, www.bmlfuw.gv.at
- Dachroth, Wolfgang R. (2002). Handbuch der Baugeologie und Geotechnik. Berlin, Heidelberg, New York : Springer Verlag, 2002. ISBN 3-540-41353-7.
- DWA-A 138 (2005). Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2005.
- DWA-M 153 (2007). Handlungsempfehlung zum Umgang mit Regenwasser. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2007.
- DWA (2014). Wirtschaftsdaten der Abwasserbeseitigung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2014), www.dwa.de.
- DWA (2012). Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) 8. überarbeitete Auflage.(1. – 7. Auflage LAWA). Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2012.
- DWA (2012). Schmutzfrachtsimulation in der Siedlungsentwässerung. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft. Abwasser und Abfall e.V. DWA. Hennef : Eigenverlag, 2012.
- Dudey, J. (2002): Vorgehensweise und Auswirkungen der Einführung einer gesplitteten Abwassergebühr für Schmutzwasser und Regenwasser, www.rewa96.de/news/BUND_NRW/20.pdf.
- EU-WRRL (2000). EU Wasserrahmenrichtlinie - Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, geltende Fassung mit letzter Novelle vom 5.6.2009. s.l. : Richtlinie

2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates, 2000. 2000L0060— DE— 25.06.2009 — 004.001.

Finanzausgleichsgesetz (2005). FAG 2005, Bundesgesetz, mit dem der Finanzausgleich für die Jahre 2008 bis 2014 geregelt wird und sonstige finanzausgleichsrechtliche Bestimmungen getroffen werden, BGBl. I Nr. 103/2007, www.ris.bka.gv.at

Finanz-Verfassungsgesetz (1948). F-VG 1948, Bundesverfassungsgesetz über die Regelung der finanziellen Beziehungen zwischen dem Bund und den übrigen Gebietskörperschaften StF: BGBl. Nr. 45/1948, BGBl.Nr. 45/1948 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 51/2012, www.ris.bka.gv.at

Förderungsrichtlinien (1999). Kommunale Siedlungswasserwirtschaft - Förderungsrichtlinien 1999 in der Fassung 2013. Bundesgesetzblatt Nr. 185/1993 vom 16. März 1993 in der Fassung des Bundesgesetzblattes I Nr. 98/2013 vom 01. August 2013, www.publicconsulting.at

Förderungsrichtlinien des Landes Oberösterreich (2014). Förderungsrichtlinien 2014 des Landes Oberösterreich für Maßnahmen der Siedlungswasserwirtschaft, www.land-oberoesterreich.gv.at

Förderungsrichtlinien Abwasserentsorgung (2011). Richtlinien für die Förderungen von Maßnahmen der Abwasserentsorgung für das Bundesland Steiermark. www.wasserwirtschaft.steiermark.at

Fuhrmann, Lothar (2001). Umweltatlas Dresden 2001 - Versickerungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser - Schematische Übersichtskarte. Dresden : Amt für Umweltschutz Dresden, 2001.

Gantner, Kathrin (2002). Nachhaltigkeit urbaner Regenwasserbewirtschaftungsmethoden. Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. W. Hegemann, Fachgebiet Siedlungswasserwirtschaft der Technischen Universität Berlin. Eigenverlag, 2002. ISBN 3-936812-20-9

GB Holding Graz (2011). Geschäftsbedingungen für Indirekteinleitungen in die öffentliche Kanalisationsanlage der Landeshauptstadt Graz, (Stand 1.1.2011). Graz : Eigenverlag, 2011.

Geiger, W.; Dreiseitl, H. Neue Wege für das Regenwasser;. Oldenburg Verlag, 1995

Geiger, W., Dreiseitl, H. und Stemplewski, J. (2009). Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. Emschergenossenschaft. München : Oldenburg Industrie Verlag GmbH, 2009.

Grazer Kanalabgabenordnung (2005). KanAbgO 2005. www.graz.at

Herzer, Patrick (2004). Diplomarbeit: Einflüsse einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Städtebau; Räumliche, ökonomische und ökologische Aspekte. Fakultät Architektur und Stadtplanung Universität Stuttgart . Stuttgart : Fraunhofer IRB Verlag, 2004. ISBN 978-3-8167-6440-3.

Kaan, Rose, Rausch (1991). Handbuch der Wassergenossenschaften und Wasserverbände. Prugg Verlag GesmbH. Eisenstadt 1991

Kanalgesetz (1988). Steiermärkisches Kanalgesetz; aktuelle Fassung vom 14.07.2011. s.l. : Landesgesetzblatt des steiermärkischen Landtag, 1988. LGBl. Nr. 79/1988. www.ris.bka.gv.at.

Kanalabgabengesetz (1955). Gesetz vom 28. Juni 1955 über die Erhebung der Kanalabgaben durch die Gemeinden des Landes Steiermark. Fassung LGBl. Nr. 40/197. www.ris.bka.gv.at.

