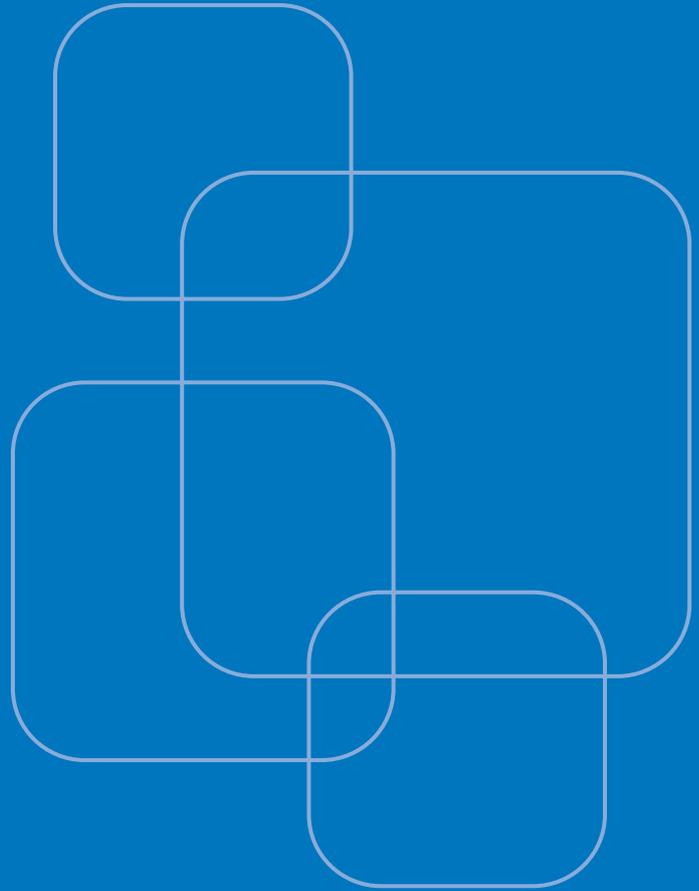


dynaklim-Publikation



Gefördert durch:



DYNAMISCHE ANPASSUNG REGIONALER PLANUNGS- UND ENTWICKLUNGS-PROZESSE AN DIE AUSWIRKUNGEN DES KLIMAWANDELS AM BEISPIEL DER EMSCHER-LIPPE-REGION (RUHRGEBIET)

Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung als Anpassungsmaßnahme und deren Einfluss auf das Abflussregime der Gewässer

G. GERETSHAUSER, K. JUCHHEIM, S. PATIL, U. RAASCH, B. SPENGLER

Emschergenossenschaft/Lippeverband

<http://www.eglv.de/>

dynaklim-Publikation Nr. 63 / Februar 2015



Abstract

Alle Klimaprognosen weisen auf eine deutliche Veränderung des Niederschlaggeschehens mit entsprechenden Auswirkungen auf die Abflüsse der Gewässer hin. Mit Hilfe der Modelltechnik wurden diese Veränderungen quantifiziert. Die untersuchten Realisierungen CLM1 und CLM2 führen tendenziell zwar zu gleichen, graduell aber zu unterschiedlichen Ergebnissen. Entsprechend fallen die erforderlich werdenden Anpassungsmaßnahmen recht unterschiedlich aus. So lassen sich die Hochwasserabflüsse durch Anpassungsmaßnahmen in beiden betrachteten Realisierungen auf den Zustand des Referenzzeitraums zurückführen. Bezogen auf die Niedrigwasserabflüsse der Gewässer gestalten sich Kompensationsmaßnahmen je nach zugrunde gelegter Niederschlagsrealisierung und betrachtetem Prognosezeitraum problematisch.

Dennoch zeigen die Untersuchungen, dass im Kontext des Klimawandels die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung ein äußerst probates Mittel für Anpassungsmaßnahmen darstellt. Vor dem Hintergrund der Unsicherheiten in den Klimaprognosen und Niederschlagsrealisationen bieten naturnahe Bewirtschaftungsmaßnahmen flexible Lösungen, die im Bedarfsfall leicht erweitert oder vernetzt werden können.

Gefördert durch:



Im Rahmen des Programms:



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Einführung in die Thematik | 7 |
| 2 | Wissensbedarf | 9 |
| 3 | Grundlagendaten und Modelltechnik | 10 |
| 3.1 | Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte | 11 |
| 3.1.1 | Begriffsdefinitionen..... | 11 |
| 3.1.2 | Methodischer Ansatz..... | 12 |
| 3.1.3 | Interpretation der Randbedingungen in der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte..... | 17 |
| 3.2 | Siedlungsstrukturelles Abkopplungspotenzial | 26 |
| 3.2.1 | Begriffsdefinition..... | 26 |
| 3.2.2 | Methodischer Ansatz..... | 26 |
| 3.2.3 | Interpretation..... | 27 |
| 3.3 | Regenwasserbewirtschaftungskarte | 31 |
| 3.4 | Hydrologisches Gebietsmodell (HGM) | 33 |
| 3.4.1 | Modellbeschreibung..... | 33 |
| 3.4.2 | Ergebnisdaten..... | 34 |
| 3.5 | Klimadaten | 35 |
| 3.6 | Auswertungsmethodik | 35 |
| 4 | Anpassungsmöglichkeiten der Siedlungswasserwirtschaft an den Klimawandel | 36 |
| | Ziele möglicher Szenarien zur Klimaanpassung | 36 |
| | Beschreibung der Szenarien | 37 |
| 5 | Untersuchungsgebiete | 45 |
| 5.1 | Roßbach-Einzugsgebiet | 45 |
| 5.1.1 | Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes | 45 |
| 5.1.2 | Gebietsmerkmale | 46 |
| 5.1.3 | Hydrologisches Gebietsmodell Roßbach..... | 55 |
| 5.2 | Gemeinde Bönen | 61 |
| 5.2.1 | Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes | 61 |
| 5.2.2 | Gebietsmerkmale | 61 |
| 6 | Abkopplungsszenarien in den Modellgebieten | 68 |
| 6.1 | Szenarien für das Roßbachgebiet | 68 |
| 6.2 | Szenarien für das Untersuchungsgebiet Bönen | 70 |
| 6.3 | Vergleich der Abkopplungsgrade in den Untersuchungsgebieten | 72 |
| 6.4 | Implementierung und Bemessung der Abkopplungsmaßnahmen im hydrologischen Modell (Einzugsgebiet Roßbach) | 72 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 7 | Ergebnisse der hydrologischen Untersuchungen | 73 |
| 7.1. | Grundlagen zur Auswertung der Ergebnisse | 73 |
| 7.2. | Statistische Ermittlung der Hochwasserabflüsse | 74 |
| 7.2.1 | Einfluss des Klimawandels auf den Hochwasserabfluss..... | 75 |
| 7.2.2 | Räumliche Variabilität der klimabedingten Veränderungen..... | 81 |
| 7.2.3 | Zwischenfazit: Auswirkung des Klimawandels auf die Hochwasserabflüsse | 82 |
| 7.2.4 | Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsverfahren auf zukünftige Hochwasserabflüsse..... | 83 |
| 7.2.5 | Zwischenfazit: Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftung | 90 |
| 7.3. | Statistische Ermittlung der Niedrigwasserabflüsse | 91 |
| 7.3.1 | Einfluss des Klimawandels auf den Niedrigwasserabfluss | 92 |
| 7.3.2 | Zwischenfazit: Auswirkung des Klimawandels auf Niedrigwasser | 96 |
| 7.3.3 | Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsverfahren auf zukünftige Niedrigwasserabflüsse..... | 97 |
| 7.3.4 | Zwischenfazit: Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftung | 101 |
| 7.4. | Nachweis der Bemessungssicherheit der Hochwasserrückhaltbecken | 102 |
| 7.4.1 | Ermittlung der 50-jährlichen Abflussganglinien | 102 |
| 7.4.2 | Ergebnisse..... | 103 |
| 7.4.3 | Zwischenfazit..... | 105 |
| 7.5. | Nachweis der nRWB-Maßnahmen auf Basis der projizierten Niederschlagsbelastung | 106 |
| 7.5.1 | Untersuchungen im gesamten Gebiet des Roßbaches | 106 |
| 7.5.2 | Untersuchungen im Lupengebiet Kleyer Straße | 107 |
| 7.5.3 | Zwischenfazit..... | 109 |
| 8 | Zusammenfassung | 110 |
| | LITERATUR: | 112 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Emscher-Lippe Region..... | 7 |
| Abbildung 2: Verschiedene Einflussfaktoren auf die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung..... | 10 |
| Abbildung 3: Methodische Vorgehensweise zur Erstellung der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte | 13 |
| Abbildung 4: GIS-Funktion zur Verschneidung der Einflussfaktoren | 19 |
| Abbildung 5: knowledge base formular (Modus Graphikeditor) | 20 |
| Abbildung 6: Ausschnitt aus der Datenbank der verschnittenen Geometrien und Lösungsvorschlag. | 21 |
| Abbildung 7: Ergebnis der Einzelabfrage „Muldenversickerung und Grundwasserbewirtschaftung möglich“ | 22 |
| Abbildung 8: Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte für das Emschergebiet, Übersicht für das Gesamtgebiet | 22 |
| Abbildung 9: Auszug aus der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte mit Legende..... | 23 |
| Abbildung 10: Bebauungsstruktur, Beispielausschnitt..... | 29 |
| Abbildung 11: Kurzfristiges (links) und langfristiges (rechts) Abkopplungspotenzial, Beispielausschnitt | 29 |
| Abbildung 12: Grundstücksbezogene Streuung des blockscharf ermittelten Abkopplungspotenzials | 32 |
| Abbildung 13: Roßbach-Einzugsgebiet, Luftbild mit Gewässern und Anlagen der Emschergenossenschaft..... | 46 |
| Abbildung 14: Roßbach-Einzugsgebiet, Realnutzungskartierung | 50 |
| Abbildung 15: Roßbach-Einzugsgebiet, Bewirtschaftungsartenkarte..... | 54 |
| Abbildung 16: Roßbach-Einzugsgebiet, langfristiges Abkopplungspotenzial | 55 |
| Abbildung 17: Lage der Gewässerprofile | 58 |
| Abbildung 18: Niederschlagstationen und CLM-Kacheln im HGM..... | 60 |
| Abbildung 19: Untersuchungsgebiet Bönen, Luftbild mit Gewässern und Anlagen des Lippeverbandes | 61 |
| Abbildung 20: Untersuchungsgebiet Bönen, Realnutzungskartierung | 64 |
| Abbildung 21: Untersuchungsgebiet Bönen, Bewirtschaftungsartenkarte | 67 |
| Abbildung 22: Untersuchungsgebiet Bönen, langfristiges Abkopplungspotenzial | 67 |
| Abbildung 23: Regenwasserbewirtschaftungskarte für das Roßbachgebiet | 70 |
| Abbildung 24: Für die Auswertung ausgewählte Modellknoten im Gebiet des Roßbachs..... | 74 |
| Abbildung 25: Verteilungsfunktionen der HW-Abflüsse im Roßbach und in den Nebenläufen (Referenzszenario) | 75 |
| Abbildung 26: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung | 76 |
| Abbildung 27: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse am Dellwiger Bach..... | 77 |
| Abbildung 28: Ensemble-Projektion für die HW-Abflüsse am Schmechtingsbach | 78 |
| Abbildung 29: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse am Oespeler Bach | 79 |
| Abbildung 30: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse in den Winterhalbjahren an der Roßbach-Mündung | 80 |
| Abbildung 31: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse in den Sommerhalbjahren an der Roßbach-Mündung | 81 |
| Abbildung 32: Ensemble-Prognosen für die Hochwasser-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, Niederschlagsdaten Bönen..... | 82 |

| | |
|---|-----|
| Abbildung 33: Projizierte HW-Abflüsse an der Roßbach- Mündung für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen)..... | 84 |
| Abbildung 34: Projizierte HW-Abflüsse des Dellwiger Baches für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen) | 86 |
| Abbildung 35: Projizierte HW-Abflüsse im Schmechtingsbach für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen) | 87 |
| Abbildung 36: Projizierte HW-Abflüsse im Oespeler Bach für die Nahe Zukunft (ohne und mit Abkopplungsmaßnahmen)..... | 88 |
| Abbildung 37: Abflussganglinie des Hochwasserereignisses aus projizierten Klimadaten CLM 1 am 04.07.2023 (Nahe Zukunft) | 90 |
| Abbildung 38: Verteilungsfunktionen der NW-Abflüsse im Roßbach und in den Nebenläufen (Referenzszenario) | 92 |
| Abbildung 39: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung | 93 |
| Abbildung 40: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse im Dellwiger Bach | 94 |
| Abbildung 41: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse im Schmechtingsbach | 95 |
| Abbildung 42: Ensemble-Projektion für die NW-Abflüsse im Oespeler Bach | 96 |
| Abbildung 43: Zukünftige NW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, mit und ohne nRWB-Maßnahmen | 98 |
| Abbildung 44: Zukünftige NW-Abflüsse im Dellwiger Bach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen..... | 99 |
| Abbildung 45: Zukünftigen NW-Abflüsse im Schmechtingsbach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen | 100 |
| Abbildung 46: Zukünftigen NW-Abflüsse im Oespeler Bach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen | 101 |
| Abbildung 47: Ermittlung der 50jährigen Abflussganglinie der Nahen Zukunft auf Grundlage der Abflussganglinie des Referenzzeitraumes..... | 103 |
| Abbildung 48: Modellerte Betriebsganglinien des HRB „In der Meile“ für ein 50-jährliches Ereignis | 104 |
| Abbildung 49: Modellerte Betriebsganglinien des HRB Schmechtingsbach für ein 50-jährliches Ereignis | 105 |
| Abbildung 50: Übersicht der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet Kleyer Straße | 107 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Eigenschaften dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsarten in Bezug auf einzelne Prozesse..... | 12 |
| Tabelle 2: Klassifikation Bodenmächtigkeit..... | 14 |
| Tabelle 3: Klassifikation Bodendurchlässigkeit | 14 |
| Tabelle 4: Klassifikation Bodenwasserhaushalt | 15 |
| Tabelle 5: Klassifikation Grundwasserflurabstand..... | 15 |
| Tabelle 6: Klassifikation Hangneigung..... | 16 |
| Tabelle 7: Klassifikation Trinkwasserschutzzonen | 16 |
| Tabelle 8: Klassifikation Altablagerungen und Altstandorte..... | 17 |
| Tabelle 9: Gewässernähe | 17 |
| Tabelle 10: Klassifizierung der Einflussfaktoren auf die Regenwasserbewirtschaftungsart..... | 18 |
| Tabelle 11: Bewirtschaftungsregeln und Datenquellen..... | 18 |
| Tabelle 12: Beispielhafte Analyse und Bewertung von vier Baustrukturtypen..... | 28 |
| Tabelle 13: mögliche weitere Nutzungs- und Baustrukturtypen in Ergänzung zu Tabelle 12 | 30 |
| Tabelle 14: Zusammenfassung der Auswertungsmethodik..... | 35 |
| Tabelle 15: Szenarien für die Anpassung der Siedlungsentwässerung an den Klimawandel | 42 |
| Tabelle 16: Befestigte Flächen im Roßbach-Einzugsgebiet..... | 50 |
| Tabelle 17: Regenwasserbehandlungsanlagen im Roßbach-Gebiet..... | 52 |
| Tabelle 18: Anteile der Bewirtschaftungsarten im Roßbachgebiet (angegeben sind nur die tatsächlich vorkommenden Bewirtschaftungsarten)..... | 53 |
| Tabelle 19: Im Modell verwendete Geo-Basisdaten | 56 |
| Tabelle 20: Landnutzungsarten und Interzeptionsparameter im Gebiet des Roßbachs | 56 |
| Tabelle 21: Bodenarten in Gebiet des Roßbachs und deren Eigenschaften..... | 57 |
| Tabelle 22: Durchschnittliche Abflusskonzentrationsparameter im Gebiet des Roßbachs..... | 58 |
| Tabelle 23: Bemessungsdaten für die zentrale RWB Anlagen im Gebiet des Roßbachs | 59 |
| Tabelle 24: Zusammenfassung der verfügbaren Klimadaten..... | 60 |
| Tabelle 25: Anteile der Nutzungstypen..... | 64 |
| Tabelle 26: Befestigte Flächen im Untersuchungsgebiet Bönen..... | 64 |
| Tabelle 27: Regenwasserbehandlungsanlagen des Untersuchungsgebietes Bönen | 65 |
| Tabelle 28: Anteile der Bewirtschaftungsarten im Untersuchungsgebiet Bönen (angegeben sind nur die tatsächlich vorkommenden Bewirtschaftungsarten)..... | 66 |
| Tabelle 29: Abkopplungsgrade der möglichen Abkopplungsmaßnahmen für das Roßbachgebiet (gesamt befestigte Fläche 827,8 ha) | 68 |
| Tabelle 30: Abkopplungsszenarien und entsprechendes Potenzial im Pilotgebiet Roßbach | 69 |
| Tabelle 31: Abkopplungsgrade der möglichen Abkopplungsmaßnahmen für das Untersuchungsgebiet Bönen (gesamt befestigte Fläche 169,5 ha)..... | 71 |
| Tabelle 32: Abkopplungsgrade der in Frage kommenden Szenarien für das Untersuchungsgebiet Bönen ohne Überschneidungen..... | 71 |
| Tabelle 33: Überlaufhäufigkeit der nRWB-Maßnahmen (Referenzzeitraum –Messdaten)..... | 72 |
| Tabelle 34: Angaben zu den ausgewählten Modellknoten..... | 74 |
| Tabelle 35: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 36: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse am Dellwiger Bach | 77 |
| Tabelle 37: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse am Schmechtingsbach | 78 |
| Tabelle 38: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse am Oespeler Bach..... | 79 |
| Tabelle 39: Projizierte prozentuale Änderungen der winterlichen HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung | 80 |
| Tabelle 40: Projizierte prozentuale Änderungen der sommerlichen HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung | 81 |
| Tabelle 41: Prognostizierte prozentuale Änderungen der Hochwasser-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, Niederschlagsdaten Bönen | 82 |
| Tabelle 42: Abkopplungsgrad für die ausgewählten Modellknoten | 84 |
| Tabelle 43: HQ-Differenz des Roßbaches (Mündung) durch Abkopplungsmaßnahmen | 85 |
| Tabelle 44: HQ-Differenz des Dellwiger Baches durch Abkopplungsmaßnahmen | 86 |
| Tabelle 45: HQ-Differenz des Schmechtingsbaches durch Abkopplungsmaßnahmen | 88 |
| Tabelle 46: HQ-Differenz des Oespeler Baches durch Abkopplungsmaßnahmen | 89 |
| Tabelle 47: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer an der Roßbach-Mündung..... | 93 |
| Tabelle 48: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Dellwiger Bach | 94 |
| Tabelle 49: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Schmechtingsbach | 95 |
| Tabelle 50: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Oespeler Bach | 96 |
| Tabelle 51: NW-Differenz und NW-Dauer an der Roßbach-Mündung (Abkopplungsszenario 1)..... | 98 |
| Tabelle 52: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Dellwiger Bach (Abkopplungsszenario 1)..... | 99 |
| Tabelle 53: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Schmechtingsbach (Abkopplungsszenario 1)..... | 100 |
| Tabelle 54: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Oespeler Bach (Abkopplungsszenario 1) | 101 |
| Tabelle 55: Bemessungsdaten der Hochwasserrückhaltebecken | 102 |
| Tabelle 56: Modellerte Maximale Auslastungen in den HRB „In der Meile“ und Schmechtingsbach für ein 50-jährliches Ereignis..... | 103 |
| Tabelle 57: Überlaufwahrscheinlichkeit der nRWB-Maßnahmen (Nahe und Ferne Zukunft)..... | 106 |
| Tabelle 58: Überlaufwahrscheinlichkeit (T_n [J]) der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet..... | 108 |
| Tabelle 59: Mittleres Überlaufvolumen [m^3] pro Überlaufereignis der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet..... | 108 |

1 Einführung in die Thematik

Nach den aktuellen wissenschaftlichen Untersuchungen bringt der Klimawandel in der Emscher-Lippe Region (Abbildung 1) neben temperaturmäßig moderateren, aber nasserem Wintern insbesondere heißere Sommer, die gekennzeichnet sind durch längere Trockenperioden und häufigere Starkregenereignisse. Das regionale Klimamodell Climate Local Model (CLM) prognostiziert, dass gegenüber dem Referenzzeitraum 1961 bis 1990 die mittleren Jahrestemperaturen in der nahen Zukunft (2021 bis 2050) um etwa +1,1 °C und in der fernen Zukunft (2071 bis 2100) um etwa +3,1 °C zunehmen werden. Der mittlere Jahresniederschlag wird in der Nahen Zukunft um etwa 7,5% und in der Fernen Zukunft um etwa 2% zunehmen. In der Folge erhöht sich auch die mittlere Jahresverdunstung für die Nahe Zukunft um etwa 3,3% und für die Ferne Zukunft um etwa 8,2%.