Kanalabgabenordnung Stadtgemeinde Weiz (2005). www.weiz.at

KPC (2012). Ökoprosjekt 2/2013. Das Fachmagazin für Umweltförderung. Kommunalkredit Public Consulting GmbH, 1092 Wien, Türkenstraße 9. www.kommunalkredit.at

Linzer Kanalordnung (2004). www.linzag.at

- LRG Stmk. (2012). Leitlinie für Oberflächenentwässerung. Amt der Steiermärkischen Landesregierung. Graz: Eigenverlag, 2012.
- Muschalla, Dirk, Gruber, Günter, Sulzbacher, Rosa und Scheucher, Robert (2014). Forschungsbericht Schutz- und siedlungswasserwirtschaftliche Modellstudie Bründlbach (Graz-West). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien. <http://www.bmlfuw.gv.at/>
- Nemecek, E.P. (1979). Strömungstechnisch günstige Einlaufgitter - eine Weiterentwicklung. Österreichische Abwasser-Rundschau International, Wien Sonderdruck (Folge 1), 11
- Oberösterreichisches Abwasserentsorgungsgesetz (2001), Landesgesetzblatt LGBl.Nr. 27/2001, www.ris.bka.gv.at
- ÖNORM B 2506-1 (2013). Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb. ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2013.
- ÖNORM B 2506-2 (2012). Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen. ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien : Eigenverlag, 2012.
- ÖNORM B 2572 (2005). Grundsätze der Regenwassernutzung. ÖN Österreichisches Normungsinstitut. Wien: Eigenverlag, 2005.
- ÖNORM EN 752 (2008). Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden. Brüssel Europäisches Komitee für Normung. Wien : ON Österreichisches Normungsinstitut, 2008.
- ÖWAV-RB 9 (2008). Richtlinien für die Anwendung der Entwässerungsverfahren. ÖWAV Österreichischer Wasser- und Abwasserverband. Wien : Eigenverlag, 2008. Bd. 2. Auflage.
- ÖWAV-RB 11 (2009). Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2009. Bd. 2. Auflage.
- ÖWAV-RB 19 (2007). Richtlinien für die Bemessung von Mischwasserentlastungen. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2007. Bd. 2. Auflage.
- ÖWAV-RB 35 (2003). Behandlung von Niederschlagswässern. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2003.
- ÖWAV-AB 41 (2013). Grundlagen und Aufbau der Kosten- und Leistungsrechnung in der Abwasserentsorgung. Österreichischer Wasser- und Abwasserverband ÖWAV. Wien : Eigenverlag, 2013.
- Pecher, R. (1996): Vorschlag zur Herstell- und Betriebskostenaufteilung auf Schmutz- und Regenwasser, Workshop Abwasser 1996, Seminarunterlagen, Duisburg.
- Prinz, Helmut und Strauß, Roland (2011). Ingenieurgeologie. Heidelberg : Spektrum Verlag, 2011. S. 10-18; 97-99. ISBN 978-3-8274-2472-3.
- QZV Chemie GW (2010). Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser; aktuelle Fassung vom 29.03.2010. s.l. Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 2010. BGBl. II Nr. 98/2010.
- QZV Chemie OG (2006). Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer; aktuelle Fassung vom 23.12.2010. s.l. : Bundesgesetzblatt der Republik Österreich, 2006. BGBl. II Nr. 96/2006.
- Reichmann, Brigitte, et al. 2010. Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung - Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung. Berlin : allprint GmbH, 2010. ISBN 9783889611406.

- RP Karlsruhe (2003). Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung- Hinweise für Gemeinden, Planer und Grundstücksbesitzer; URL: <http://www.rp-karlsruhe.de/servlet/PB/menu/1037097/index.html>; letzter Zugriff am 09.01.2012. Karlsruhe : Regierungspräsidium Karlsruhe, 2003.
- Schmitt, T.G., Thomas, M. and Ettrich, N. 2004 Analysis and modeling of flooding in urban drainage systems. *Journal of Hydrology* 299(3-4), 300-311.
- Schröder, R. (2003): Schmutz- und Niederschlagwasser: Einführung von getrennten Entgelten, Einführung und Umsetzung der getrennten Abwassergebühr, Seminarunterlagen vom 25. September 2003, Universität der Bundeswehr München
- Sieker (2014). Homepage - Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH; Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Berlin : URL: <http://www.sieker.de/>; letzter Zugriff am 17.09.2014.
- Sieker, Friedhelm, et al. (2003). Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten; Grundlagen und Anwendungsbeispiele - Neue Entwicklungen. Dr. Ing. Mettner Michael und technische Akademie Esslingen. Renningen : Expert Verlag, 2003. Bde. 508, 3.Auflage. ISBN-10: 3816922791.
- Stecker, Armin und Bandermann, Stephan (1996). Auswahl und Klassifizierung relevanter Einflussfaktoren auf die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung und Anwendung des Geographischen Informationssystems IDRISI als Planungshilfe. *Zeitschrift für Stadtentwässerung und Gewässerschutz*. SuG. 1996, 37/1996.
- StROG (2010). Steiermärkisches Raumordnungsgesetz. aktuelle Fassung vom 23.03.2010. s.l. : Landesgesetzblatt des steiermärkischen Landtag, 2010. LGBl. Nr. 49/2010.
- Stmk BauG. (1995). Steiermärkisches Baugesetz; aktuelle Fassung vom am 21.08.2008. s.l. : Landesgesetzblatt des steiermärkischen Landtages, 1995. LGBl. Nr. 59/1995.
- SUDPLAN (2010-2012): Sustainable Urban Development Planner for Climate Change Adaptation, EU project co-funded by the European Framework Programme 7, under challenge ICT-2009-6.4 ICT for Environmental Services and Climate Change Adaptation of the Information and Communication Technologies program, project number 247708.
- Tarifordnung Linz AG (2011). www.linzag.at
- Umweltbundesamt (2012). Altlastenverdachtsflächen URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/altlasten/altlasteninfo/>; letzter Zugriff am 07.01.2013. Wien : Umweltbundesamt, 2012.
- VSA (2002). Regenwasserentsorgung, Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten. Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute. Zürich : Eigenverlag, 2002. S. 120.
- WRG (1959). Wasserrechtsgesetz 1959; geltende Fassung mit letzter Novelle vom 30.3.2011. s.l. : BGBl. Nr. 125/1959 (WV), 1959.

10.2 Abbildungen

Abbildung 1:	Wege des Niederschlagswassers (BLFU, 2010). Auf der linken Seite ist der Niederschlagswasserabfluss bei einer natürlichen Bodenbeschaffenheit dargestellt. Nur ein geringer Anteil des Niederschlagswassers fließt oberflächlich ab. Rechts ist dargestellt, dass sich bei Versiegelung der Flächen die Abflussmenge erhöht.	13
Abbildung 2:	Wasserbilanz abhängig vom Versiegelungsgrad (in Anlehnung an DWA-M 153, 2007). Bei zunehmendem Versiegelungsgrad (von links nach rechts) erhöht sich der Oberflächenabfluss, die Verdunstungsrate und die Grundwasserneubildung verringert sich.	14
Abbildung 3:	Maßnahmen der NWB, modifiziert nach Geiger und Dreiseitl (1995)	16
Abbildung 4:	Hochwasserabflussschwelle abhängig vom Versiegelungsgrad (Geiger, et al., 2009)	17
Abbildung 5:	Kosten für Mischwasserbecken und Stauraumkanäle nach verschiedenen Quellen: HMU, 1995, LFU BW 1998, Freistaat Thüringen 1996, (www.Sieker.de)	27
Abbildung 6:	Beispielhafte Darstellung einer NWB-Maßnahmenkarte für ein Teilgebiet in Graz.....	35
Abbildung 7:	Schematischer Ablauf bei der Planung/Umsetzung von NWB-Maßnahmen im Bestand. Beginnend mit der Defizitanalyse gestaltet sich der Planungsablauf je nach Beantwortung der in den Rauten angeführten Fragestellungen.	36
Abbildung 8:	Abwassergebühren in Österreich – Verteilung nach Anzahl der Gemeinden im Bundesland (BMLFUW, 2012).....	39
Abbildung 9:	Kanalsysteme in Österreich (BMLFUW, 2012).....	39
Abbildung 10:	Gebührenmaßstäbe in Deutschland im Jahr 2012 (gewichtet nach den gemeldeten Einwohnern, DWA 2014)	40
Abbildung 11:	Systemskizze 2-Kanalmethode, modifiziert nach R. Pecher (1996).....	42
Abbildung 12:	Flächenmaßstäbe zur Festsetzung der Niederschlagsgebühr (J. Thimet, 2003).....	44
Abbildung 13:	Lage des Projektgebietes Graz - West (http://maps.google.at).....	48
Abbildung 14:	In Gelb gekennzeichnet ist das Projektgebiet, welches 48 ha und rund 470 Objekte umfasst. Der Verlauf des Bründlbachs ist in Blau gekennzeichnet In Rot sind die Kanalhaltungen gekennzeichnet.....	49
Abbildung 15:	Von Überflutungen betroffene Objekte (blau) im Projektgebiet in den Jahren 2007 – 2011 (Fragebogenauswertung).....	50
Abbildung 16:	Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Graz.....	51
Abbildung 17:	Prozentuelle Verteilung der befestigten Flächen nach deren Befestigungsart.....	52
Abbildung 18:	Kundmachung in regionalen Medien (linke Abbildung), Bürgerinformationsveranstaltung (rechte Abbildung).....	53
Abbildung 19:	Individualisierte Fragebögen.....	53
Abbildung 20:	Entwässerungssituation der befestigten Flächen. In Rot sind jene Flächen gekennzeichnet, welche vollständig, in orange jene Flächen die teilweise (Annahme vereinfacht zu 50 %) die Kanalisation entwässern. Grün gekennzeichnet sind jene Flächen, welche vollständig zur Versickerung gebracht werden. Die Bewohner/innen der in grau gekennzeichneten Objekten haben keine Angaben getätigt.	54
Abbildung 21:	Entwässerung der befestigten Flächen nach Befestigungsart gegliedert	55
Abbildung 22:	Baulicher Bestand – vorhandene Keller und deren bauliche Ausführung	56