Die CLM-Modelldaten wurden mittels Downscaling für die für wasserwirtschaftliche Fragestellungen in der Regel erforderliche zeitliche Auflösung von fünf Minuten diskretisiert [1].

Die detaillierte Auswertung der zeitlichen Niederschlagsmuster deutet auf bis zu 18% Zunahme des mittleren Tagesniederschlags im Winterhalbjahr und bis zu 11% Abnahme des mittleren Tagesniederschlags im Sommerhalbjahr hin. Die Anzahl der Starkregenereignisse (Niederschlagshöhe ≥ 20 mm/Tag) wird von 3-4 Mal pro Jahr im Referenzzeitraum auf 4-5 Mal pro Jahr in der Zukunft ansteigen. Andererseits wird mit Abnahme der Niederschläge im Sommerhalbjahr die Anzahl der trockenen Tage (Niederschlagshöhe ≤ 0.1 mm/Tag) um 15% zunehmen.

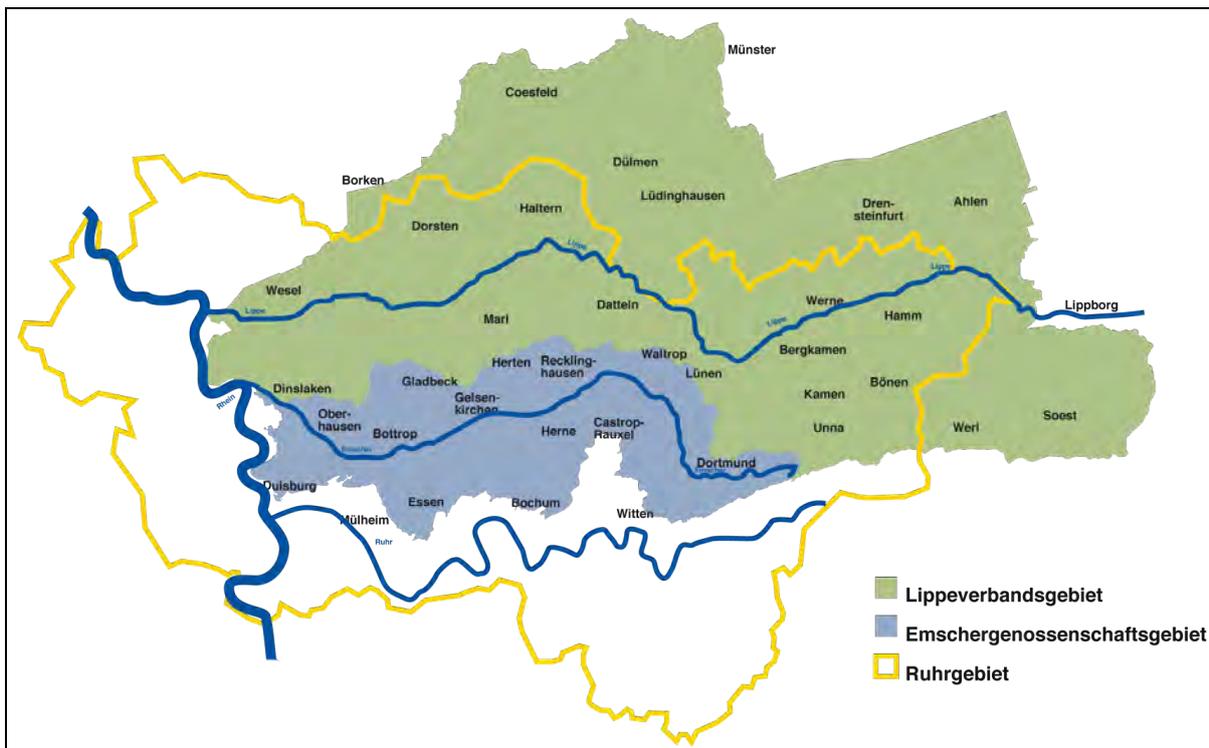


Abbildung 1: Emscher-Lippe Region

Von den Veränderungen der Niederschlagsverhältnisse werden die regionalen Wasserkreisläufe und damit auch die Bauwerke der Siedlungswasserwirtschaft betroffen sein, deren Funktion und Betriebsverhalten unmittelbar davon abhängig sind. Die Zunahme der Starkregenereignisse (Anzahl und

Intensität) wird zu einer Häufung der Überflutungs- und Hochwasserereignisse führen. Weiterhin wird die Gewässerqualität durch die künftig vermutlich steigende Entlastungsaktivität der Regenbecken in Kombination mit höheren Temperaturen beeinflusst. Längere Trockenperioden im Sommer können dazu führen, dass sich im Kanalnetz Ablagerungen bilden. Nassere Winterperioden haben Einfluss auf die Grundwasserflurabstände, deren Auswirkungen auf die Bebauung - insbesondere in den Poldergebieten - zu untersuchen sind.

Trotz der großen Unsicherheiten in den Klimaprognosen hinsichtlich der absoluten Zahlen ist unbestritten, dass der Klimawandel zu Veränderungen in der Hydrologie führen wird und die Strukturen in der Wasserwirtschaft auf ihre Anpassungsfähigkeit hin überprüft werden müssen. Einvernehmen in der Fachwelt besteht darüber, dass eine Vergrößerung der Bauwerke und sogenannte end-of-pipe-Maßnahmen keine zukunftsorientierten Lösungen darstellen, da sie nicht die erforderliche Flexibilität bieten. Anders stellt sich dies bei dezentralen / naturnahen Bewirtschaftungsmaßnahmen dar. Bei diesen Anlagen handelt es sich in der Regel um kleinräumige Erdbaumaßnahmen (z.B. Versickerungsmulden), die wirtschaftlich und flexibel herstellbar und veränderbar sind.

Die Wirksamkeit der Anpassung an den Klimawandel mittels naturnaher Bewirtschaftungsmaßnahmen wird im Arbeitsbereich 3.2 „Regenwasserbewirtschaftung“ untersucht. Die Ergebnisse sind Gegenstand dieses Berichts.

2 Wissensbedarf

Im Folgenden werden aufgrund der zuvor erläuterten möglichen Einflüsse des Klimawandels auf die Siedlungswasserwirtschaft, aber auch der Wechselwirkungen zwischen Regen- und Grundwasserbewirtschaftung untersucht. Daraus abgeleitet werden Anpassungsmaßnahmen für die Siedlungswasserwirtschaft mit dem Ziel in allen genannten Bereichen Verschlechterungen zu vermeiden und bei konkurrierenden Nutzungen keinen Anspruch über Gebühr zu benachteiligen.

Hierzu besteht Bedarf an einer Systematik, mit der mögliche Veränderungen in der Entwässerung identifiziert und quantifiziert werden können. Konkret galt es in einem ersten Arbeitsschritt daher folgende Fragen zu beantworten:

- Welche geogenen und biotischen Faktoren haben Einfluss auf die Art der möglichen Regenwasserbewirtschaftung, inwiefern wirken sie limitierend und wie kann eine automatisierte Interpretation der Faktoren in ihrer Gesamtheit erfolgen?
- Welchen Einfluss hat die Struktur des baulichen Siedlungsbestandes auf die Art der möglichen Regenwasserbewirtschaftung, welche Restriktionen und Chancen bietet sie und wie kann sie möglichst automatisch interpretiert werden?
- Welche Auswirkungen wird der Klimawandel auf Abflussverhältnisse (Hoch – und Niedrigwasser) in den Gewässern und Überflutung (bedingt durch die städtische Kanalisation) in der Region haben?
- Wie wirksam sind die möglichen naturnahen Regenbewirtschaftungsmaßnahmen zur Anpassung der Wasserwirtschaft in der Region an den Klimawandel?

In späteren Arbeitsabschnitten wird dann mit den (möglichst) automatisierten Verfahren das Veränderungspotenzial von bestehenden Entwässerungsstrukturen beurteilt. In der Folge können über diese Veränderung, die Abkopplung von Flächen aus dem bestehenden System, die damit verbundenen Einflüsse auf die Siedlungswasserwirtschaft und die Grundwasserbewirtschaftung quantifiziert werden. Den relevanten Entscheidungsträgern eröffnet sich so die Möglichkeit, ihre Maßnahmen zeitlich und räumlich in großräumigere, übergeordnete Vorhaben der Stadtplanung, der Generalentwässerungsplanung u.ä. einzubinden und so optimierte Maßnahmen hinsichtlich der wirtschaftlichen Effizienz und des Anpassungserfolgs an den Klimawandel zu erreichen.

Die Ergebnisse des ersten Arbeitsschrittes werden zur Überprüfung der Praxistauglichkeit in zwei Modellgebieten unterschiedlicher Siedlungsstruktur angewendet. Hier sollen über die Entwicklung von Szenarien verschiedener siedlungswasserwirtschaftlicher Veränderungen möglichst allgemeingültige Konzepte und Handlungsempfehlungen entwickelt werden.

3 Grundlegendaten und Modelltechnik

Das Potenzial dezentraler Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten hängt von vielen Einflussfaktoren ab (Abbildung 2). Folglich ist eine systematische Aufstellung und Klassifizierung relevanter Faktoren sinnvoll, anhand derer ein Einsatz von dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsanlagen geprüft und beurteilt werden kann. Mit Hilfe Geographischer Informationssysteme (GIS) können bei ausreichend vorliegendem Datenmaterial GIS-gestützte Planungen der Regenwasserbewirtschaftung erfolgen. Hierzu werden die Informationen über die geogenen Randbedingungen in der sogenannten Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte zusammengetragen und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Möglichkeiten der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung interpretiert. Das Vorgehen wird detailliert in Kapitel 3.1 beschrieben.

Der Einfluss der vorhandenen Siedlungsstruktur wird mit Hilfe des Abkopplungspotenzials dargestellt. Seine Ermittlung ist in Kapitel 3.2 beschrieben. Während die Ausweisung der Regenwasserbewirtschaftungsart nach Festlegung des Einflusses der Faktoren überwiegend automatisiert erfolgt, können bei der Ermittlung des Abkopplungspotenzials nur für die Erfassung der Siedlungsstrukturen rechnergestützte Verschneidungen eingesetzt werden. Die Interpretation der vorhandenen Daten ist nur zu einem geringeren Grad verallgemeinerbar. Die Quantifizierung des Abkopplungspotenzials setzt daher ein breiteres fachliches Wissen des Bearbeiters voraus.

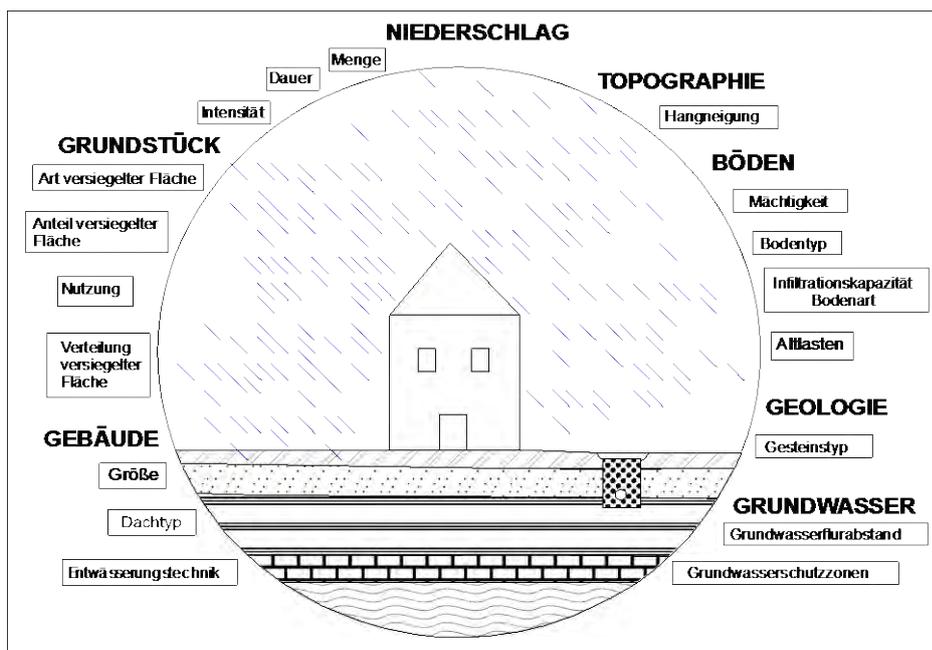


Abbildung 2: Verschiedene Einflussfaktoren auf die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung

Die Regenwasserbewirtschaftungskarte entsteht durch die Verschneidung/Überlagerung der Bewirtschaftungsartenkarte und der Abkopplungspotenzialkarte. Bei dieser Verschneidung wird der Wirkungsgrad der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung auf den einzelnen Flächen hinsichtlich des gewünschten Entlastungseffektes berücksichtigt. Dies ist erforderlich, weil Gebiete mit hohem Abkopplungspotenzial (z.B. ländliche Einzelhaussiedlungen) i.d.R. am geringsten zu den Problem-/Lastfällen in den bestehenden Entwässerungssystemen beitragen, während innenstadtnahe Gebiete bei meist geringem Abkopplungspotenzial häufig erheblich zum Lastfall beitragen. Die Anstrengungen zur Regenwasserbewirtschaftung sollten sich daher zunächst auf Gebiete konzentrieren, die eine attraktive Mischung aus Problemsituation und Abkopplungspotenzial aufweisen. Die Interpretation der Regenwasserbewirtschaftungskarte ist in Kapitel 3.3 erläutert.

Auf Basis der Abkopplungspotenzial- und Regenwasserbewirtschaftungskarten können ortsspezifische Abkopplungsmaßnahmen abgeleitet werden können. Die Wirkung der Abkopplungsmaßnahmen auf das Hoch- und Niedrigwassergeschehen im Gewässer, unter Berücksichtigung des Klimawandels; wird mit einem hydrologischen Gebietsmodell nachgewiesen. Das hydrologische Gebietsmodell ist in Kapitel 3.4 beschrieben. Die Veränderungen auf das Überflutungsgeschehen, verursacht durch die städtische Kanalisation, werden mit dem hydrodynamischen Kanalnetzmodell (s. Kapitel 3.5) quantifiziert. Diese Berechnungen erfolgen jeweils mit den hoch aufgelösten Klimadaten des Referenzzeitraumes, der nahen und der fernen Zukunft, die im Kapitel 3.6 zusammengefasst sind.

3.1 Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte

Die in diesem Arbeitsschritt entwickelte „Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte“ bezeichnet und charakterisiert die naturräumlichen Voraussetzungen für eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung. Abhängig von geologischer, morphologischer, topographischer und bodenkundlicher Ausgangssituation wird die günstigste aller möglichen Bewirtschaftungsarten vorgeschlagen. Diese reichen von der einfachen Flächenversickerung bis zu vernetzten und kombinierten Grundwasserbewirtschaftungs- und Versickerungssystemen. Die Karte zeigt das Ergebnis der klassifizierten und überlagerten Einflussfaktoren, die in der Interpretation wertend gegeneinander gestellt werden. Diese sind über GIS detailliert abrufbar, so dass für jede vorgeschlagene Bewirtschaftungsart nachvollzogen werden kann, welche Restriktion genau zum Ausschluss bestimmter Verfahren geführt hat. Je nach Beeinflussbarkeit kann so das Spektrum der Möglichkeiten im Rahmen von Anpassungsmaßnahmen durchaus erweitert werden.

Die klassifizierten geogenen Einflussfaktoren haben in erster Linie Einfluss auf die Regenwasserbewirtschaftungsprozesse Versickerung, oberirdische und unterirdische Speicherung und Ableitung. Die Verdunstung hingegen ist von klimatischen Bedingungen abhängig, die über das gesamte Gebiet als gleichmäßig eingestuft wird.

Nicht alle Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind abhängig von geogenen Faktoren (z.B. Dachbegrünung). Die verschiedenen Klassen in der Legende der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte beschreiben somit auch die unterschiedlichen Einschränkungen dezentraler Maßnahmen.

3.1.1 Begriffsdefinitionen

Unter dem Begriff Regenwasserbewirtschaftung wird eine Vielzahl von Maßnahmen verstanden, mit denen das Regenwasser behandelt und/oder bewirtschaftet wird. Die wichtigsten sind:

- Verdunstung (Dachbegrünung, Teich, Becken)
- Versickerung (Entsiegelung, Flächen-, Mulden-, Mulden-Rigolen-, Rigolen-, Teich- und Schachtversickerung)
- Reinigung (Passage einer bewachsenen Bodenzone, z.B. Mulde oder technischer Filteranlagen, z.B. Abscheider)
- Retention (Teich, Becken, Dachbegrünung)
- gedrosselte Ableitung (über Mulden-Rigolen-Systeme, Gräben oder Kanäle, auch in Kombination mit Grundwasserbewirtschaftung)
- Nutzung.

Der Einfluss der aufgeführten Verfahren auf die Wasserbilanzen ist dabei sehr unterschiedlich. Eine Übersicht der Eigenschaften in Bezug auf einzelne Prozesse sind in Tabelle 1 aufgeführt.

| Regenwasserbewirtschaftungsart dezentrale Maßnahmen | Verdunstung | Reinigung | Versickerung | oberirdische Speicherung | unterirdische Speicherung | gedrosselte Ableitung |
|--|-------------|-----------|--------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|
| Dachbegrünung | +++ | +(+) | - | ++ | - | ++ |
| Flächenversickerung | ++ | +++ | +++ | - | - | - |
| Muldenversickerung | + | +++ | +++ | +++ | - | - |
| Muldenversickerung mit unterirdischer Speicherung | + | ++ | +++ | +++ | +++ | - |
| Muldenversickerung mit unterirdischer Speicherung und gedrosselter Ableitung | + | ++ | ++ | +++ | +++ | +++ |
| Rohr/Rigolenversickerung (mit Ableitung) | - | - | ++ | - | +++ | (+++) |
| Schachtversickerung | - | - | +++ | - | +++ | - |
| kombinierte Regen- und Grundwasserbewirtschaftung | + | ++ | - | +++ | ++ | +++ |
| Versickerungsteich | ++ | ++ | +++ | +++ | - | - |
| Passage der bewachsenen Bodenzone (Mulde) mit unterirdischer Speicherung und vollständiger gedrosselter Ableitung (gedichtetes System) | + | ++ | - | +++ | +++ | +++ |
| Retentions-Teiche | +++ | + | - | +++ | - | +(+) |
| Regenwassernutzung | k.A. | k.A. | - | k.A. | k.A. | k.A. |
| Grabensysteme | + | + | + | ++ | - | + |
| Entsiegelung* | +++ | +++ | +++ | - | - | - |

+++ Hoher Prozessanteil
 ++ Mittlerer Prozessanteil
 + Geringer Prozessanteil
 - Kein Prozessanteil
 k.A. keine Angabe

* Die Verdunstungs-, Reinigungs- und Versickerungsleistungen sind bei der Entsiegelung stark vom anstehenden Boden abhängig.