Abbildung 23:	Hydrodynamisches Modell der Holding Graz vom Projektgebiet. Die jeweiligen Einzugsflächen sind entsprechend ihres Befestigungsgrades von gering (grün) bis sehr hohem Befestigungsgrad (rot) gekennzeichnet (HouSui, 2013).....	57
Abbildung 24:	Hochaufgelöstes hydrodynamisches Modell vom Projektgebiet Graz. Die zur Kalibrierung des Modells verwendeten Niederschlags- (NS) bzw. Durchfluss- und Füllstandmessstation (MS) sind jeweils in Gelb gekennzeichnet.	58
Abbildung 25:	Ausschnitt vom hochaufgelösten hydrodynamischen Modell. In Gelb sind die befestigten Flächen (Wege, Zufahrten und Terrassen) in Rosa die Dach- bzw. Gebäudeflächen, in Beige die öffentlichen Straßenflächen und in Grün die Grünflächen gekennzeichnet. Die rote Linie zeigt den Verlauf der Kanalisation. Die blauen Punkte sind die dazugehörigen Schächte. Die rot strichlierten Linien stellen die Kopplung der einzelnen Flächen mit der Kanalisation dar.	58
Abbildung 26:	Kalibrierte Abflussganglinie bei einem schwachen Regenereignis (21.06.12 / max. 45,6 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.	60
Abbildung 27:	Kalibrierte Abflussganglinie bei einem mittleren Regenereignis (24.07.12 / max. 58,8 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.	60
Abbildung 28:	Kalibrierte Abflussganglinie bei einem starken Regenereignis (11.07.12 / max. 127,8 mm). In Blau ist der gemessene und in Grün der simulierte Abfluss dargestellt.	61
Abbildung 29:	Auslastung des Entwässerungssystems bei einem Regenereignis im Jahr 2011 mit einer Wiederkehrzeit von 6 - 7 Jahren. In den z. B. mit Rot gekennzeichneten Schächten tritt eine Wassermenge von mehr als 15 m ³ aus. Jene Objekte, welche bei diesem Regenereignis überflutet wurden sind in Blau gekennzeichnet.	62
Abbildung 30:	Überstaunachweis nach ÖWAV-RB 11 (2009) bei einem 3-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 90 Minuten.....	63
Abbildung 31:	Überstaunachweis nach ÖWAV-RB 11 bei einem 5-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 90 Minuten.....	64
Abbildung 32:	Ausweisung der Grundwasserschongebiete (http://www.wasserwirtschaft.steiermark.at) ...	65
Abbildung 33:	Hangneigung im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)	66
Abbildung 34:	Grundwasserflurabstand im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)	66
Abbildung 35:	Bodendurchlässigkeit im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)	67
Abbildung 36:	Mächtigkeit der bindigen Deckschichten im Untersuchungsgebiet (Stadtvermessungsamt Graz, 2011)	67
Abbildung 37:	Mögliche NWB-Maßnahmen im Projektgebiet - Maßnahmenkarte	68
Abbildung 38:	Mögliches theoretisches Abkoppelungspotenzial	69
Abbildung 39:	Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – überflutete und nicht überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete)	71
Abbildung 40:	Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – nicht überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete).....	72
Abbildung 41:	Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen – überflutete Objekte (ohne Gewerbegebiete).....	73
Abbildung 42:	Umsetzungsbereitschaft für NWB-Maßnahmen gemeinsam mit Nachbarn	74
Abbildung 43:	Vergleich der derzeitigen Entwässerungssituation der befestigten Flächen mit dem „max. möglichen“ und einem „erwartbaren“ Abkoppelungspotenzial	75
Abbildung 44:	IST-Situation bei einem 5-jährlicher Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation).....	76

Abbildung 45:	Effektivität des „erwartbaren“ Abkoppelungspotenziales bei einem 5-jährlicher Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation).....	77
Abbildung 46:	Effektivität des „maximalen“ Abkoppelungspotenziales bei einem 5-jährlicher Euler II Modellregen (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation).....	77
Abbildung 47:	Auslastung des Bestands beim Regenereignis 2011(ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation).....	78
Abbildung 48:	Effektivität des „maximalen“ Abkoppelungspotenziales beim Regenereignis 2011 (ohne Einleitung des Bründlbachs in die Kanalisation).....	78
Abbildung 49:	Teilbereich für die beispielhafte Anwendung der Projektkostenbarwertmethode nach DWA (2012)	79
Abbildung 50:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	81
Abbildung 51:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012).....	82
Abbildung 52:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	83
Abbildung 53:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	84
Abbildung 54:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte aus Sicht des Grundstückseigentümers (nach DWA, 2012)	86
Abbildung 55:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten aus Sicht des Grundstückseigentümers (nach DWA, 2012)	87
Abbildung 56:	Lage des Projektgebietes Weiz (http://maps.google.at)	90
Abbildung 57:	Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Weiz	91
Abbildung 58:	Prozentuelle Verteilung der versiegelten Flächen im Projektgebiet Weiz	92
Abbildung 59:	Systemskizze der Wechselwirkungen zwischen Abfluss im Kanal und des Oberflächenabflusses (Schmitt et al., 2004); Wasser tritt an einem Schacht aus und kann nach Abfluss auf der Straßenoberfläche an untenliegenden Straßeneinläufen wieder in das Kanalnetz eintreten, sofern es die hydraulische Kapazität des Kanalnetzes zulässt.	93
Abbildung 60:	Hochauflösendes hydrodynamisches 1D-1D Modell vom Projektgebiet Weiz. Die rot strichlierten Linien sind die mittels GIS ermittelten Fließwege der Grünflächen.	94
Abbildung 61:	Links: Teilbereich des 1D-1D Modells mit der Kopplung der befestigten Flächen (rot = Gebäude/Dachflächen, gelb = befestigte Flächen, beige = öffentliche Straßenflächen) an der Kanalisation (gelbe Volllinie) und der unbefestigten Flächen an der Straße bzw. am offenen Gerinne (orange strichlierte Linie) Rechts: Modellhafte Abbildung des offenen Gerinnes (= Straßenquerschnitt).	94
Abbildung 62:	Links: Überstaunachweis nach ÖWAV-RB 11 (2009) bei einem 3-jährlichen Euler II Modellregen mit einer Dauer von 30 Minuten, rechts: 1D-1D modellierte Wasserstandhöhen auf den Straßen	95
Abbildung 63:	Abschätzung des Abkoppelungspotenziales in Abstimmung mit der Stadtgemeinde Weiz..	96
Abbildung 64:	Vergleich des Bestandes mit der Ausschöpfung des max. möglichen Abkoppelungspotenzials und der Installation des behördlich vorgegebenen Retentionsvolumens von jeweils 30 l/m ² Dachfläche.....	97
Abbildung 65:	Mittels dynamischer Kostenvergleichsrechnungen untersuchte hydraulische Sanierungsvarianten für die Weizbergstraße und Birkfelder Straße	98

Abbildung 66:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte unter Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	100
Abbildung 67:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten mit Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012).....	101
Abbildung 68:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	102
Abbildung 69:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten ohne Berücksichtigung des Bestandes (nach DWA, 2012)	103
Abbildung 70:	Lage des Projektgebietes Linz (http://maps.google.at)	106
Abbildung 71:	Links: Befestigte und unbefestigte Flächen im Projektgebiet Linz. Rechts: Luftbildaufnahme vom Projektgebiet Linz. In Rot gekennzeichnet sind jene Bereiche, in welchen das Niederschlagswasser vollständig versickert wird.	107
Abbildung 72:	Prozentuelle Verteilung der versiegelten Flächen im Projektgebiet Linz.....	108
Abbildung 73:	Entwässerungssituation im Projektgebiet Linz	109
Abbildung 74:	Hochaufgelöstes hydrodynamisches 1D-Modell. Im Gelb markierten Bereich war die mobile Messstation HSU 5_S2 stationiert.	110
Abbildung 75:	Grobmodell vom Entwässerungssystem der Stadt Linz mit den einleitenden Umlandgemeinden. In Rot ist jenes Gebiet markiert, in welchem dezentrale NWB-Maßnahmen im Detail untersucht wurden.	111
Abbildung 76:	Kalibrierte Abflussganglinie - in Blau ist der gemessene bzw. in Rot der simulierte Abfluss dargestellt.....	111
Abbildung 77:	Stoffströme für die gelösten Inhaltsstoffe (= hydraulischen Stoffströme) im Projektgebiet Linz.....	112
Abbildung 78:	Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe im Projektgebiet Linz	113
Abbildung 79:	Links: Entwässerungssituation der versiegelten Flächen. Rechts: Abgeschätztes Abkoppelungspotenzial der Dachflächen	114
Abbildung 80:	Stoffströme der gelösten Inhaltsstoffe bei Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales ..	115
Abbildung 81:	Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe bei Ausschöpfung des Abkoppelungspotenziales	115
Abbildung 82:	Systemskizze zur Berechnung des Weiterleitungswirkungsgrades für die gelösten Inhaltsstoffe, modifiziert nach Flamisch (2008)	116
Abbildung 83:	Stoffströme der abfiltrierbaren Stoffe bei einem zentralen Speicherbauwerk	117
Abbildung 84:	Auswirkungen der Abkoppelung auf den Weiterleitungswirkungsgrad nach ÖWAV-RB 19 (2007) Mit der Abkoppelung der versiegelten Flächen werden die Niederschlagswasserabflussvolumina VQR und folglich auch die Entlastungsmengen VQE reduziert, weshalb sich der Weiterleitungswirkungsgrad η_R erhöht.	118
Abbildung 85:	Variantenvergleich anhand der Projektkostenbarwerte (nach DWA, 2012)	120
Abbildung 86:	Variantenvergleich anhand der Jahreskosten (nach DWA, 2012).....	121