Tabelle 1: Eigenschaften dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsarten in Bezug auf einzelne Prozesse

3.1.2 Methodischer Ansatz

Im Folgenden wird auf die Methodik zur Erstellung der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte eingegangen. Einen vereinfachten Überblick zeigt Abbildung 3. In den nachstehenden Kapiteln wird auf die methodische Vorgehensweise der Einzelschritte detaillierter eingegangen sowie das EDV-Konzept zur Erstellung der Karte erläutert.

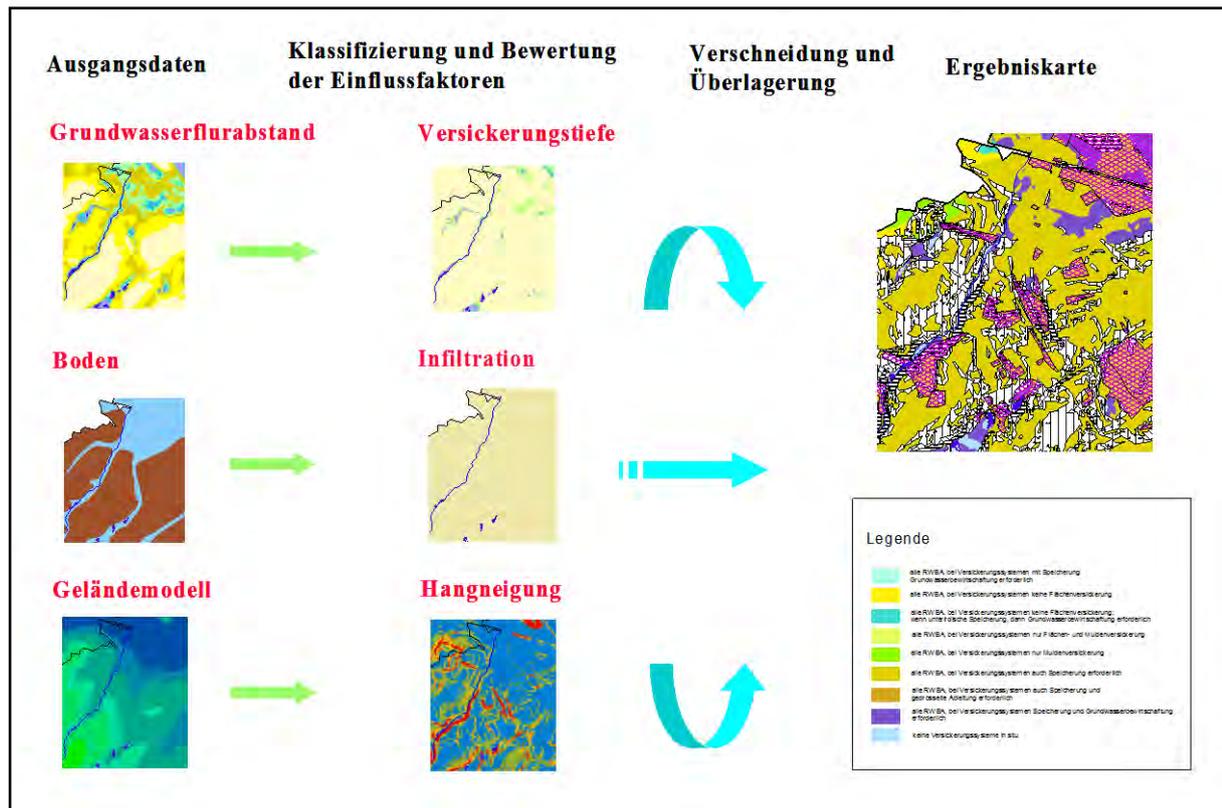


Abbildung 3: Methodische Vorgehensweise zur Erstellung der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte

Ausgangsdaten

Die Ausgangsdaten sind mit unterschiedlicher Genauigkeit erhoben worden. Die Geologische Karte mit einem Maßstab von 1:100.000 weist den größten Generalisierungsgrad auf. Die Ergebniskarte kann nur so genau sein, wie die maßstabskleinste Einzelkarte. Dementsprechend können die Ergebnisse nicht grundstücksscharf interpretiert werden.

Insbesondere die Versickerungsmaßnahmen sind stark abhängig von geogenen Eigenschaften. Wesentliche Einflussgrößen stellen deshalb der geologische Untergrund, der Boden, das Grundwasser und das Relief dar. Bei vielen Einflussfaktoren kann es zum Ausschluss von Versickerung vor Ort geben. Dies bedeutet aber nicht den Ausschluss jeglicher dezentraler Maßnahmen. Wenn die Möglichkeiten der Versickerung seitens der naturräumlichen Voraussetzung eingeschränkt sind, müssen weitere Überlegungen zu Speicherung und Drosselung angeführt werden. Daher werden immer alle Einschränkungen eines Gebietes aufgrund aller Kategorien zum Maß für die Einordnung einer möglichen Bewirtschaftungsart. Der technische und damit finanzielle Aufwand für die Anwendung einer Bewirtschaftungsart wird ebenfalls berücksichtigt, allerdings nur, wenn er aus den Grundlagenkarten erfassbar ist (z.B. Altablagerungen und Altstandorte, Hangneigung).

Klassifizierung und Bewertung der geogenen Einflussfaktoren

Im Folgenden werden die einzelnen geogenen Faktoren und ihr Einfluss auf die Regenwasserbewirtschaftung vorgestellt.

Mächtigkeit des Bodens:

In der Regel wird ein Boden dadurch gekennzeichnet, dass er durch seine Schichtung in unterschiedlichen Tiefen bestimmte Eigenschaften aufweist. Immer wiederkehrende Horizontabfolgen stellen charakteristische Bodentypen dar. Manche Bodentypen zeichnen sich durch eine sehr geringe Mächtigkeit (wenige Dezimeter) des abgelagerten Lockersediments aus, darunter beginnt das Festgestein (z.B. Ranker). Die unterschiedlichen Versickerungsverfahren benötigen unterschiedliche Mindest-Bodenmächtigkeiten, um eine Versickerung in den anstehenden Untergrund zu gewährleisten. Eine Versickerung in das Festgestein ist zwar theoretisch möglich, aber technisch aufwendig. Zudem ist eine Bestimmung der Bodendurchlässigkeit (k_f -Wert) im Festgestein schwierig. Es wird deshalb vorausgesetzt, dass unterhalb der Versickerungssohle noch ein Lockersediment in der Mächtigkeit von mindestens 50 cm vorliegt und ein horizontaler oder vertikaler Wassertransport möglich ist, um eine entsprechende Versickerung zu gewährleisten. Liegt das Festgestein sehr nah an der Oberfläche, können (offene) Retentions- und Ableitungselemente zum Einsatz kommen, die die Abflüsse einem Gewässer oder einer semizentralen Bewirtschaftung an einem besser geeigneten Ort zuführen.

Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die gewählten Klassifizierungen. Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bilden die Geologische Karte mit den Angaben über die Gesteinsart und die Bodenkarte mit den Angaben über den Bodentyp und seiner Mächtigkeit.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--|--|
| Lockergesteinsmächtigkeit $\geq 2,0$ m | keine Einschränkungen |
| Lockergesteinsmächtigkeit 1,0 - 2,0 m | bei Versickerungssystemen nur Flächen- oder Muldenversickerung möglich |
| Lockergesteinsmächtigkeit $\leq 1,0$ m | keine Versickerung in situ |

Tabelle 2: Klassifikation Bodenmächtigkeit

Durchlässigkeit des Bodens:

Als wichtigste Einflussgröße zur Beurteilung der Versickerungsfähigkeit von Regenwasser gilt der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert des Bodens. Er ist von der Körnung und dem ausgebildeten Porensystem abhängig. Mit zunehmender Korngröße nimmt die Größe der (Primär-) Poren zu, nicht aber ihre Menge. Von entscheidender Bedeutung ist die Anzahl der Grobporen, die das Niederschlagswasser zügig in den Untergrund leiten. Eine Klassifizierung der benötigten k_f -Werte liegt für die verschiedenen Bewirtschaftungssysteme vor. In Tabelle 3 sind die Durchlässigkeitsanforderungen an die einzelnen Bewirtschaftungssysteme aufgeführt. Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bildet die Bodenkarte des Geologischen Dienstes NRW mit den Angaben über die Durchlässigkeit.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--|--|
| $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s | keine Einschränkung |
| $1 \cdot 10^{-4} > k_f \geq 5 \cdot 10^{-6}$ m/s | keine Flächenversickerung |
| $5 \cdot 10^{-6} > k_f \geq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s | bei Versickerung großes Speichervolumen notwendig; keine Flächenversickerung, Muldenversickerung nur bei großem Platzangebot |
| $k_f < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s | bei Versickerung Speicherung und gedrosselte Ableitung erforderlich |

Tabelle 3: Klassifikation Bodendurchlässigkeit

Wasserhaushalt des Bodens:

Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bildet die Bodenkarte mit den Angaben über den Bodentyp sowie die Angaben zur Ausprägung der Vernässung. Im Einzugsgebiet der Emscher befindet sich laut Bodenkarte auf großen Flächen der Bodentyp „Gley“ (Grundwasserboden). Dieser hatte sich in den Jahren nach der Eiszeit in der Emscherniederung entwickelt. Durch menschliche Siedlungs- und Industrieaktivitäten (Bergbau) hat sich der Grundwasserflurabstand jedoch stark verändert. Der Wasserhaushalt nach Bodentyp findet somit nur bedingt Eingang in die Klassifikation. Der Themenkarte „Grundwasserflurabstand durch Grundwasserabstandsmessungen“ ist deshalb in der Interpretation der Voraussetzungen der Vorrang vor dem Bodentyp eingeräumt worden. In Bezug auf Schichten- oder Stauwasser gibt es jedoch keine alternative Bewertung zu den Bodentypen. Die Unterscheidung zwischen stauwasserbeeinflussten und stauwasserunbeeinflussten Böden gemäß Tabelle 4 wird durchgehend berücksichtigt.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--|---|
| Terrestrische Böden ohne Stauwassereinfluss | Die Böden weisen weder Stau- noch Grundwasser auf. Eine Einschränkung hinsichtlich der Regenwasserbewirtschaftung besteht nicht. |
| Terrestrische Böden mit Stauwassereinfluss: Pseudogley | Temporäres Stauwasser im Bodenprofil erfordern eine gedrosselte Ableitung an einen Vorfluter. Reine Versickerungsmaßnahmen reichen nicht aus. Speicherung und gedrosselte Ableitung erforderlich. |

Tabelle 4: Klassifikation Bodenwasserhaushalt

Grundwasser:

Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bilden vorhandene Grundwassermodelle. In Gebieten, für die keine solchen Modelle bestehen, können alternativ Grundwassergleichenpläne herangezogen werden. Sind keine Angaben zum Grundwasser verfügbar, muss eine Abschätzung über den Bodentyp erfolgen (Grundwasserböden). Unterhalb der Versickerungssohle fordert das maßgebliche Regelwerk zum Schutz des Grundwassers einen genügend großen Abstand zum Grundwasserspiegel. Maßgeblich ist dabei der einmal im Jahr höchste auftretende Grundwasserstand. Der Einfluss des Grundwasserflurabstandes auf die mögliche Regenwasserbewirtschaftungsart geht gemäß der Klassifikation der Tabelle 5 in die Interpretation ein. Eine weiträumige Versickerung kann u.U. großen Einfluss auf den lokalen Grundwasserstand haben. Dieser Einfluss kann nicht verallgemeinert angegeben werden, sondern muss im Grundwassermodell nachgewiesen werden. In diesem Parameter werden die Wechselwirkungen zwischen Grund- und Regenwasserbewirtschaftung besonders deutlich. Für die Empfehlungen zur Bewirtschaftungsart bedeutet das, dass die erstmalige Erstellung nicht die endgültige sein muss, da sich durch veränderte Grundwasserstände auch andere Bewirtschaftungsarten ergeben.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--------------------------------------|--|
| GW-Flurabstand > 3m | Das Grundwasser steht so tief an, dass es keinen Einfluss auf die Art der Regenwasserbewirtschaftung hat |
| GW-Flurabstand $\geq 1,5m - \leq 3m$ | Bei Versickerungsanlagen mit unterirdischer Speicherung muss i.d.R. auch eine Grundwasserbewirtschaftung erfolgen. Flächen- und Muldenversickerung sind möglich. |
| GW-Flurabstand < 1,5m | Das Grundwasser steht so hoch an, dass eine Versickerung nur in Zusammenhang mit einer Grundwasserbewirtschaftung sinnvoll ist |

Tabelle 5: Klassifikation Grundwasserflurabstand

Topographie:

Je größer die Hangneigung in einem Gebiet ausfällt, umso weniger Speichervolumen steht dem Regenwasser in den Bewirtschaftungsanlagen zur Verfügung, da bestimmte Grenzen der Muldentiefe und der Böschungswinkel nicht überschritten werden sollten. Folglich können sich beim Muldenbau mit erhöhter Hangneigung Bauprobleme ergeben. Mit zunehmender Hangneigung nehmen Baukosten zu, weil mehr Systemelemente auf gleichem Raum benötigt werden als bei niedriger Hangneigung. Bei der Errichtung dezentraler Anlagen spielt zudem der Effekt von Hangwasser oft eine wichtigere Rolle. Grundsätzlich ist bei Hangneigungen größer 5% die Gefahr von Hangwasser im Unterliegerbereich zu berücksichtigen. Im hängigen Gelände sollten die Anlagen möglichst hangparallel angeordnet werden (günstigste Ausnutzung des Speichervolumens). Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bilden digitale Geländemodelle, aus denen die Hangneigung berechnet und klassifiziert wird.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|-----------------------|--|
| Hangneigung 0 – 5% | keine Einschränkung |
| Hangneigung 5– 10% | Erhöhter Aufwand zum Bau dezentraler Anlagen, möglichst hangparallel anordnen. Gefahr von Hangwasser und Hangrutschungen beachten |
| Hangneigung 10 - 15% | Aufwand zum Bau dezentraler Anlagen hoch, Wirtschaftlichkeit prüfen, hangparallel anordnen. Gefahr von Hangwasser und Hangrutschungen beachten |
| Hangneigung > 15% | Bau dezentraler Versickerungssysteme i.d.R. unwirtschaftlich. Gefahr von Hangwasser und Hangrutschungen beachten |

Tabelle 6: Klassifikation Hangneigung

Trinkwasserschutzzonen:

In Trinkwasserschutzzonen werden besondere Anforderungen an den Schutz des Bodens und des Grundwassers gestellt. In den Richtlinien für Trinkwasserschutzgebiete (DVGW Regelwerk, Arbeitsblatt W 101, 1995) sind diese besonderen Schutzbedingungen erläutert. Danach ist eine Versickerung in der Schutzzone I generell nicht zulässig; in den Trinkwasserschutzzonen II und III sind besondere Anforderungen an Versickerungsanlagen gefordert. Die Berücksichtigung dieser Anforderung erfolgt gemäß Tabelle 7.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--------------------------------------|--|
| Trinkwasserschutzzone I | keine Versickerung in situ |
| Trinkwasserschutzzone II und III | Versickerung nur in Absprache mit der Wasserbehörde |
| außerhalb der Trinkwasserschutzzonen | keine Einschränkung |

Tabelle 7: Klassifikation Trinkwasserschutzzonen

Altablagerungen und Altstandorte:

Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bilden von den Städten bereitgestellte Unterlagen. Diese sind in ihrer Aussagekraft sehr unterschiedlich. Das Emschergebiet sowie ein Teil des Lippegebietes sind seit Beginn der Besiedlung Standorte für Industrie und Gewerbe. Es ist deshalb notwendig, die Problematik der Altablagerungen und Altstandorte in diesen Einzugsgebieten mit besonderer Aufmerksamkeit zu betrachten. Da unter dezentraler Regenwasserbewirtschaftung neben der Versickerung auch die Reinigung, Speicherung und verzögerte Ableitung von Regenwasser zu verstehen ist, kann es in einigen Gebieten angebracht sein, trotz eines kontaminationsbegründeten „Versickerungsverbot“ dezentrale Maßnahmen zu fordern, um z.B. ein Entwässerungsnetz zu entlasten. Auf welchen Flächen trotz Altablagerungen und Altstandorte Versickerung möglich ist, muss im Einzelfall ent-

schieden werden. Sie ist somit nicht grundsätzlich auszuschließen (Tabelle 8). Flächen von Altablagerungen und Altstandorten werden hinsichtlich der Beschränkung bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart daher nicht bewertet, sondern in der Legende dargestellt.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--|--|
| Altablagerungen und Altstandorte vorhanden | tatsächliche Ausdehnung der Altablagerungen und Altstandorte ist zu prüfen. Ausschluss der Versickerung für Flächen erst bei Gefährdungspotenzial für Grundwasser. |
| keine Altablagerungen und Altstandorte vorhanden | keine Einschränkung |

Tabelle 8: Klassifikation Altablagerungen und Altstandorte

Gewässernähe:

In unmittelbarer Nähe eines Gewässers bzw. eines Grabens kann eine Direkteinleitung (gedrosselt oder ungedrosselt) in dieses Gewässer erwogen werden. Bei welcher Entfernung zum Gewässer eine Direkteinleitung sinnvoll ist, hängt von vielen Faktoren ab, die nicht einfach geographisch ermittelt werden können. Trotzdem wird in der Ergebniskarte ein Bereich zur Gewässernähe gem. Tabelle 9 ausgewiesen, um die Ableitung in ein Gewässer als grundsätzliche Möglichkeit darzustellen. Die Datengrundlage für diesen Einflussfaktor bilden bereitgestellte Karten über das Gewässernetz im Emscherraum.

| Einflussfaktor | Beschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart |
|-------------------------|--|
| Gewässerabstand < 200 m | Ableitung von Regenwasser in das Gewässer als Maßnahme eher wirtschaftlich |
| Gewässerabstand > 200 m | Ableitung von Regenwasser in das Gewässer als Maßnahme eher unwirtschaftlich |

Tabelle 9: Gewässernähe

Neben den bereits vorhandenen Gewässern lassen sich über digitale Höhenmodelle und die Abgrenzung von Einzugsgebieten auch mögliche zusätzliche Grabentrassen ermitteln, die die Gewässerlandschaft erweitern können. Gerade im Emschergebiet wurden im Zuge der Industrialisierung viele kleine Bäche und Gräben überbaut, verschüttet oder verrohrt. Wie aus alten Gewässerkarten von 1842 hervorgeht, sind seit Anfang des 20. Jahrhunderts mehr als 70% der Fließgewässerabschnitte verschwunden. Wo ihre Trassen zumindest in Teilen noch vorhanden sind und das Freigefälle nicht durch Bergsenkungen gestört ist, kann die Rekonstruktion dieser Ableitungssysteme das über Direkteinleitung erzielbare Abkopplungspotenzial signifikant erhöhen. Je nachdem, ob die ehemaligen Systeme in auch heute noch unbebauten Gebieten oder innerhalb von Siedlungen liegen, sind die Chancen auf Wiederherstellung oder Schaffung unterschiedlich. Die Aktivierbarkeit noch vorhandener Gräben durch Vernetzung ist ebenfalls von Art und Dichte der heutigen Bebauung abhängig.

3.1.3 Interpretation der Randbedingungen in der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte

Die so beschriebenen und bewerteten Randbedingungen für die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung werden in einer Datenbank zusammengestellt. Eine Aussage über die möglichen Bewirtschaftungsarten entsteht mittels einer Entscheidungsmatrix bzw. eines Entscheidungsbaums, in dem die eingehenden GIS-Daten gelesen und verarbeitet und das Ergebnis angezeigt wird. Damit diese Arbeitsschritte automatisiert erfolgen können, ist ein sogenannter „knowledge base formulator“ not-

wendig, in dem die Regeln zur Interpretation der Daten abgelegt sind, sowie eine hierauf basierende Abfrage (inference engine). Zur Ergebnisaufbereitung und –präsentation werden gleichartige Flächen zusammengefasst und dadurch gleich dargestellt.

Festlegung und Klassifizierung der Einflussfaktoren im GIS

Als Voraussetzung zur Erstellung der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte werden Grundlagendaten benötigt, aus denen die Einflussfaktoren bestimmt und klassifiziert werden. Diese Grundlagendaten werden in einem Geographischen Informationssystem im Datenbankformat vorgehalten.

Im Abschnitt zur Methodik der Erstellung der Bewirtschaftungsart sind die geogenen Einflussfaktoren vorgestellt und in Bezug auf die Bewirtschaftungsarten klassifiziert worden. Nicht alle Faktoren beeinflussen die potenziellen Regenwasserbewirtschaftungsarten direkt und konkretisieren daher die möglichen Maßnahmen, manche tragen nur indirekt zur Regenwasserbewirtschaftungsart bei und beschreiben weitergehende Untersuchungen oder Randbedingungen. Tabelle 10 zeigt die Einflussgrößen und ihre Bedeutung für die mögliche Regenwasserbewirtschaftungsart.

| Einflussfaktor | Auswirkung auf Regenwasserbewirtschaftungsart |
|--|---|
| Mächtigkeit | direkte Einflussnahme |
| Infiltrationskapazität (kf-Wert) | direkte Einflussnahme |
| Wasserhaushalt des Bodens (Schichtenwasser) | direkte Einflussnahme |
| Grundwasserflurabstand | direkte Einflussnahme |
| Gewässernähe | Zusatzinformation, unabhängige Bewirtschaftungsart: Ableitung in ein Gewässer |
| Altablagerungen und Altstandorte | Zusatzinformation |
| Hangneigung | Zusatzinformation |
| Trinkwasserschutzzone | Zusatzinformation |

Tabelle 10: Klassifizierung der Einflussfaktoren auf die Regenwasserbewirtschaftungsart

Alle Einflussfaktoren mit direkter Einflussnahme werden über ein Geoinformationssystem miteinander verschnitten. Das Ergebnis-Shape beinhaltet alle Informationen zu den direkten Einflussfaktoren, abgelegt in verschiedenen Spalten. Tabelle 11 schlüsselt die Einflussfaktoren nach Datenherkunft und der zu bewertenden Datenbankgrundlage (verwendete Spalte zur Klassifizierung) auf.

| Bewirtschaftungsregel | Datengrundlage | Spalte | Knowledge base | Einheit |
|---|--|---------------|-----------------------|----------------|
| Mächtigkeit | Geologische Karte 1:100.000 | Gesteinsart | Ja | Text |
| Durchlässigkeit | Bodenkarte 1:50.000 | Kf-Wert | Ja | Zahl (mm/h) |
| Bodentyp | Bodenkarte 1:50.000 | Bodentyp RWB | Ja | Text |
| Grundwasserflurabstand | Ergebnisse der Grundwassermodellierung | Flab Stufe | Ja | Text |
| Hangneigung | Geländemodell (Rasterweite 10m) | Code | Nein | Zahl |
| Altablagerungen und Altstandorte | Karten der Städte | ID | Nein | Text/Zahl |
| Trinkwasserschutzzone | Karten der Städte | ID | Nein | Text/Zahl |
| Gewässernähe | Gewässerthema | Buffer 200m | Nein | Text |

Tabelle 11: Bewirtschaftungsregeln und Datenquellen

GIS Extension „GM intersection“

Mit dem Verschneidungswerkzeug „GM intersection“ können bis zu 6 Themen gleichzeitig miteinander verschnitten und als neues Thema mit Datenbanktabelle und allen Attributen der verschnittenen Einflussfaktoren ausgegeben werden. Als Ergebnis wird eine Karte mit allen Einflussfaktoren erstellt. Die Datenbank dieser digitalen Karte ist die Grundlage zur Bearbeitung der Entscheidungsmatrix.

Abbildung 4 zeigt das Eingabefenster zur Verschneidung der Einflussfaktoren. Aus dem jeweiligen Thema wird die dazugehörige Datenbankspalte abgefragt, welche zur Verschneidung des Themas verwendet werden soll.

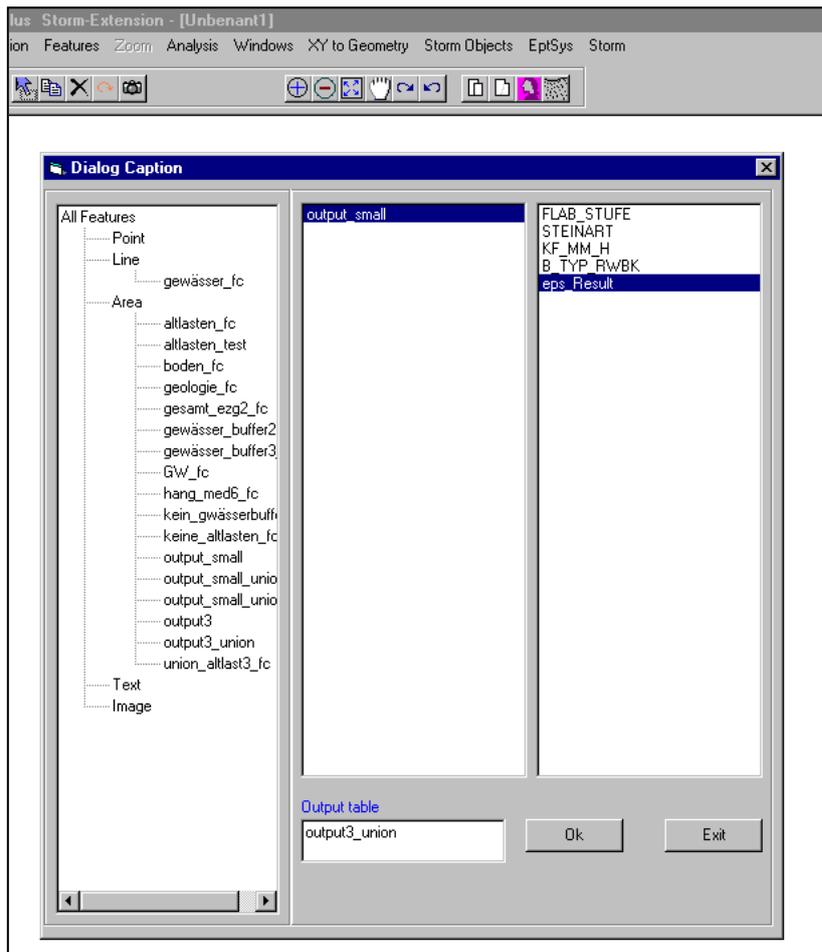


Abbildung 4: GIS-Funktion zur Verschneidung der Einflussfaktoren

Erstellung der Entscheidungsmatrix im „knowledge base formular“

Aus der Zusammenstellung der Einflussfaktoren wird die Entscheidungsmatrix erstellt, indem die einzelnen Bewertungsregeln im „knowledge base formulator“ genau formuliert werden (if – then). Damit kann für alle Einflussfaktoren nach den Vorgaben der Klassifikation eine Zuordnung zu den möglichen Bewirtschaftungsarten erstellt werden. Zur Verarbeitung der Regeln, die tabellarisch oder graphisch eingegeben werden können, wird eine Datei erstellt, die in das Expertensystem als „knowledge base“ eingelesen werden kann. Somit können modifizierte Entscheidungsbäume in unterschiedlichen Dateien abgelegt und verglichen werden.

Alle Einflussfaktoren werden an Knotenpunkten entsprechend der Regenwasserbewirtschaftungsart klassifiziert und zum nächsten Knoten weitergeleitet. Neben der tabellarischen Bearbeitung kann die Entscheidungsmatrix auch im Graphikmodus (Abbildung 5) bearbeitet werden.

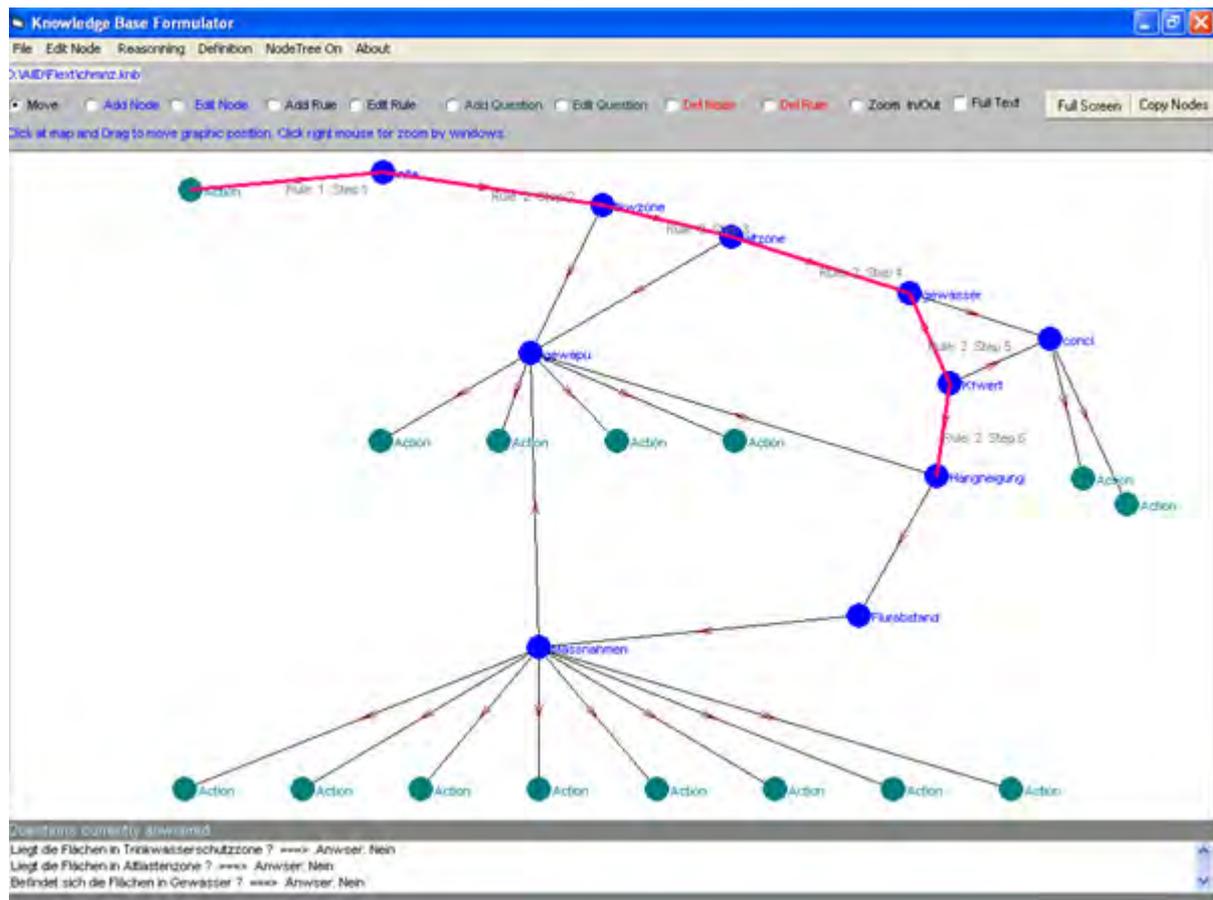


Abbildung 5: knowledge base formular (Modus Graphikeditor)

Anwendung des „inference engine“

In der „inference engine“ (Suchmaschine) werden die Daten aus dem „knowledge base“ (knb Datei) und den GIS-Datenbanken verarbeitet. Dies kann automatisiert mittels der GIS-Verschneidung oder manuell erfolgen. Über ein Anwendermenü wird abgefragt, welche Datensätze aus der entsprechenden Datenbank welchen Einflussfaktoren in der Entscheidungsmatrix des „knowledge base“ entsprechen. Das Ergebnis wird als Spalte in die aus dem GIS eingegebene Datenbank abgelegt (Abbildung 6). Eine Überprüfung der automatisierten Bearbeitung ist online möglich.

| Shape | STEINART | FLAB_STUFE | KF_MM_H | B_TYP_RWB2 | FLXT_LIPPE |
|-----------|----------|------------|---------|------------------------------|--------------------------|
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 18.8 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 18.0 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 18.8 | Flaubraunerde | SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 27.9 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 19.0 | Flaubraunerde | SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 19.0 | Flaubraunerde | KVM |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 18.0 | Pseudogley | KVM |
| Polygon W | hoch | | 47.3 | Anthropogen überlagter Boden | KVM |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon W | hoch | | 47.3 | Anthropogen überlagter Boden | KVM |
| Polygon W | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | KVM |
| Polygon L | hoch | | 47.3 | Anthropogen überlagter Boden | MV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 47.3 | Anthropogen überlagter Boden | MV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 25.2 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 25.2 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Pseudogley | ABLW BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 72.3 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 88.5 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 20.8 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | -1.0 | Anthropogen überlagter Boden | MV FLV SPV ABLV BP#BP#BT |
| Polygon L | hoch | | 18.0 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 25.2 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 25.2 | Pseudogley | ABLW |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Braunerde | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Gley | MV SPV ABLV |
| Polygon L | hoch | | 27.1 | Pseudogley | ABLW |

Abbildung 6: Ausschnitt aus der Datenbank der verschnittenen Geometrien und Lösungsvorschlag

Erläuterung der Spalten in Abbildung 6

STEINART: Mächtigkeit des Lockergesteins über Festgestein in Dezimeter

FLAB_STUFE: Grundwasserflurabstand in Meter

KF_MM_H: Infiltrationsrate in Millimeter pro Stunde

B_TYP_RWB2: Bodentyp (auf Haupttyp beschränkt)

FLXT_LIPPE: Aus verschnittenen Einzelinformationen erzieltes Bewertungsergebnis (z.B.: KVM = Keine Versickerung möglich; ABLV = Ableitung bei Versickerung erforderlich; SPV ABLV = Muldenversickerung mit erhöhtem Speicherbedarf und Versickerungssysteme mit Ableitung möglich)

Für jeden geogenen Einflussfaktor im jeweiligen GIS-Shape der Ausgangsdaten wird gemäß den Einteilungen der Klassifikationen eine Spalte angelegt. Alle Beschränkungen der Einflussfaktoren zur Bewirtschaftung werden addiert, woraus sich die Anzahl der möglichen Bewirtschaftungsarten ergibt. Die Einflussfaktoren Trinkwasserschutzzone, Altlast und Hangneigung fließen nicht in die Bewertung mittels Verschneidung ein, sondern werden als individuell aktivierbare Prüfkriterien über die Bewirtschaftungsart gelegt. Die Informationen zu den Altablagerungen und Altstandorten liegen i.d.R. nur unzureichend vor. Es ist aufgrund ihrer Heterogenität nicht möglich exakte Bedingungen für die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung festzuschreiben. Es muss jeder Einzelfall untersucht und geprüft werden. Diese Flächen werden somit nicht vorab von dezentralen Maßnahmen ausgeschlossen.

Das Ergebnis der Verschneidung gibt Aufschluss über die Summe unterschiedlicher Bewirtschaftungsarten, die in der Legende über unterschiedliche Farbgebungen abgebildet wird.

Abfrage über das „user interface“

Das „user interface“ dient zur Abfrage von Ergebnissen für Einzelflächen. Der Anwender hat die Möglichkeit, alle Einflussfaktoren einzeln abzufragen. Es ist möglich, dass im Rahmen einer Projektbearbeitung für Teilbereiche die eingeflossenen Informationen neu bewertet werden müssen, da sich Randbedingungen verändert haben. In der Emscherzone können dies beispielsweise Sanierungen von Altstandorten, (offene) Vernetzungen von Fließgewässern oder ähnlich Veränderungen der Landschaft sein. Die Aktualisierung der Randbedingungen kann zur Folge haben, dass neue Kombinationen der Regenwasserbewirtschaftung eine Überarbeitung der Legende nach sich ziehen. Damit nicht für jede Einzelfläche die gesamte Ergebniskarte reproduziert werden muss, kann über das „user interface“ eine Einzelabfrage erfolgen (Abbildung 7). Dort können für alle Einflussfaktoren bezüglich der betroffenen Fläche Einzelaussagen getroffen werden.

Als Ergebnis werden nach Abfrage aller Einflussfaktoren die Regenwasserbewirtschaftungsarten aufgelistet, die für die Fläche möglich sind. Aus diesem Modus heraus ist es möglich, zurück zum „knowledge base formular“ zu verlinken und die Regeln neu zu definieren, falls das Ergebnis nicht mit den veränderten Randbedingungen korreliert. Der Weg zur Entscheidung ist im Grafikmodus des „knowledge base formular“ markiert und somit überprüfbar.

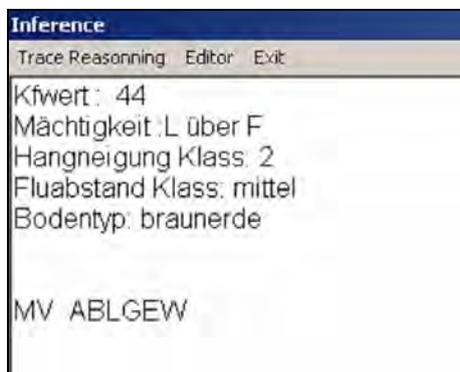


Abbildung 7: Ergebnis der Einzelabfrage „Muldenversickerung und Grundwasserbewirtschaftung möglich“

Darstellung der Regenwasserbewirtschaftungsarten und Erläuterungen

Im letzten Schritt werden die Ergebnisse der in den vorhergegangenen Abschnitten beschriebenen Schritte im GIS abgelegt (Abbildung 8).