10.3 Tabellen

Tabelle 1:	Kategorisierung der Flächentypen (modifiziert nach ÖWAV-RB 35, 2003).....	14
Tabelle 2:	Anforderungen an die Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit der entwässerten Fläche (ÖWAV-RB 35, 2003)	15
Tabelle 3:	Retention auf Dachflächen (AUE, 1998; Reichmann et al., 2010)	18
Tabelle 4:	Zusammenfassende Bewertung von Dachbegrünungen.....	18
Tabelle 5:	Zusammenfassende Bewertung von Regenwassernutzungsanlagen.....	19
Tabelle 6:	Merkmale von durchlässigen, befestigten Oberflächen (RP Karlsruhe, 2003).....	20
Tabelle 7:	Zusammenfassende Bewertung der Flächenversickerung	20
Tabelle 8:	Zusammenfassende Bewertung der Muldenversickerung	21
Tabelle 9:	Zusammenfassende Bewertung der Beckenversickerung	21
Tabelle 10:	Zusammenfassende Bewertung der Rigolen- oder Rohrversickerung.....	22
Tabelle 11:	Zusammenfassende Bewertung der Schachtversickerung	23
Tabelle 12:	Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	23
Tabelle 13:	Zusammenfassende Bewertung der Mulden-Rigolen/Rohr-Versickerung	24
Tabelle 14:	Anforderungen bei Fließgewässereinleitung (ÖWAV-RB 35, 2003).....	25
Tabelle 15:	Zusammenstellung der in der Literatur angegebenen Herstellungs- und Betriebskosten sowie der Nutzungsdauern von NWB-Maßnahmen modifiziert nach Gantner (2002)	26
Tabelle 16:	Einflussfaktoren der Niederschlagswasserbewirtschaftung (modifiziert nach Sieker et al., 2003).....	28
Tabelle 17:	Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bebauungsstruktur (in Anlehnung an Bente, 2001).....	28
Tabelle 18:	Auflagen für Versickerungsmaßnahmen in Wasserschutzzonen	30
Tabelle 19:	Ausführungshinweise für oberirdische Versickerungsanlagen in Hanglage (in Anlehnung an Stecker et al, 1996).....	31
Tabelle 20:	Mögliche NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Bodendurchlässigkeit	32
Tabelle 21:	Einsatzbereiche von NWB-Maßnahmen in Abhängigkeit der Deckschichtenstärke (in Anlehnung an Fuhrmann 2001)	32
Tabelle 22:	Entscheidungsmatrix für die Auswahl von NWB-Maßnahmen (reduzierte Darstellung – nur Versickerung betrachtet). In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte werden die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und bewertet.	33
Tabelle 23:	Anwendungsbeispiel der Entscheidungsmatrix. In der linken Spalte sind die generellen Einflussfaktoren aufgelistet. In der nächsten Spalte sind die standortbezogenen Faktoren eingetragen. In den Spalten NWB-Maßnahmen – Versickerung werden die Faktoren, welche die Umsetzung von NWB-Maßnahmen beeinflussen einzeln betrachtet und mit 0 - Maßnahme ist nicht geeignet oder 1 - Maßnahme ist geeignet, bewertet. In der vorletzten Zeile sind die möglichen Bewirtschaftungsmaßnahmen ausgewiesen.....	34
Tabelle 24:	Beispielhafte Kriterien-Matrix für die ökologische und ökonomische Gesamtbewertung von NWB-Maßnahmen mit Gewichtung der einzelnen Kriterien.	38