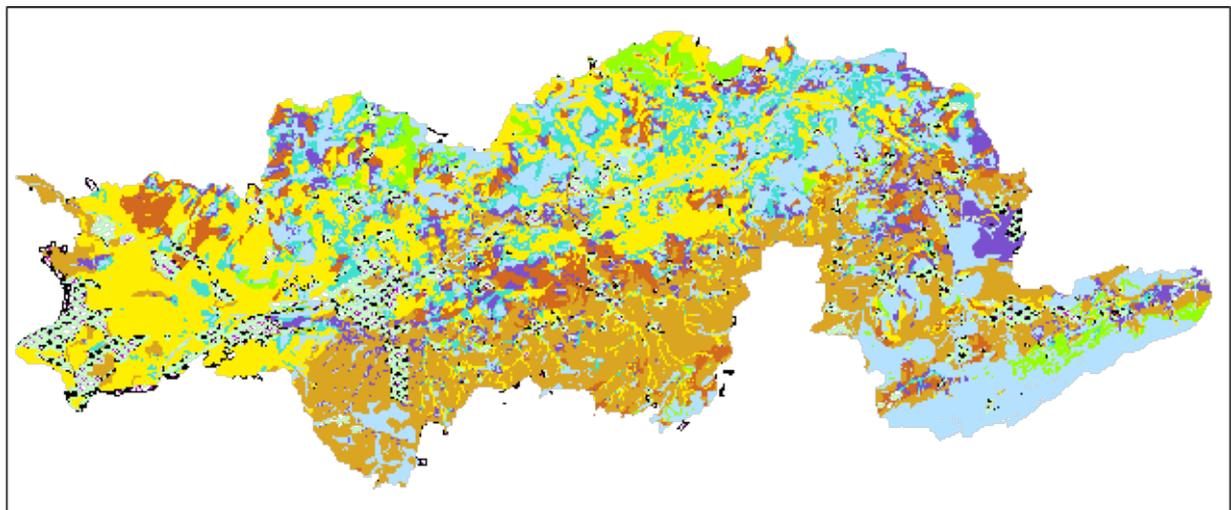


Abbildung 8: Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte für das Emschergebiet, Übersicht für das Gesamtgebiet

Die hierbei angegebenen Einschränkungen zur Regenwasserbewirtschaftung beziehen sich auf Bewirtschaftungssysteme mit Versickerungskomponenten sowie gedichtete Mulden-Rigolen-Systeme. Regenwasserbewirtschaftungsarten, wie Dachbegrünung oder Regenwassernutzung, sind von geogenen Einflussfaktoren unabhängig; über ihre Anwendbarkeit entscheiden siedlungsstrukturelle Randbedingungen.

Der Zusatz „Bodenprüfung*“ bedeutet, dass es sich bei diesen Flächen um anthropogene Böden handelt und die Bodendaten zum Bodentyp und/oder zum k_f -Wert nicht vorliegen. Diese Daten sollten im Rahmen der weiteren Bearbeitung erhoben werden. Das Fehlen dieses Zusatzes bedeutet aber im Umkehrschluss nicht, dass in einer größeren Detailschärfe nicht genauere Bodenansprachen notwendig sind. Schließlich kann aufgrund des Maßstabs der Originaldaten keine grundstücksscharfe Bewertung der geogenen Einflussfaktoren vorgenommen werden.

Im Einzelnen enthält die Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte folgende Kategorien (Abbildung 9):

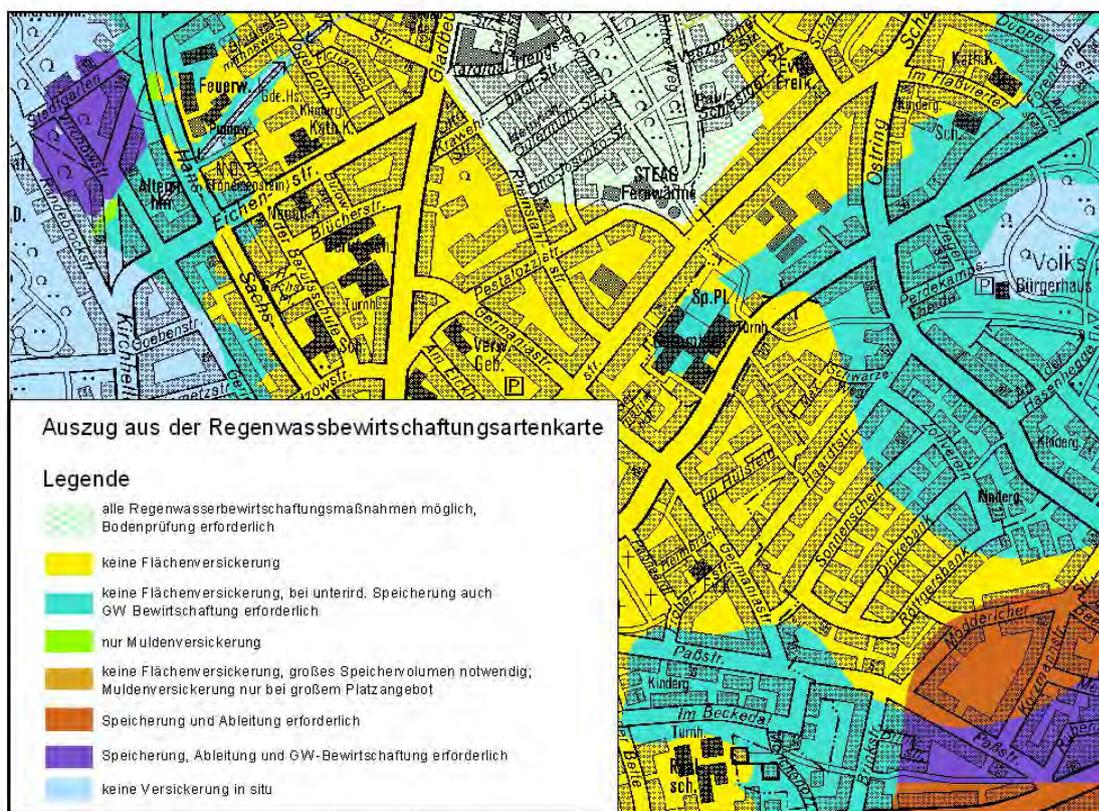


Abbildung 9: Auszug aus der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte mit Legende

Alle Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen möglich (alle RWB):

Es liegen keine Einschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart vor.

Alle Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen möglich (alle RWB), Bodenprüfung:*

Es liegen keine Einschränkungen bezüglich der Regenwasserbewirtschaftungsart vor. Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Diese (Durchlässigkeit und/oder Bodentyp) müssen ermittelt werden.

Alle RWB, bei unterirdischer Speicherung auch Grundwasserbewirtschaftung erforderlich:
Wenn wegen Platzmangels neben oberirdischem auch ein unterirdischer Speicher notwendig ist, muss eine Grundwasserbewirtschaftung erfolgen.

Alle RWB, bei unterirdischer Speicherung auch Grundwasserbewirtschaftung erforderlich, Bodenprüfung:*

Wenn wegen Platzmangels neben oberirdischem auch ein unterirdischer Speicher notwendig ist, muss eine Grundwasserbewirtschaftung erfolgen. Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Diese (Durchlässigkeit und/oder Bodentyp) müssen ermittelt werden.

Keine Flächenversickerung:

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Ansonsten sind alle Bewirtschaftungssysteme denkbar.

Keine Flächenversickerung, Bodenprüfung:*

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Ansonsten sind alle Bewirtschaftungssysteme denkbar. Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Angaben zu Durchlässigkeit und/oder Bodentyp müssen ermittelt werden.

Keine Flächenversickerung, bei notwendiger unterirdischer Speicherung auch Grundwasserbewirtschaftung erforderlich:

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Muldenversickerung ist ohne Einschränkungen möglich. Wenn wegen Platzmangels neben oberirdischem auch ein unterirdischer Speicher notwendig ist, muss eine Grundwasserbewirtschaftung erfolgen.

Keine Flächenversickerung, bei notwendiger unterirdischer Speicherung auch Grundwasserbewirtschaftung erforderlich, Bodenprüfung:*

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Muldenversickerung ist ohne Einschränkungen möglich. Wenn wegen Platzmangels neben oberirdischem auch ein unterirdischer Speicher notwendig ist, muss eine Grundwasserbewirtschaftung erfolgen. Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Angaben zu Durchlässigkeit und/oder Bodentyp müssen ermittelt werden.

Nur Flächen- oder Muldenversickerung:

Die hohe Durchlässigkeit des anstehenden Bodens erlaubt alle Regenwasserbewirtschaftungsarten, allerdings ist der anstehende Boden geringmächtig. Eine unterirdische Speicherung könnte nur im Festgestein erfolgen (sehr hoher Aufwand).

Nur Flächen- oder Muldenversickerung, Bodenprüfung:*

Der anstehende Boden ist geringmächtig. Eine unterirdische Speicherung könnte nur im Festgestein erfolgen (sehr hoher Aufwand). Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Angaben zu Durchlässigkeit und/oder Bodentyp müssen ermittelt werden.

Nur Muldenversickerung:

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Muldenversickerung ist ohne Einschränkungen möglich. Der anstehende Boden ist geringmächtig. Eine unterirdische Speicherung könnte nur im Festgestein erfolgen (sehr hoher Aufwand).

Nur Muldenversickerung, Bodenprüfung:*

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt eine Speicherung. Muldenversickerung ist ohne Einschränkungen möglich. Der anstehende Boden ist geringmächtig. Eine unterirdische Speicherung könnte nur im Festgestein erfolgen (sehr hoher Aufwand). Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Der Bodentyp wird als anthropogen klassifiziert. Die damit verbundenen Eigenschaften sind nicht weiter beschrieben.

Keine Flächenversickerung, großes Speichervolumen notwendig, Muldenversickerung nur bei großem Platzangebot:

Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt ein großes Speichervolumen, welches i.d.R nur mit einer unterirdischen Speicherung zu erreichen ist. Ansonsten sind alle Bewirtschaftungssysteme denkbar

Speicherung und gedrosselte Ableitung erforderlich:

Eine vollständige Versickerung des Regenwassers ist nicht möglich. Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt ein erhöhtes Speichervolumen und die Möglichkeit, gedrosselt abzuleiten (Kanal oder Vorfluter).

Speicherung und gedrosselte Ableitung erforderlich, Bodenprüfung:*

Eine vollständige Versickerung des Regenwassers ist nicht möglich. Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt ein erhöhtes Speichervolumen und die Möglichkeit, gedrosselt abzuleiten (Kanal oder Vorfluter). Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Angaben zu Durchlässigkeit und/oder Bodentyp müssen ermittelt werden.

Speicherung, gedrosselte Ableitung und Grundwasserbewirtschaftung erforderlich:

Eine vollständige Versickerung des Regenwassers ist nicht möglich. Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt ein erhöhtes Speichervolumen und die Möglichkeit, gedrosselt abzuleiten (Kanal oder Vorfluter). Gleichzeitig muss das Grundwasser mitbewirtschaftet werden.

Speicherung, gedrosselte Ableitung und Grundwasserbewirtschaftung erforderlich, Bodenprüfung:*

Eine vollständige Versickerung des Regenwassers ist nicht möglich. Die Durchlässigkeit des anstehenden Bodens verlangt ein erhöhtes Speichervolumen und die Möglichkeit, gedrosselt abzuleiten (Kanal oder Vorfluter). Gleichzeitig muss das Grundwasser mitbewirtschaftet werden. Die Datengrundlage ist durch fehlende Bodendaten jedoch nicht vollständig. Diese (Durchlässigkeit und/oder Bodentyp) müssen ermittelt werden.

Keine Versickerung in situ:

Die geogenen Ausgangsbedingungen lassen eine Versickerung direkt vor Ort nicht zu. Dies kann unterschiedliche Gründe haben, wie die Lage in der Trinkwasserschutzzone I, eine zu geringe Bodenmächtigkeit oder die Durchlässigkeit des Oberbodens.

Ableitung in Gewässer:

Innerhalb von 200 m Luftlinie befindet sich ein Gewässer (Bach, Fluss oder Kanal). Eine Einleitung in das Gewässer sollte geprüft werden.

Neben den eindeutigen Einflussgrößen werden in der Legende weitere Prüfkriterien genannt. Bei diesen Einflüssen auf die dezentrale Bewirtschaftung reicht der Maßstab der vorliegenden Daten für eine Bewertung nicht aus. Es muss für jeden Einzelfall geprüft werden. Folgende Kriterien fallen unter diese Kategorie:

Altlablagerungen und Altstandorte:

Die Tatsache, dass Böden durch Altlablagerungen und Altstandorte gekennzeichnet sind, erfordert eine detaillierte Einschätzung im Einzelfall in Bezug auf die Abkopplung. Oft ist eine Versickerung auszuschließen (bei Gefahr für das Grundwasser), aber nicht in jedem Fall (je nach Art der Altlablagerung). Bewirtschaftungssysteme mit Abdichtung zum Grundwasser sind in der Regel möglich (z.B. gedichtete Mulden-Rigolen-Systeme).



Hangneigung 5 – 15%, erhöhter Erstellungsaufwand für Versickerungssysteme:
In den Hang gebaute Anlagen müssen größer dimensioniert werden, weil weniger Speicherraum zur Verfügung steht. Es ist besonders gut sicherzustellen, dass das Wasser nicht auf Nachbargrundstücke abfließen kann. Zur optimalen Nutzung des Speichervolumens wird empfohlen, die Anlagen hangparallel anzuordnen. Eine Gefahr durch Hangvernässung ist zu prüfen.



Hangneigung > 15%, keine Versickerung in situ:

Die Hangneigung ist zu steil. Es wird empfohlen, Regenwasser in semizentralen Anlagen in flachen Gebieten zu bewirtschaften.



3.2 Siedlungsstrukturelles Abkopplungspotenzial

3.2.1 Begriffsdefinition

Die siedlungsstrukturellen Eigenschaften eines Untersuchungsgebietes werden in einer „Karte des Abkopplungspotenzials“ gesondert zusammengefasst. In dieser Karte werden die unterschiedlichen Abkopplungspotenziale in Abhängigkeit der Baustruktur abgebildet. Es werden in Abhängigkeit der Umsetzbarkeit nach Schwierigkeitsstufen kurzfristige und langfristige Abkopplungsgrade bzw. prozentuale Werte der Abkopplung ermittelt.

Das Abkopplungspotenzial ergibt sich in Abhängigkeit von den siedlungsstrukturellen Einflussfaktoren einschließlich der Freiflächenverfügbarkeit eines Untersuchungsgebietes. Zu seiner Ermittlung werden anhand der Flächennutzungskartierung die vorhandenen Bebauungsstrukturtypen blockscharf identifiziert. Jeder dieser Baustrukturtypen wird analysiert und bezüglich seines Abkopplungspotenzials bewertet. Auf Grundlage dieser Einteilung werden die verschiedenen Strukturtypen vor Ort im Hinblick auf die Eigentumsverhältnisse, das Freiflächenangebot sowie die Nutzung der vorhandenen Freiflächen untersucht. Es können wesentliche Punkte für die weitere Bearbeitung aufgenommen werden. Bei der Ermittlung des Abkopplungspotenzials werden zunächst die öffentlichen Straßenflächen nicht berücksichtigt, da hier bereits die teilautomatisierte Kategorisierung nur schwer möglich ist. Zudem ist der Aspekt der Qualität der zu bewirtschaftenden Abflüsse bei Straßen ein wichtiges, aber anhand der verfügbaren Daten nur aufwendig zu bewertendes Kriterium, das bei den meisten anderen Siedlungsstrukturtypen nicht oder kaum zum Tragen kommt. Das bedeutet aber nicht, dass öffentliche Straßenflächen kein Abkopplungspotenzial haben. Aufgrund ihres großen Anteils an den befestigten Flächen – im Emschergebiet im Mittel etwa ein Viertel der Befestigung – sollten Abkopplungsszenarien daher die Abkopplung von Straßenflächen immer mit einbeziehen.

3.2.2 Methodischer Ansatz

Um das Abkopplungspotenzial zu ermitteln, werden zunächst anhand der Flächennutzungskartierung die zu unterscheidenden Bebauungsstrukturtypen festgelegt und bei Bedarf weiter detailliert. Diese Zuordnung wird anhand von Luftbildern überprüft. Eine weitere Orientierungshilfe bietet die Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK) bzw. die Deutsche Grundkarte (DGK). Man erhält damit als Zwischenschritt eine Darstellung der hinsichtlich ihrer Eignung zur Regenwasserbewirtschaftung grundsätzlich zu unterscheidenden Bebauungsstrukturtypen. Aufgrund der Genauigkeit der Luftbilddauswertung erfolgt die Abgrenzung nicht parzellenscharf, sondern blockscharf über mehrere Grundstücke hinweg. Betrachtet wird immer diejenige Fläche, die einen einheitlichen Bebauungsstrukturtyp aufweist. Einzelne Grundstücke können daher sowohl günstigere als auch ungünstigere Bedingungen aufweisen.

Jeder dieser Baustrukturtypen wird analysiert und bezüglich seines Abkopplungspotenzials bewertet. Charakteristisch ist dabei eine mit wachsender Dichte zunehmende Nutzungsintensität, mit der auch die Befestigungen im Freiraum zunehmen. Gleichzeitig erhöht sich der Anteil des anfallenden Regenwassers, das auf dem Grundstück zurückgehalten werden muss.

3.2.3 Interpretation

Die Ausweisung eines Abkopplungspotenzials für eine bestimmte Fläche erfolgt unter Berücksichtigung der vorliegenden Verhältnisse bzgl. folgender Kriterien:

- Verhältnis befestigter Fläche zu unbefestigter Fläche
- Nutzung der unbefestigten Fläche
- Anordnung der potenziellen Bewirtschaftungsfläche zu anderen Flächen (Straßen, Grünflächen, etc.)
- Dachform und Art der Dachentwässerung (innen- oder außenliegend)
- Kategorie der Bebauungsstruktur
- Plausibilitätsprüfung durch Stichproben vor Ort.

Zwar kann die Zuweisung des Abkopplungspotenzials zu den Baustrukturtypen zunächst pauschal erfolgen, die Aufzählung macht aber bereits deutlich, dass ein Großteil der Bewertung nicht vollständig automatisiert erfolgen kann. Zum einen bedeuten gleiche Baustrukturtypen nicht automatisch ein gleiches Abkopplungspotenzial, da der Anteil an zugehörigen bzw. nahe gelegenen Freiflächen variieren kann. Die pauschalen zugewiesenen Potenziale für die einzelnen Kategorien werden deshalb unter Berücksichtigung der Eindrücke aus der Ortsbegehung angepasst und den unterschiedlichen Strukturen zugewiesen.

Darüber hinaus werden viele der relevanten Parameter (z.B. Alter der Bebauung, Lage der Entwässerungspunkte) üblicherweise nicht großflächig erfasst und/oder in Datenbanken vorgehalten. Bei der Bewertung der Baustrukturen fließen deshalb immer entsprechende Erfahrungswerte des Bearbeiters in das Ergebnis ein. In Tabelle 12 ist beispielhaft eine Auswertung für vier Baustrukturtypen eines Einzugsgebietes dargestellt. Tabelle 13 enthält Beispiele für weitere Baustrukturen und ihre Eigenschaften.

Da das Abkopplungspotenzial nicht nur räumlich zwischen den unterschiedlichen Bebauungsstrukturtypen, sondern auch hinsichtlich seiner zeitlichen Umsetzbarkeit variiert, werden zwei Szenarien von Abkopplungspotenzial mit verschieden langem Zeithorizont angegeben. Wenn z.B. für die Versickerung des Regenwassers einer Dachfläche im Garten ausreichend Fläche zur Verfügung steht und die Fallrohre außen liegen, ist diese Maßnahme technisch einfach umzusetzen und das Abkopplungspotenzial vergleichsweise einfach und kurzfristig zu aktivieren. Es wird deshalb als kurzfristig umsetzbares Abkopplungspotenzial bezeichnet. Der Zeithorizont für die Umsetzung derartiger Maßnahmen beträgt etwa 5-7 Jahre.

Das langfristig umsetzbare Abkopplungspotenzial berücksichtigt zusätzlich auch erforderliche höhere bzw. aufwändigere technische Anforderungen und langfristige Maßnahmen. Derartige Maßnahmen wie z.B. die Entsiegelung einer Hoffläche oder die unterirdische Versickerung unter einer befestigten Fläche werden nicht nur z.B. aufgrund einer Förderung realisiert, sondern i.d.R. erst dann, wenn aus anderen Gründen (z.B. Umnutzung) etwas verändert wird. Die Umsetzungsdauer für das langfristige Abkopplungspotenzial umfasst hier einen Zeitraum von 15 - 20 Jahren.

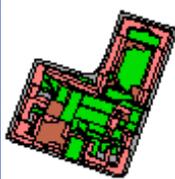
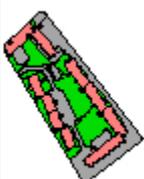
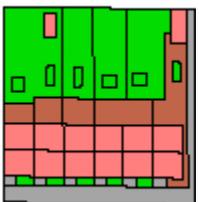
| Baustrukturtyp | Altbau, enge Bebauung | Altbau, weite Bebauung | Zeilenbebauung | Reihenhausbebauung |
|--|---|---|---|--|
| Grundrisssskizze |  |  |  |  |
| Typ | 1: geschlossener Hinterhof 2: Hinterhof 5: Behutsame Sanierung | 3: Schmuck- und Gartenhof 4: Sanierung durch Entkernung 6: Schuppenhof 7: Nachkriegsblockrand 10: Großhof | Zeilenbebauung | Reihengartentyp |
| Anteil der befestigten Fläche (im Mittel), $A_{E,b}$ | 81% | 55% | 60% | 29% |
| Anteil der unbefestigten Fläche, $A_{E,nb}$ | 19% | 45% | 40% | 71% |
| Anteil der unbebaut befestigten Fläche | 30% | 22% | 19% | 13% |
| Bebauungsstruktur | (fast) geschlossene Blockrandbebauung mit Innenhöfen | Blockrandbebauung mit zusammenhängenden Innenraum | Parallele Blockrandbebauung | Reihenhäuser, eng stehende Doppelhäuser, Dorfkerne |
| Freiflächenstruktur | Verwinkelte, enge Innenhöfe. Höfe hoch versiegelt. Wenig, vereinzelt Grün | Begrünte Innenräume, Parkplätze, Spielplatz | Große, lang gestreckte Freiflächen mit Parkplätzen, Zierrasen und Spielplätzen | Blockinnenraum oftmals von Bebauung (Stichstraßen) durchsetzt. Oft schmale Ziergärten |
| Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung + günstig - ungünstig | - Geschlossene Bebauung, erschließungsseitig keine Versickerungsfläche, hofseitig einzelne Versickerungsfläche, kleinteilige Besitzstruktur | + hofseitige Versickerungsfläche; einheitliche Besitzstruktur; geringe Freiflächenutzung - Geschlossene Bebauung erschließungsseitig keine Versickerungsfläche | + offene Bebauung; allseitige Versickerungsfläche; einheitliche Besitzstruktur; geringe Freiflächenutzung | + Motivation durch Gebühr - Geschlossene Bebauung; kleinteilige Besitzstruktur; intensive Freiflächenutzung |
| Einschätzung | bedingt geeignet | geeignet | sehr gut geeignet | geeignet |
| Geschätztes Abkoppungspotenzial | 10 – 15% | 30 – 50% | 60 – 80% | 30 – 50% |

Tabelle 12: Beispielhafte Analyse und Bewertung von vier Baustrukturtypen

Siedlungsbereiche mit gleichen Baustrukturen müssen nicht zwangsläufig auch dasselbe Abkoppungspotenzial aufweisen. Als Beispiel für die Streubreite des Abkoppungspotenzials eines Baustrukturtyps, das eine weitergehende Automatisierung der Bearbeitung verbietet, können die Abbildung 10 und 11 dienen: die Grundstücke der Bebauungsstruktur „Sonstige Geschossbebauung“ in den rot markierten Bereichen weisen trotz gleicher Bebauungsstrukturtypen unterschiedliche langfristige Abkoppungspotenziale auf.

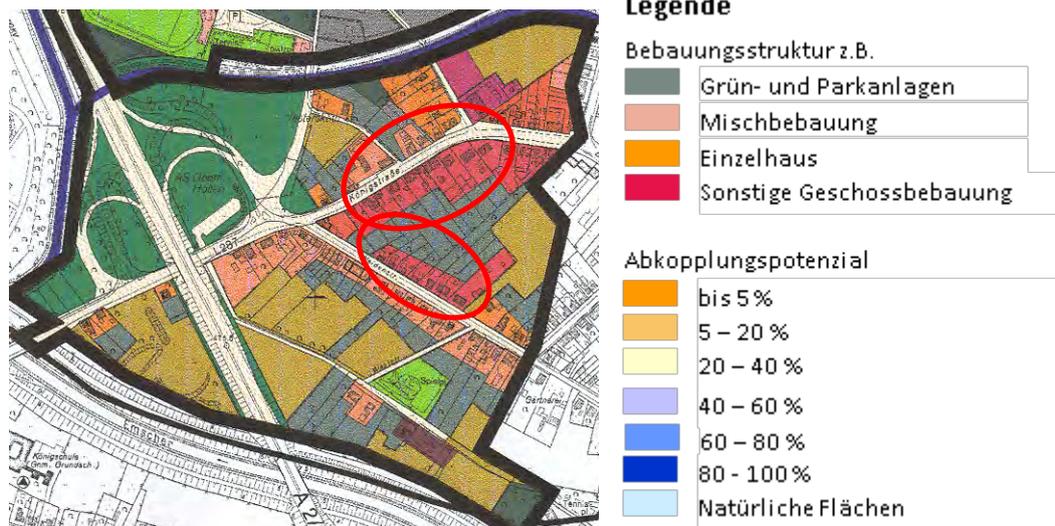


Abbildung 10: Bebauungsstruktur, Beispielausschnitt

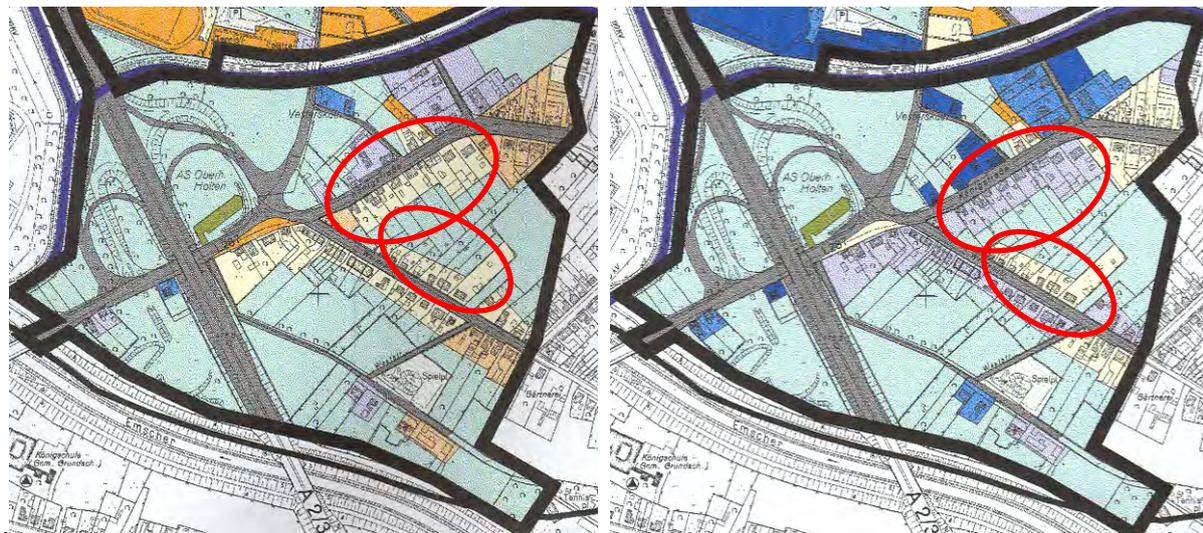


Abbildung 11: Kurzfristiges (links) und langfristiges (rechts) Abkopplungspotenzial, Beispielausschnitt

Das kurzfristig umsetzbare Abkopplungspotenzial der nördlichen Fläche liegt im Mittel bei 20 – 40%, das langfristig umsetzbare Abkopplungspotenzial ist 20% höher. Ursache kann sein, dass die gartenseitigen Dachhälften wie oben beschrieben auf einfache Art und Weise abgekoppelt werden können, während die straßenseitigen Dachhälften nur langfristig, z.B. durch den Bau einer semizentralen Anlage für den ganzen Häuserblock abgekoppelt werden können. In der Bebauung der unteren Fläche lassen die Platzverhältnisse auch langfristig kaum weitere Maßnahmen zu (innerhalb des Clusters 20 – 40% mögen sich auch hier Unterschiede zwischen dem kurz- und dem langfristigen Potenzial ergeben). Derartige Unterschiede gehen häufig aus der Luftbildauswertung, ansonsten aus der Begehung des Gebiets hervor, die dem Bearbeiter im Einzelfall eine genauere Beurteilungsgrundlage als die Flächennutzungskartierung bietet.

| | |
|---------------------------------|--|
| Einfamilienhaus | einzelne Häuser mit intensiv genutzten Freiflächen; vorwiegend einzelne Besitzer; unterschiedliche Freiflächenverfügbarkeit |
| Reihen-/Doppelhäuser | Flächen hinter den Häusern; intensive Nutzung der Freiflächen; bei Doppelhäusern großflächige Besitzstrukturen vorhanden; in Reihenhäusern heterogen |
| Zeilenbebauung (MFH) | zusammenhängendes Gebiet; in dem MFH mit einheitlicher Besitzstruktur angesiedelt sind; geringe Nutzung der überwiegend großzügigen Freiflächen |
| Straßenrandbebauung | Gebäude mit unterschiedlicher Nutzung; z.T. Gewerbe; zur Straße keine Grün- bzw. Freiflächen vorhanden; hinter den Gebäuden Freiflächen vorhanden; oft aber intensiv genutzt |
| Hochhausbebauung | Mindestens 6stöckige Gebäude mit Flachdächern und meist ausgedehnten Grünflächen ohne Nutzungsdruck |
| Gewerbe, Industrie | hohe Versiegelung und Verschmutzung der Verkehrsflächen auf den Grundstücken; je nach Größe aber auch große Dachflächen mit sauberem RW-Abfluss vorhanden |
| Flächen für den Gemeinbedarf | hohe Versiegelung der Grundstücke; Eigentümer aus dem öffentlichen Bereich; Objekte können als Beispiele und Werbung für RW-Bewirtschaftung dienen: Gestaltungsmöglichkeiten mit Wasser zur Steigerung der Attraktivität der Schulhofflächen |
| Innenstadtbereich | Fußgängerzonen; versiegelte Plätze; keine Freiflächen zur Verfügung |
| Verkehrsfläche | hoch versiegelte Fläche; Möglichkeiten zur Reduzierung der RW-Abflüsse aufgrund der Belastung des Regenabflusses u.U. problematisch |
| Schienenwege | Möglichkeiten zur Reduzierung der RW-Abflüsse aufgrund der starken Verschmutzung problematisch |
| Grünfläche, Freifläche | besitzen kein eigenes Potenzial; können aber je nach Lage und Eigentumsverhältnissen bei Detailbetrachtungen einzelner Bereiche als Versickerungsfläche herangezogen werden |
| Gartenbau/Landwirtschaft | Erwerbsgartenbau und landwirtschaftliche Betriebe mit Möglichkeiten zur RW-Nutzung in der Produktion (Bewässerung) |
| Friedhof/Kleingartenanlage/Park | geringe Versiegelung; z.T. mit Drainagen; dann empfindlich gegen Veränderungen des Bodenwasserhaushaltes |
| Kinderspiel-/Sportplatz | vorwiegend ohne Anteil an versiegelter Fläche; häufig Drainagen unter Spielflächen; können aber als Versickerungsfläche für angrenzende Bebauung bei Detailbetrachtungen berücksichtigt werden; Gestaltungsmöglichkeiten |
| Kleingartenanlage | nur geringer Anteil an versiegelter Fläche; ohne Anschluss an Kanalisation; aber Nutzung des Regenwassers zur Bewässerung möglich |
| Wasserflächen | Bereiche ohne eigenes Potenzial (z.B. Teich); dienen im Wesentlichen zur Bewirtschaftung/Ableitung von Niederschlagswasser; Gewässernähe geht für Flächen in die Bewertung des Potenzials ein |

Tabelle 13: mögliche weitere Nutzungs- und Baustukturtypen in Ergänzung zu Tabelle 12

3.3 Regenwasserbewirtschaftungskarte

Aus der Verschneidung der beiden unabhängig voneinander erstellten Grundlagenkarten,

- der Bewirtschaftungsartenkarte und
- der Abkopplungspotenzialkarte

entsteht die Regenwasserbewirtschaftungskarte.

Diese Verschneidung ermöglicht es, den Wirkungsgrad der möglichen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den einzelnen Flächen hinsichtlich des gewünschten Entlastungseffektes zu ermitteln. In der Regel tragen Gebiete mit hohem Abkopplungspotenzial (z.B. ländliche Einzelhaussiedlungen) i.d.R. am geringsten zu den Problem-/Lastfällen in der Entwässerung bei, wogegen innenstadtnahe Gebiete bei grundstücksbezogenem geringem Abkopplungspotenzial erheblich zu solchen Lastfällen beitragen können. Die Anstrengungen zur Regenwasserbewirtschaftung sind daher häufig in solchen Gebieten am effektivsten, die eine attraktive Mischung aus Problemsituation und Abkopplungspotenzial aufweisen. Das bedeutet aber nicht, dass sie nur dort eine positive Wirkung auf den Wasserhaushalt haben können; die Wirkungen sind hier am schnellsten feststellbar.

Wie bei den beiden Ausgangskarten handelt es sich auch hier nicht um ein statisches Werk, sondern um eine ständig wachsende Sammlung relevanter Informationen, die für bestimmte Fragestellungen mit den spezifischen Daten ergänzt und interpretiert werden können. Die Regenwasserbewirtschaftungskarte darf nicht als plangleiches, sozusagen gedrucktes Werk verstanden werden. Sie ist vielmehr ein digitales Werk, das Verknüpfungen zwischen den unterschiedlichsten Daten darstellt, durch die die Bearbeitung von wasserwirtschaftlichen Fragestellungen unter Berücksichtigung der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung erleichtert werden soll. Für eine effektive Anwendung der vorhandenen Daten wird angestrebt, auch Daten wie z.B. die hydraulischen Überlastungen im (kommunalen) Kanalnetz, die Maßnahmen der Abwasserbeseitigungskonzepte (ABKs), aus Videobefahrungen bekannte bauliche Sanierungsbedarfe sowie bereits abgekoppelte Flächen in der Regenwasserbewirtschaftungskarte darzustellen. In den beiden Modellgebieten ist dies größtenteils erfolgt (s. Kapitel 4 ff).

Die Angaben aus der Regenwasserbewirtschaftungskarte bzw. den Grundlagenkarten sind auf dem derzeitigen Stand nicht für eine parzellenscharfe Auswertung geeignet. Aufgrund der zugrunde liegenden Methodik und dem gegenwärtigen Detaillierungsgrad der Ausgangsdaten ist maximal eine blockscharfe Auswertung sinnvoll. Betrachtet man z.B. die beige markierten Parzellen in Abbildung 12, so gibt die Karte zwar ein Abkopplungspotenzial von 20 – 40% für den Häuserblock an, bei Parzelle 2 ist aber eventuell nicht genug Platz vorhanden, um mittels Flächen- oder Muldenversickerung das Regenwasser zu bewirtschaften. Trotzdem ist das Abkopplungspotenzial nicht falsch ermittelt, da es durch erhöhte finanzielle Aufwendungen, wie z.B. ein Mulden-Rigolen-System, trotz Platzmangel auch auf dieser Parzelle umgesetzt werden kann. Aufgrund der geringen überbauten Grundstücksfläche innerhalb der Parzelle 1 lassen sich wahrscheinlich sogar 100% des Regenwassers auf dem Grundstück bewirtschaften. Da keine grundstücksscharfe Auswertung gemacht wird, gleichen sich diese Abweichungen aus.

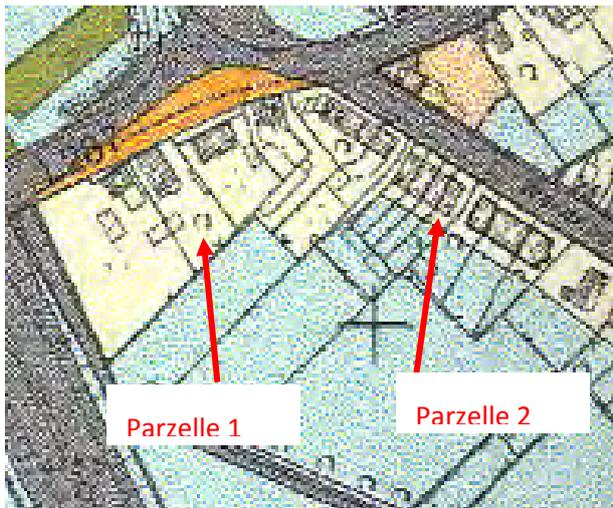


Abbildung 12: Grundstücksbezogene Streuung des blockscharf ermittelten Abkopplungspotenzials

Die Regenwasserbewirtschaftungskarte wird durch Einarbeitung neuer Ergebnisse/Daten ständig aktualisiert und weiter detailliert. Hierzu gehört z.B. die Aktualisierung von Grundwasserflurabständen. Dazu wird zunächst in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsart und des kurz- bzw. langfristigen Abkopplungspotenzials für die möglichen Bewirtschaftungsflächen die durchschnittliche jährliche Versickerungsrate ermittelt und aus diesen mit Hilfe der Grundwassermodelle die Veränderungen der Grundwasserflurabstände durch die Versickerung ermittelt. Durch die Verschneidung mit dem digitalen Höhenmodell erhält man die Bereiche, in denen kritische Grundwasserflurabstände auftreten könnten. Auch die Auswirkung sanierter und damit dichter werdender öffentlicher und privater Entwässerungssysteme auf den Grundwasserflurabstand gilt es zu berücksichtigen, um mit ganzheitlichen Konzepten einerseits unschädliche Grundwasserverhältnisse sicherzustellen und andererseits eine möglichst weitreichende naturnahe Regenwasserbewirtschaftung umzusetzen. Erste großräumige Betrachtungen aus dem Emscherraum zeigen, dass sich durch die Abkopplung befestigter Flächen Anteil und Größe der Bereiche, in denen bei dichter Kanalisation eine Grundwasserbewirtschaftung notwendig ist, nur unwesentlich erhöhen. Zudem kann bei einer notwendigen Grundwasserbewirtschaftung ein durch Versickerung erhöhter Zufluss i.d.R. problemlos mit bewirtschaftet werden.

Die Regenwasserbewirtschaftungskarte ist eine hilfreiche Grundlage, um verschiedene wasserwirtschaftliche Fragestellungen und Anforderungen zu bearbeiten.