Tabelle 25:	Mögliche Kostenstellenstruktur in der Abwasserentsorgung (modifiziert nach ÖWAV-AB 41, 2013).....	41
Tabelle 26:	Mögliche Aufteilung der Kanalbetriebskosten, modifiziert nach R. Pecher (1996).....	43
Tabelle 27:	Beispiel für eine mögliche Aufteilung der Kapital- und Betriebskosten einer Abwasserreinigungsanlage, modifiziert nach R. Pecher (1996).....	44
Tabelle 28:	Aufgezeichnete Regenereignisse im Zeitraum September bis Juli 2012 mit der Angabe des Gesamtniederschlags in mm, der maximalen Intensität in mm/h sowie ihrer Dauer. Die Einstufung erfolgte aufgrund der Intensität: bis 50 mm/h als schwach, zwischen 50 und 100 mm/h wurde als mittel eingestuft und ab 100 mm/h als stark (HouSui, 2013).	59
Tabelle 29:	Empfohlene Überstauhäufigkeiten für den rechnerischen Nachweis bei Neuplanungen bzw. nach Sanierung (ÖWAV-RB 11. 2009).....	62
Tabelle 30:	Kostenansätze für die Kanalisation (Holding Graz).....	80
Tabelle 31:	Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (Gantner, 2002)	80
Tabelle 32:	Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Berücksichtigung des Bestandes.....	88
Tabelle 33:	Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Nichtberücksichtigung des Bestandes....	88
Tabelle 34:	Kostenansätze für die Kanalisation (Stadtgemeinde Weiz).....	98
Tabelle 35:	Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (u.a. Sieker, 2014)	98
Tabelle 36:	Gesamtbewertung der einzelnen Varianten unter Berücksichtigung des Bestandes.....	104
Tabelle 37:	Gesamtbewertung der einzelnen Varianten bei Nichtberücksichtigung des Bestandes	104
Tabelle 38:	Mindestwirkungsgrade η der Weiterleitung gelöster Stoffe in % der im gesamten Einzugsgebiet der Mischkanalisation im Regenwetterfall im Kanal abfließenden Schmutzfrachten nach ÖWAV-RB 19 (2007)	116
Tabelle 39:	Kostenansätze für NWB-Maßnahmen (u.a. Gantner, 2002)	119
Tabelle 40:	Gesamtbewertung der für Linz untersuchten Varianten	122

11 Anhang

11.1 Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Graz

Variantenvergleich unter Berücksichtigung des Bestandes:

VARIANTE 1: Erneuerung Bestand + Vergrößerung Kanalquerschnitt

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	≤ PFH 250	27,80	1.035,00	28.773,00	28.773,00

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 300 - 500	127,60	1.265,00	161.414,00	161.414,00

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 300 - 500	62,60	1.265,00	79.189,00	79.189,00

Gesamtsumme 269.376 [€]

VARIANTE 2: Erneuerung Bestand + NWB (Kostenteilung durch Kanalbetreiber und Entwässerungsverpflichteten)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	≤ PFH 250	155,40	1.035,00	160.839,00	160.839,00

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 300 - 500	62,60	1.265,00	79.189,00	79.189,00

BW - Maßnahme / Element:			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	16.000,00	16.000,00

BW - Maßnahme / Element:			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	22.000,00	22.000,00

Gesamtsumme 278.028 [€]

VARIANTE 3: Erneuerung Bestand + NWB (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	≤ PFH 250	155,40	1.035,00	160.839,00	160.839,00

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 300 - 500	62,60	1.265,00	79.189,00	79.189,00

BW - Maßnahme / Element:			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	8.000,00	8.000,00

BW - Maßnahme / Element:			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	11.000,00	11.000,00

Gesamtsumme 259.028 [€]

VARIANTE 4: Renovierung Bestand mit Inliner + NWB (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Renovierung - Inliner	≤ PFH 250	155,40	400,00	62.160,00	62.160,00

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Renovierung - Inliner	PFH 300 - 500	62,60	600,00	37.560,00	37.560,00

BW - Maßnahme / Element:			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	16.000,00	16.000,00

BW - Maßnahme / Element:			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	22.000,00	22.000,00

Gesamtsumme 137.720 [€]

VARIANTE 5: Renovierung Bestand mit Inliner + NWB (Kostenteilung durch Kanalbetreiber und Entwässerungsverpflichteten)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Renovierung - Inliner	≤ PFH 250	155,40	400,00	62.160,00	62.160,00
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Renovierung - Inliner	PFH 300 - 500	62,60	600,00	37.560,00	37.560,00
			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	8.000,00	8.000,00
			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	11.000,00	11.000,00

Gesamtsumme 118.720 [€]

Variantenvergleich bei Nichtberücksichtigung des Bestandes:

VARIANTE 1: Mehrkosten für DIM-Erweiterung

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Mehrkosten DIM Erweiterung	≤ PFH 250 / PFH 300 - 500	127,60	172,50	22.011,00	22.011,00

Gesamtsumme 22.011 [€]

VARIANTE 2: NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	16.000,00	16.000,00
			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	22.000,00	22.000,00

Gesamtsumme 38.000 [€]

VARIANTE 3: NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m ² /lfm	EP [€/m ² /lfm]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Rohrversickerung	80,00	200,00	8.000,00	8.000,00
			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	11,00	2.000,00	11.000,00	11.000,00

Gesamtsumme 19.000 [€]

11.2 Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Weiz

Variantenvergleich unter Berücksichtigung des Bestandes:

VARIANTE 1: Erneuerung Bestand + DIM Erweiterung

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	≤ PFH 250	79,36	345,00	27.379,20	27.379,20
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	377,83	517,50	195.527,03	195.527,03
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	215,78	517,50	111.666,15	111.666,15
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 600 - 900	51,78	632,50	32.750,85	32.750,85
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 600 - 900	411,10	759,00	312.024,90	312.024,90
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 1000 - 1200	32,51	1.242,00	40.377,42	40.377,42
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal dichte Verbauung	PFH 1000 - 1200	342,95	1.759,50	603.420,53	603.420,53
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal dichte Verbauung	PFH 1000 - 1200	269,32	1.759,50	473.868,54	473.868,54

Gesamtsumme 1.797.015 [€]

VARIANTE 2: Erneuerung Bestand + DIM Erweiterung + NWB (100 % Kostenübernahme durch Grundstückseigentümer)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	≤ PFH 250	181,23	345,00	62.524,35	62.524,35
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	406,43	517,50	210.327,53	210.327,53
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	137,09	517,50	70.944,08	70.944,08
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 600 - 900	146,58	759,00	111.254,22	111.254,22
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 600 - 900	215,42	759,00	163.503,78	163.503,78
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 1000 - 1200	81,61	1.242,00	101.359,62	101.359,62
			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
	Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal dichte Verbauung	PFH 1000 - 1200	612,27	1.759,50	1.077.289,07	1.077.289,07
			m'	EP [€/m']	IK [€]	SUMME [€]
	Retention ohne Reinigung	Betonbecken	570,00	900,00	513.000,00	513.000,00

Gesamtsumme 2.310.203 [€]

VARIANTE 3: Erneuerung Bestand + DIM Erweiterung + NWB (50 % Kostenübernahme durch Grundstückseigentümer)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	≤ PFH 250	181,23	345,00	62.524,35	62.524,35	
Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	406,43	517,50	210.327,53	210.327,53	
DIM Erweiterung - Freigefällekanal lose Verbauung	PFH 300 - 500	137,09	517,50	70.944,08	70.944,08	
Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 600 - 900	146,58	759,00	111.254,22	111.254,22	
DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 600 - 900	215,42	759,00	163.503,78	163.503,78	
DIM Erweiterung - Freigefällekanal mittlere Verbauung	PFH 1000 - 1200	81,61	1.242,00	101.359,62	101.359,62	
Bestand/Erneuerung - Freigefällekanal dichte Verbauung	PFH 1000 - 1200	612,27	1.759,50	1.077.289,07	1.077.289,07	
Retention ohne Reinigung	Betonbecken	570,00	900,00	256.500,00	256.500,00	

Gesamtsumme 2.053.703 [€]

Variantenvergleich ohne Berücksichtigung des Bestandes:

VARIANTE 1: Mehrkosten für DIM-Erweiterung

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
Mehrkosten DIM Erweiterung lose Verbauung	≤ PFH 250 / PFH 300 - 500	101,87	172,50	17.572,58	17.572,58	
Mehrkosten DIM Erweiterung lose Verbauung	PFH 300 - 500 / PFH 600 - 900	51,78	115,00	5.954,70	5.954,70	
Mehrkosten DIM Erweiterung mittlere Verbauung	PFH 600 - 900 / PFH 1000 - 1200	32,51	483,00	15.702,33	15.702,33	

Gesamtsumme 39.230 [€]

VARIANTE 2: NWB-Maßnahmen (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
Mehrkosten DIM Erweiterung mittlere Verbauung	PFH 600 - 900 / PFH 1000 - 1200	81,61	483,00	39.417,63	39.417,63	
Retention ohne Reinigung	Betonbecken	570,00	900,00	513.000,00	513.000,00	

Gesamtsumme 552.418 [€]

VARIANTE 3: NWB-Maßnahmen (50 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			m	EP [€/m]	IK [€]	SUMME [€]
Mehrkosten DIM Erweiterung mittlere Verbauung	PFH 600 - 900 / PFH 1000 - 1200	81,61	483,00	39.417,63	39.417,63	
Retention ohne Reinigung	Betonbecken	570,00	900,00	256.500,00	256.500,00	

Gesamtsumme 295.918 [€]

11.3 Variantenuntersuchungen im Projektgebiet Linz

VARIANTE 1: Zentrales Speicherbauwerk mit V = 1.000 m³

BW - Maßnahme / Element:			m³	EP [€/m³]	IK [€]	SUMME [€]
	Retention ohne Reinigung	Betonbecken	1.000,00	700,00	700.000,00	700.000,00

Gesamtsumme 700.000 [€]

VARIANTE 2: Dezentrale Maßnahmen = 370 x Schachtversickerung (100 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	370,00	2.000,00	740.000,00	740.000,00

Gesamtsumme 740.000 [€]

VARIANTE 3: Dezentrale Maßnahmen = 370 x Schachtversickerung (50 % Kostenübernahme durch Kanalbetreiber)

BW - Maßnahme / Element:			Stück	EP [€/Stück]	IK [€]	SUMME [€]
	Versickerung	Schachtversickerung	370,00	2.000,00	370.000,00	370.000,00

Gesamtsumme 370.000 [€]