Die Zusammenfassung beider Grundlagenkarten in der Regenwasserbewirtschaftungskarte ist sinnvoll, um die enthaltenen Faktorenkomplexe für alle wasserwirtschaftlichen Fragestellungen miteinander abwägen zu können. Hierzu gehören z.B. die gezielte Entlastung von hydraulisch überlasteten Kanalsträngen oder die Verminderung der Entlastungsaktivität von Regenbecken in ein Gewässer. Dabei kann den einzelnen Faktorenkomplexen je nach Fragestellung eine sehr unterschiedliche Bedeutung zukommen. So kann bei umfassenderen Stadtumbaumaßnahmen die vorhandene Siedlungsstruktur unerheblich werden, wenn in größerem Umfang Abriss- und Neubaumaßnahmen geplant sind. In der ehemals stark durch bergbauliche Nutzung geprägten Emscherregion ist dies beispielsweise auf zahlreichen Zechenbrachen der Fall. Bei der Evaluierung des Potenzials zur Regenwassernutzung oder für Dachbegrünungen ist dagegen ausschließlich die Siedlungsstruktur, nicht aber die Aussage über mögliche Bewirtschaftungsarten relevant.

3.4 Hydrologisches Gebietsmodell (HGM)

Die Bemessung der dezentralen Regenbewirtschaftungsmaßnahmen und Untersuchung ihrer Wirkung auf Gewässerabflüsse erfordert die Anwendung eines hydrologischen Gebietsmodells (HGM). Durch die hydrologische Simulationen, die mit und ohne dezentrale Regenbewirtschaftungsmaßnahmen durchgeführt werden, lassen sich Abflusszeitreihen für den Referenzzeitraum als auch für zukünftige Zeiträume erzeugen und auswerten. Dafür wurde das HGM „STORM“ der Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH verwendet [5].

3.4.1 Modellbeschreibung

Das HGM „STORM“ (IPS, 2004) ermittelt die Teilkomponenten des hydrologischen Kreislaufs (Verdunstung, Versickerung, Abfluss usw.) durch deterministische Nachbildung der Niederschlag-Abflussprozesse wie Abflussbildung, Abflusskonzentration sowie Translation und Retention. Die Ermittlung des Abflusses erfolgt für alle Teileinzugsgebiete separat. Diese werden aggregiert und einem unterhalb liegenden Element zugewiesen. STORM verfolgt den Ansatz der Langzeitsimulation, wobei die Abflussbildung, Abflusskonzentration und der Abflussverlauf in 5 Minuten Schritten berechnet und ausgegeben werden. Das Modell bietet die Möglichkeit, dezentrale Regenbewirtschaftungsmaßnahmen, wie Mulden, Rigolen, Mulden-Rigolen-Systeme, Zisternen, Gründächer usw. zu modellieren, und somit die Auswirkung der Regenbewirtschaftungsmaßnahmen auf den Wasserhaushalt zu bestimmen.

Mit dem Modell STORM können einem Gebiet bis zu 25 Niederschlagstationen zugeordnet werden. Die Gewichtungsfaktoren für die Niederschlagstationen werden dann durch die sogenannte „Inverse Distanz Methode“ ermittelt. Die aktuelle Verdunstungshöhe für jedes Zeitintervall wird über die potenzielle Tagesverdunstung abgeleitet, der ein mittlerer Tagesgang zugrunde liegt.

Die Berechnung der Abflussbildung von undurchlässigen Flächen erfolgt über die Grenzwertmethode (Formel 1). Die Abflussbildung auf durchlässigen Flächen wird über den Ansatz von Horton (Horton, 1933) berechnet, wobei die Anfangsversickerung und Endversickerung aus den Bodeneigenschaften abgeleitet wird (Formel 2). Der Bodenwasserhaushalt wird auf Basis des physikalischen Parameter (Feldkapazität, k_f -Werte, Mächtigkeit) ermittelt. Die Berechnungen erfolgt für mehrere diskrete Bodenschichten.

$$\psi_i = A_o + (A_e - A_o) \cdot \frac{V_i}{M_v} \cdot e^{\left(1 - \frac{V_i}{M_v}\right)}$$

Formel 1

Wobei,

ψ_i = Abflussbeiwert bei Zeitschritt i' [-]

A_o = Abflusswirksamer Anteil der Fläche zu Beginn der Ereignisses [m^2]

A_e = Abflusswirksamer Anteil der Fläche am Ende der Ereignisses [m^2]

M_v = Muldenverlusthöhe [mm]

V_i = akkumulierte Verlusthöhe bis zum Intervall i' [mm]

$$V_s = V_e + (V_o - V_e) \cdot e^{-K \cdot t_i}$$

Formel 2

Wobei,

V_s = Versickerung zum Zeitschritt i' [mm]

V_e = Endversickerung [mm]

V_o = Anfangsversickerung [mm]

K = Bodenabhängiger Faktor [1/s]

t_i = Zeitintervall [s]

Nach der Aufteilung des Niederschlags in die Abflusskomponenten (nat. Abfluss, Urbanabfluss, Interflow, Basisabfluss) wird die Abflusskonzentration jeder Abflusskomponente an den Gebietsauslass ausgerechnet, dafür wird im Modell STORM das Konzept der Speicherkaskade verwendet. Die Speicherkaskade setzt sich aus mehreren linearen Einzelspeichern zusammen, die zu einer Kaskade in Reihe geschaltet sind. Der durch die hypothetische Speicherkaskade abgeleitete Abfluss wird anhand von Formel 3 ermittelt. Dabei werden die unterschiedlichen Abflusskomponenten durch unterschiedliche Speicherkaskaden, die sich in Speicheranzahl und Speicherkonstante differenzieren, dargestellt.

$$q_i = \frac{I_i}{K \cdot (n-1)} \cdot \left(\frac{t_i}{K}\right)^{n-1} \cdot e^{-\left(\frac{t_i}{K}\right)} \quad \text{Formel 3}$$

Wobei,

n = Anzahl der Speicher in die Kaskade [-]

K = die Speicherkonstante der Speichern [s]

t_i = Zeitschrittintervall [s]

I_t = effektive Niederschlag im Zeitschritt i' [mm]

q_t = Abfluss im Zeitschritt i' , verursacht durch den Niederschlag im Zeitschritt i' [m³/s]

Der durch die Speicherkaskade ermittelte Abfluss wird dann zum nächsten Ableitungselement (Gewässer, Verrohrung) abgeleitet. Das Modell verwendet lineare oder nichtlineare Speicherkaskaden um den Verlauf des Gewässerabflusses zu ermitteln. Hierfür werden die Anzahl der Speicherkaskaden und die Speicherkonstante nach Kalinin-Miljukov mittels hydraulischer Daten für repräsentative Gewässerprofile ausgerechnet. Fließzeit und Fließgeschwindigkeit in geschlossenen Systemen werden nach Prantl-Colebrook berechnet.

Die dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsanlagen (RWB-Anlagen) bzw. naturnahen Regenbewirtschaftungsmaßnahmen (nRWB-Maßnahmen) im Modell STORM modelltechnisch abgebildet und nach DWA Regelwerk A 138 bemessen werden.

3.4.2 Ergebnisdaten

Das STORM Modell bietet die Möglichkeit umfassende Ergebnisdaten aufzuzeichnen:

- Wasserhaushaltskomponenten (Abfluss, Versickerung, Verdunstung und Bodenspeicher für das gesamte Gebiet als auch für einzelne Elemente)
- Wasserstandganglinie für Siwawi Anlagen (RRB, RÜB, HRB)
- Abflussganglinien für Gewässerelemente
- Überlauf- und Drosselabflussganglinien für Siwawi Anlagen
- Überlaufvolumen und Überlaufhäufigkeit der dezentralen RWB-Anlagen

Weiterhin verfügt das Modell über die Möglichkeit Hochwasserstatistiken gemäß DVWK-Merkblatt 251/1999 und Niedrigwasserstatistiken gemäß DVWK-Regel 120/1983 durchzuführen.

3.5 Klimadaten

Um zukünftige wasserwirtschaftliche Zustände zu simulieren, wurden die projizierten Klimadaten, - Niederschlags-, Verdunstungs- und Temperaturdaten - aus dem regionalen Klimamodell CLM verwendet. Das regionale Klimamodell CLM verwendet die Simulationsergebnisse aus dem globalen Klimamodell als Eingangsdaten und Randbedingungen, um das regionale Klima Europas (inkl. Mittelmeerraum) und von Teilen Nord-/Westafrikas zu simulieren (Böhm, 2007).

Das globale Klimamodell wurde für unterschiedliche Emissionsszenarien realisiert. Davon wurden für diese Untersuchungen jeweils 2 Realisierungen, C20_1 und C20_2 für den Referenzzeitraum, sowie A1B_1 und A1B_2 für zukünftige Zeiträume ausgewählt. In den folgenden Untersuchungen werden die Realisierungen C20_1 und A1B_1 als CLM 1, und die Realisierungen C20_2 und A1B_2 als CLM 2 bezeichnet. Um einheitliche Szenarien für alle Untersuchungen im Rahmen des *dynaklim* Projektes zu ermöglichen, wurden jeweils 30-jährliche Abschnitte für den Referenzzeitraum (1961 bis 1990), für die Nahe Zukunft (2021-2050) und für die Ferne Zukunft (2051 bis 2080) als Bewertungszeiträume festgelegt. Die Original_CLM Daten sind als Tageszeitreihen mit räumlicher Auflösung von ca. 20 km x 20 km verfügbar (Quirnbach et. al. 2012).

3.6 Auswertungsmethodik

Die Beurteilung der Auswirkung des Klimawandels und Bewertung der Abkopplungsszenarien werden auf Basis des Wasserhaushalts sowie der Hoch- und Niedrigwasserabflüsse durchgeführt. Dabei wird die Auswertung des Wasserhaushalts lediglich für den Gebietsauslass durchgeführt und die Auswertung des Hoch -und Niedrigwassers wird für mehrere Modellknoten durchgeführt. Hierfür werden die Hochwasserabflüsse gemäß DVWK-Merkblatt 251/1999 und Niedrigwasserabflüsse gemäß DVWK-Regel 120/1983 ausgewertet. In Tabelle 14 ist die Auswertungsmethodik zusammengefasst.

Um die Unsicherheiten in den Klimaprognosen zu berücksichtigen, werden die Auswertungsparameter statt diskreter Werte als Bandbreite zwischen den Ergebnissen aus den CLM 1- und CLM 2-Daten interpretiert (Tabelle 14).

| Begriff | Auswertungsparameter | Zeitspanne | Bemerkung |
|----------------------|--|------------------------|-------------------------------|
| Wasserhaushalt | (mittlere) Abfluss, Verdunstung, Versickerung, Bodenspeicher | jährlich | nur am Gebietsauslass |
| Hochwasserabfluss | HQ5, HQ20, HQ30, HQ50, HQ100 | jährlich, halbjährlich | gemäß DVWK-Merkblatt 251/1999 |
| Niedrigwasserabfluss | NM7Q | jährlich, halbjährlich | gemäß DVWK-Regel 120/1983 |

Tabelle 14: Zusammenfassung der Auswertungsmethodik

Um die Praxistauglichkeit und Nachhaltigkeit der naturnahen Regenbewirtschaftungsmaßnahmen zu prüfen, werden Überlaufhäufigkeit und Überlaufvolumen aus einzelnen Maßnahmen untersucht. Hierfür werden Überlaufhäufigkeit und Überlaufvolumen von dezentrale Regenbewirtschaftungsmaßnahmen, die anhand der Mess-Niederschlagszeitreihe für den Referenzzeitraum (1961-1990) bemessen werden, für zukünftige Niederschlagszeitreihen aus prognostizierten Klimadaten berechnet und ausgewertet.

4 Anpassungsmöglichkeiten der Siedlungswasserwirtschaft an den Klimawandel

Ziele möglicher Szenarien zur Klimaanpassung

Gewässerbewirtschaftung im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie

Das Flussgebietsmanagement für die Gewässer im Emscher- und Lipperaum hat seit dem Inkrafttreten der europäischen Wasserrahmenrichtlinie den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial der im Rahmen des Emscher-Umbaus entstehenden Gewässer zum Ziel. Waren zuvor vor allem die Wasserqualität sowie die hydraulische Leistungsfähigkeit im Fokus des Gewässer- und Hochwasserschutzes, so kommen mit diesen Ansprüchen weitere Merkmale hinzu. Stärker als zuvor steht das Gewässer im Zentrum einer ganzheitlichen Betrachtung der Umwelt und der (Wechsel-)Wirkungen menschlicher Einflussnahme. So ist zwar der gute ökologische Zustand des Gewässers das Ziel, zum Erreichen dieses Ziels sind aber nicht nur Maßnahmen im und am Gewässer, sondern im gesamten Einzugsgebiet notwendig.

Der Umbau des Emscher-Systems bietet die historisch einmalige Chance, die Abwasser-Infrastruktur eines gesamten Flusseinzugsgebietes bereits heute mit Blick auf zukünftige, u.a. aus dem Klimawandel resultierende Anforderungen auszurichten. Gleichzeitig sind die hierzu aufgezeigten Schritte und Wege aber auch auf andere Flusseinzugsgebiete übertragbar.

In der Emscherregion soll nach vollständigem Umbau des Entwässerungssystems die zentrale Abwasserbehandlung in 3 Kläranlagen (Dinslaken, Bottrop, Dortmund) sowie in ca. 200 Mischwasserbehandlungsanlagen erfolgen. Ihre durch das entsprechende Regelwerk definierte Aufgabe ist es, den Regenabfluss zur Kläranlage so zu begrenzen, dass die Funktionstüchtigkeit der Kläranlagen sichergestellt ist und gleichzeitig die Mischwässer vor der Einleitung in die Gewässer derart behandelt werden, dass die Belastungen des Gewässers in wasserwirtschaftlich vertretbaren Grenzen bleiben.

Hierbei gilt es, „im Sinne einer nachhaltigen Wasserwirtschaft Maßnahmen, die ursachenbezogen greifen, denjenigen Maßnahmen vorzuziehen, die (lediglich) auf eine Minderung der Wirkungen abzielen und demzufolge Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von Abflüssen und stofflichen Belastungen Vorrang vor Maßnahmen zur Emissionsminderung an der Einleitungsstelle einzuräumen“.

Maßnahmen, die sich lediglich auf die Behandlung der bereits gesammelten Abflüsse „end of pipe“ konzentrieren, vernachlässigen das Potenzial dezentraler, ursachenbezogener Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen, insgesamt auf den Wasserhaushalt eines Gewässereinzugsgebietes einzuwirken. Zur ursachenbezogenen Stärkung des ökologischen Potenzials bzw. des ökologischen Zustands der Gewässer gilt es, die Menge der entstehenden Regenabflüsse bereits im Gebiet durch geeignete Maßnahmen soweit wie möglich zu begrenzen. Mit dem Fernhalten des Regenwassers aus der Kanalisation wird gleichzeitig ein natürlicheres Abflussverhalten der Gewässer erreicht.

Für das Einzugsgebiet der Boye, eines der größten Nebenlaufgebiete der Emscher, wurde in den Jahren 2001 – 2004 ein Ideenwettbewerb durchgeführt [7], in dem innovative Planungsideen für eine optimale Gewässerentwicklung erarbeitet wurden. Der Fokus der Betrachtungen lag auf der Reduzierung der Folgen von Mischwasserentlastungen für die Gewässerlebensgemeinschaften. Hierzu wurden Maßnahmen im und am Gewässer (Aufweitung) sowie im Einzugsgebiet (Versickerung, Retention) selber untersucht. Die Arbeiten aus diesem Ideenwettbewerb haben sowohl für die Gewässeraufweitung als auch für die Abkopplung befestigter Flächen Potenziale an vielen Stellen im Einzugsgebiet ergeben, was sich in großen Teilen auf das gesamte Einzugsgebiet der Emscher sowie andere dicht besiedelte Räume übertragen lässt. Die Untersuchungen der Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Gewässer zeigten ferner, dass die notwendigen Volumina sowie in der Folge auch die Investitionen für „end of pipe“ - Lösungen spürbar reduziert werden können und der Grad

der ökologischen Zielerreichung mit diesen Maßnahmen insbesondere langfristig steigt. Restriktionen in den stark anthropogen-industriell überformten Einzugsgebieten sowie die Komplexität der einzugsgebietsbezogenen Zusammenhänge von Abflussbildung, -konzentration, -ableitung, Mischwasserbehandlung und -einleitung machen unter Berücksichtigung der zu tätigen Investitionen allerdings eine Kombination beider Verfahren notwendig, die es effektiv aufeinander abzustimmen gilt.

Die im Rahmen des Ideenwettbewerbs erarbeiteten Ansätze zur Verbesserung des ökologischen Potenzials der Gewässer lassen sich auch auf die Anforderungen aus den Klimaveränderungen anwenden. Auch hier muss der Fokus der Siedlungswasserwirtschaft besonders auf anpassungsfähige, flexible Entwässerungssysteme gelegt werden, wozu ebenfalls die dezentralen, naturnahen Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung besser geeignet sind als zentrale Maßnahmen wie Regenrückhaltebecken.

Ziele der Gewässerbewirtschaftung

Bei den Planungen möglicher klimabedingter Anpassungsmaßnahmen gilt es ebenso wie bereits bei den Umbauplanungen für die Gewässer des Emscher-Systems, mit effizientem Mitteleinsatz größtmöglichen Benefit für das Gewässersystem zu erhalten [10]. Hierbei sind vor allem die ökologische Optimierung des Gewässers und seines Einzugsgebietes im Sinne der WRRL und die Optimierung der technischen Infrastruktur, die für Entwässerung und Reinigung der Abwässer nötig ist, miteinander in Einklang zu bringen.

Dabei bezieht sich die ökologische Optimierung auf Kriterien der Gewässerhydraulik (z.B. Sohl Schubspannung), Hydrologie (mittlerer Niedrigwasserabfluss MN7Q, Hochwasserabfluss verschiedener Jährlichkeiten), chemische Qualität (z.B. Sauerstoff- und Nitratkonzentration bei MNQ) sowie Morphologie (Strukturgröße, Durchgängigkeit). Zielgrößen der technischen Infrastruktur sind Überstauhäufigkeiten des Kanalnetzes, Überflutungssicherheit oder hydraulische Kläranlagenbelastung.

Beschreibung der Szenarien

Zur Bewertung der Wirksamkeit von Anpassungsmaßnahmen der Siedlungsentwässerung an den Klimawandel müssen Verfahren zur Anwendung kommen, die die aus geogenen und siedlungsstrukturellen Faktoren gegebenen Restriktionen Rechnung tragen und situationsangepasst in den betrachteten Untersuchungsgebieten bzw. Teilbereichen angewendet werden können.

Der Regenwasserbewirtschaftungskarte liegen ausschließlich Bewirtschaftungsarten zugrunde, die eine Versickerungsfähigkeit des Bodens voraussetzen. D.h. die infrage kommende Bewirtschaftung kann die reine Muldenversickerung, die Versickerung in Mulden-Rigolen-Elementen oder die Vernetzung von Mulden-Rigolen-Systemen mit einer teilweisen und gedrosselten Ableitung zum Gewässer sein. Diese drei Verfahren stellen zusammen das Basisszenario dar, wobei für den Fall, dass sich für eine Fläche mehrere Bewirtschaftungsarten anbieten, die in der obigen Aufzählung vorliegende Priorisierung vorgenommen wird. D.h. die dezentrale Versickerung über Mulden oder Mulden-Rigolen wird für die Simulation in den Modellgebieten standardmäßig zugrunde gelegt. Dazu wird in den für die Versickerung geeigneten Bereichen das ermittelte langfristige Abkopplungspotenzial vollständig angesetzt. In diesem Basisszenario bleibt das Abkopplungspotenzial der Straßen weiterhin unberücksichtigt, da es mit automatisierten Verfahren nicht hinreichend zuverlässig ermittelt werden kann. So können Straßen auch in Gebieten mit guter Versickerungseignung des Untergrundes nicht abkoppelbar sein, weil die sie umgebenden Grünflächen in privater Hand sind und zum Bau einer Versickerungsanlage nicht zur Verfügung stehen. Aufgrund des i.d.R. hohen Flächenanteils der Straßen an den befestigten Flächen in Siedlungsgebieten sollten Straßen bei der Entwicklung von Anpassungsszenarien aber auch nicht vollständig vernachlässigt werden.

Eine Steigerung des mit dem Basisszenario erzielbaren Abkopplungserfolges kann erreicht werden, indem für die Bereiche, in denen die Versickerung nicht oder nur bedingt möglich ist, zusätzlich andere Bewirtschaftungsverfahren angewendet werden. Diese Bewirtschaftungsverfahren sind in der Regel nicht auf alle Siedlungstypen gleichermaßen bzw. gleichermaßen gut anzuwenden, so dass nicht alle möglichen Kombinationen aus Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung und abkoppelbaren Siedlungsstrukturen als Szenarien erarbeitet und bewertet werden können.

Über eine Szenarienmatrix (Tabelle 15) werden diejenigen Kombinationen eruiert, die für die Beispielgebiete sinnvoll erscheinen und deshalb in weiteren Bearbeitungsschritten weiterverfolgt werden. Diese sind in grüner Schrift dargestellt und dicker umrandet. Für generell mögliche, aber nicht weiter verfolgte Kombinationen wird darüber hinaus die Begründung angegeben, die zum Ausschluss geführt hat. Die in rot dargestellten Szenarien sind grundsätzlich nicht sinnvoll. Für solche Kombinationen wird die Begründung angegeben, die jeweils zu ihrer Zurückstellung geführt hat. Die rot dargestellten Szenarien sind grundsätzlich nicht sinnvoll. Anders als für die rot dargestellten Kombinationen kann die Unterscheidung in sinnvolle und zurückzustellende Kombinationen in unterschiedlich strukturierten Untersuchungsgebieten auch verschieden ausfallen. So werden in ländlichen Räumen weniger öffentliche Gebäude oder Geschosswohnungsbauten mit hohem Abkopplungspotenzial zu finden sein.

Mögliche Verfahren der Regenwasserbewirtschaftung

Der dezentralen Versickerung über Mulden – bzw. über Mulden-Rigolen bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit oder mäßig wasserdurchlässigem Untergrund – sind Grenzen gesetzt, wenn die Versickerungsfähigkeit des Bodens zu gering ist, das Grundwasser zu hoch ansteht oder aufgrund vorhandener Altlasten eine gezielte Durchströmung des Untergrundes vermieden werden soll (vgl. Klassifizierung und Bewertung der geogenen Einflussfaktoren). Für diese Gebiete sind andere Verfahren anzuwenden. Insbesondere können zum Einsatz kommen:

- Ableitung der Niederschlagsabflüsse zum Gewässer
- Versickerungsanlagen mit Notüberlauf (in die Mischkanalisation)
- Nutzung von Regenwasser sowie
- Dachbegrünungen

Diese Verfahren können zudem in den für die Versickerung geeigneten Bereichen als zusätzliche Maßnahmen zur Steigerung des Abkopplungserfolgs eingesetzt werden. Sie werden im Folgenden ebenso wie das Vorgehen zur Ermittlung der in Frage kommenden Flächen für die jeweilige Bewirtschaftung genauer beschrieben.

Offene Ableitung:

Hiermit ist die Erstellung eines Ableitungssystems gemeint, das den Niederschlagsabfluss in schmalen Gräben oder Rinnen zum Gewässer führt. Rinnen können z.B. als Pflasterrinne (Mittelrinne) in Wohnstraßen verlaufen, hierbei können Barrierefreiheit und Überflutungsschutz kombiniert werden, indem die Straße selbst außerhalb der Rinnen als erweitertes Gerinne benutzt wird. Alternativ kann sie bei genügend Platz auch als Straßenseitengraben angelegt sein, so dass neben der Ableitung auch die Funktionen Verdunstung und Versickerung zur Abflussreduzierung sowie Reinigung zum Tragen kommen, wobei bei zweiseitigem Straßengefälle zwei Gräben erforderlich werden. Das Verfahren der Ableitung ist nur dann wirtschaftlich einsetzbar, wenn der Weg zum Gewässer nicht zu lang ist. Deshalb werden bei der Ermittlung der in Frage kommenden Flächen die Gewässer sowie die möglichen Fließwege (3.1) im Zusammenhang betrachtet und mit einem Buffer versehen. Dieser Buffer hat für die Abkopplung von Gebäuden eine Breite von 50 m, für die Abkopplung von Straßen von 100 m. Dabei werden in der Verschneidung der Daten „Gewässerpuffer“ und „befestigte Flächen“ alle Dach- und Wegeflächen, die in Teilen innerhalb dieses Buffers liegen berücksichtigt.

Versickerung mit Notüberlauf in die Kanalisation:

Hierbei wird lediglich ein Notüberlauf für Abflüsse jenseits der Bemessungswerte (i.d.R. $T_n = 5a$) betrachtet. Ein – ebenfalls möglicher – ständiger Drosselabfluss in die Kanalisation ist den zu Beginn des Kapitels genannten Zielen eher abträglich, da so im Regenwetterfall der kontinuierliche Zufluss zur Mischwasserbehandlung und evtl. auch zur Kläranlage erhöht wird, was die Effektivität dieser Anlagen reduziert.

Regenwassernutzung:

Hier erfolgt aus Gründen des Kosten-Nutzen-Effektes eine Beschränkung auf den einfachen Anwendungsfall der Gartenbewässerung. Dies ist für die Entwicklung der Szenarien insofern sinnvoll, als für diesen Nutzertyp ein relativ homogenes Nutzerverhalten bzgl. Wasserentnahmemengen und –zeiten zu erwarten ist, so dass pauschale Annahmen relativ einfach getroffen werden können. Aus Empfehlungen in der Literatur für eine wirtschaftliche Zisternendimensionierung wird die Vorgabe $1 \text{ m}^3/100 \text{ m}^2$ angeschlossener Fläche übernommen.

Die Regenwassernutzung zur Freiflächenbewässerung ist nicht für alle Siedlungstypen sinnvoll, sondern ist vor allem auf den Typ der Ein- und Mehrfamilienhausbebauung beschränkt. Dieser wird daher als einziger aus den möglichen Siedlungsstrukturen über die Maßnahme „Regenwassernutzung“ abgekoppelt. Dabei wird pauschal angenommen, dass die Zisterne nur das Wasser der rückseitigen Dachflächen auffängt, also eine Abkopplung von 50% der Dachflächen erfolgt. Überschlägige Ermittlungen lassen hieraus eine Abflussreduzierung von 15% im Jahresmittel erwarten, so dass die Regenwassernutzung schon in dieser einfachen und kostengünstigen Variante einen spürbaren Einfluss auf die Belastung des Kanalnetzes erwarten lässt.

Dachbegrünung:

Unter wirtschaftlichen Aspekten ist eine Begrünung von Dächern nur bis max. 15% Dachneigung sinnvoll. Insbesondere ganz flache Dächer verfügen häufig über innen liegende Entwässerung, so dass dies zugleich die einzige wirtschaftlich umsetzbare Möglichkeit zur Abflussreduzierung ist. Aus demselben Grund schließen sich die beiden Bewirtschaftungsarten „Regenwassernutzung“ und „Dachbegrünung“ für ein und dieselbe Dachfläche in der Regel aus.

Eine automatisierte Ermittlung des Potenzials an begrünbaren Dächern ist grundsätzlich über digitale Höhenmodelle (Ermittlung der Flachdächer) möglich. Allerdings liegen diese für die untersuchten Modellgebiete nicht flächendeckend vor, so dass dieses Verfahren nicht angewendet werden kann. Weiterhin ist auch diese Auswertung (Höhendifferenzen innerhalb einer Dachfläche unter vordefiniertem Schwellenwert) sehr fehleranfällig, da es zahlreiche große Flachdächer mit Staffelgeschossen unterschiedlicher Höhe gibt, die bei der Betrachtung als eine durchgehende, zusammenhängende Dachfläche fälschlich als Schrägdächer gewertet werden. Daher erfolgt für die Maßnahme „Dachbegrünung“ eine Beschränkung auf bestimmte Siedlungstypen der Flächennutzungskartierung, in denen Flachdächer besonders häufig zu finden sind, wie öffentliche Gebäude oder mehrgeschossige Wohnhäuser. Für diese Siedlungstypen wird über Plausibilitätsprüfungen aus Luftbildern ein für die ausgewählten Untersuchungsgebiete sinnvoller Prozentsatz an Dachflächen vorgegeben, für den die Begrünung angenommen wird, der in der Szenarienmatrix angegeben ist (Tabelle 15).

Dieser Wert kann nicht ohne weiteres auf andere Untersuchungsgebiete übertragen werden, sondern ist für jedes Gebiet neu festzulegen. Der ebenfalls häufig Flachdächer aufweisende Typ der Gewerbe- und Industriegebäude wird für die Regenwasserbewirtschaftung mittels Dachbegrünung nicht betrachtet, da die hier vertretenen Dachkonstruktionen in der Regel nicht für die zusätzliche statische Belastung durch den Gründachaufbau geeignet sind.

Alternativ zu dem hier verwendeten Vorgehen zur Potenzialermittlung für Dachbegrünungen können auch vorliegende Solardachkataster oder andere Erhebungen der Kommune, aus denen Umfang und Lage in Frage kommender Flachdächer hervorgehen, herangezogen werden.

Bei den letzten drei Arten der Regenwasserbewirtschaftung besteht die Wirkung auf das Kanalnetz in einer Kombination aus Reduzierung und Rückhaltung der Abflüsse. Sie unterscheiden sich aber in den geeigneten Gebäuden und damit auch im Umfang, in dem sie zum Tragen kommen.

Mögliche zusätzliche Abkopplungsverfahren

Auch über die mittels Siedlungsstrukturen ermittelten Abkopplungspotenziale hinaus sind Abkopplungen möglich, die zusätzlich zur „Basisvariante“ (BASIC) technisch machbar sind. Sie werden im Folgenden beschrieben. Eine Übersicht über die untersuchten Szenarien sowie die hierfür verwendeten Abkürzungen findet sich im Anschluss an die Übersicht der Szenarien.

10 – 15 – 20 – 25% gleichmäßig im Gebiet:

alle abflusswirksamen Flächen werden über das einfachste mögliche Bewirtschaftungsverfahren um den jeweiligen Wert gemindert. Dieses Abkopplungsverfahren ist zwar abbildbar, hat aber keinen Bezug zu den möglichen Bewirtschaftungsverfahren und ist somit recht realitätsfremd. Hierzu enthält die Szenarienmatrix je nach Bewirtschaftungstyp unterschiedliche Ausschlussgründe.

alle öffentlichen Gebäude:

ohne Berücksichtigung von Art des Gebäudes (Krankenhaus, Feuerwehr, Schule, Kindergarten, Rathaus etc.), Dach- und Entwässerungsform oder anderer Eigenschaften, die für die Regenwasserbewirtschaftung weiter relevant sein können, werden die öffentlichen Gebäude in einem in den Szenarien festgelegten Umfang abgekoppelt.

alle öffentlichen Gebäude zzgl. Wohnstraßen:

ergänzend zu den oben geschilderten Abkopplungen der öffentlichen Gebäude werden auch die Wohnstraßen im gesamten Gebiet als abgekoppelt angesetzt. Die Ermittlung der Wohnstraßen erfolgt über die Nutzungskartierung des Regionalverbands Ruhr. Vergleichbare oder besser treffende andere Unterteilungen können die täglichen Verkehrszahlen (DTV), eine maximale Straßenbreite oder das Fehlen von Gehwegen sein. In allen Verfahren stoßen die automatisierten Ermittlungen - wie bei der Suche nach Flachdächern - über die Geländehöhen aber an ihre Grenzen. Daher wurde hier die Entscheidung für die bestehende Nutzungskartierung getroffen. Mit der Beschränkung auf die Wohnstraßen wird den Anforderungen an den Gewässerschutz Rechnung getragen, da von diesem Straßentyp nach gültigem Regelwerk kein Belastung zu erwarten ist, die eine Behandlung der Abflüsse notwendig macht. Dies wird dennoch für alle Wohnstraßen geprüft, die zur Abkopplung kommen sollen, um in begründeten Einzelfällen dezentrale Reinigungsverfahren, z.B. über Filtergullys o.ä., vorzusehen.

alle Bereiche mit simulierter Netzüberlastung bis zum regelkonformen Betrieb:

einige Bereiche des Kanalnetzes der Untersuchungsgebiete, in denen heute ein regelkonformer Kanalbetrieb möglich ist, weisen mit verändertem Niederschlagsverhalten unzulässige Überlastungen auf. Um diese zu beseitigen, wird nach der standardmäßigen Abkopplung über die einfachste mögliche Versickerungsart eine weitere Abflussreduzierung bis zum regelkonformen Betrieb angenommen.

jede Wohnbebauung mit hohem Potenzial:

die Ausweisung des Abkopplungspotenzials stellt immer einen Durchschnittswert dar, der in der Realität für das einzelne Grundstück nicht zwingend erreicht wird. In dieser Abkopplungsart wird daher für alle Bereiche, denen ein Abkopplungspotenzial von mindestens 60% zugewiesen ist, eine vollständige Abkopplung unterstellt. Dies ist insofern realitätsnah, da sich das Abkopplungspotenzial vornehmlich an den verfügbaren Freiflächen orientiert, die aber nur für die Versickerung entscheidend sind. Eine Steigerung des in diesen Bereichen hiermit erzielbaren Abkopplungserfolgs über ergänzende Maßnahmen ist – sofern nicht ohnehin bereits 100% angenommen werden – also immer noch möglich. Der hierzu notwendige Aufwand in der Konzeption des Bewirtschaftungssystems ist nicht für alle Bewirtschaftungsvarianten machbar. Diese Abkopplungsart wird daher nur für ausgewählte Bewirtschaftungsvarianten angenommen.

alle privaten Wohngebäude:

wie bei der Abkopplungsart „jede Wohnbebauung mit hohem Potenzial“ ist die 100% Abkopplung aller Wohnhäuser nur bei bestimmten Bewirtschaftungsvarianten erreichbar und wird daher nur in ausgewählten Fällen als Szenario durchgespielt

alle privaten Wohngebäude zzgl. Wohnstraßen:

wie bereits bei „alle öffentlichen Gebäude“ werden die als Wohnstraßen klassifizierten Straßen ebenfalls abgekoppelt. Diese Kombination ist nur für die Bewirtschaftungsart „Ableitung“ sinnvoll.

alle Gewerbeflächen:

die intensive Flächennutzung in vielen Gewerbe- und Industriequartieren schränkt die Möglichkeiten der naturnahen Regenwasserversickerung auf dem Grundstück meist stark ein. Dennoch sind diese Flächen aufgrund der in der Regel großen Grundstücke und der großen befestigten Flächen zu bedeutsam, um sie in den Szenarien völlig außen vor zu lassen. Das über das meist geringe, mit einfachen Verfahren erzielbare Abkopplungspotenzial liegt insbesondere in der Nutzung des Regenwassers, aber auch in Ableitungen und/oder Versickerungsanlagen mit Notüberlauf, die auch unter begrenzten Platzverhältnissen zumindest eine Teilabkopplung zulassen. Zwar ist aufgrund der Belastungen der Hofflächen in der Regel sowohl vor der Einleitung als auch vor der Versickerung eine Behandlung der Abflüsse erforderlich, aufgrund der Flächengröße ist der hiermit verbundene Aufwand i.d.R. aber gerechtfertigt und die Maßnahme lässt sich – passende technische Randbedingungen vorausgesetzt - dennoch wirtschaftlich darstellen.

alle Gewerbeflächen zzgl. Straße:

Zusätzlich zu den privaten Gewerbeflächen werden hier auch die umgebenden Straßen in die Betrachtung einbezogen. Hierbei handelt es sich anders als bei den übrigen Typen, für die auch eine Straßenabkopplung vorgesehen war, nicht um Wohnstraßen, sondern um stärker frequentierte Anlieferstraßen mit entsprechenden Belastungen der Abflüsse. Dies wird bei der Auswahl der Szenarien zu berücksichtigen sein.

| | | | Art der Bewirtschaftung | | | |
|--------------------|---|-------------------------------|--|---|--|--|
| | | | Ableitung (möglichst offen) | Versickerung mit Ableitung des Überlaufs zum (Misch)-Kanal | Regenwasser-nutzung (RWN) im Garten (1m ³ /100m ²) | Dachbegrünung extensiv, bis 15% Neigung |
| Art der Abkopplung | 10% 15% 20% 25% | gleich- mäßig im Gebiet | kein Szenario, da i.d.R. nicht überall im Gebiet machbar | Zunächst nicht sinn- voll, da Effekt wahr- scheinlich zu gering | kein Szenario, da i.d.R. nicht überall im Gebiet machbar | nicht sinnvoll, Poten- zial i.d.R. nicht über- all im Gebiet vorhan- den |
| | alle öffentlichen Gebäude | | Szenario: im 50m- Buffer um Gewässer und Fließwege | Zunächst nicht sinn- voll, da Effekt wahr- scheinlich zu gering | nicht sinnvoll, da kein Bedarf | Szenario: 50% der Dachflächen erhalten Begrünung mit Ab- flussbeiwert 0,5 |
| | alle öffentlichen Gebäude zzgl. Wohnstraßen | | Szenario: s.o., aber für Straßen im 100m- Buffers um Gewässer und Fließwege | Zunächst nicht sinn- voll, da Effekt wahr- scheinlich zu gering | kein Szenario, da keine Steigerung durch RWN auf Stra- ßen | kein Szenario, da keine Steigerung durch Dachbegrü- nung auf Straßen |
| | alle Bereiche mit künftiger Netz- überlastung | | nicht verallgemeinerbar | Zunächst nicht sinn- voll, da Effekt wahr- scheinlich zu gering | kein Szenario, da i.d.R. nicht überall im Gebiet machbar, Effekt zu gering | kein Szenario, da i.d.R. nicht überall im Gebiet machbar, Effekt zu gering |
| | alle Wohnbebau- ung mit hohem Abk.-Potenzial (>60%) zu 100% | | Szenario: im 50m- Buffer um Gewässer und Fließwege | kein Szenario, da 100% Abkopplung nicht steigerbar | kein Szenario, da 100% Abkopplung nicht steigerbar | kein Szenario, da 100% Abkopplung nicht steigerbar |
| | alle privaten Wohnhäuser (EFH, DHH, Rei- henhaus) | | Szenario: im 50m- Buffer um Gewässer und Fließwege | nicht sinnvoll, da i.d.R. Überlauf zu aufwendig | Szenario: Abkopplung von 50% (=Rückseite) der Dachflächen | kein Szenario, da Effekt zu gering |
| | alle privaten Wohnhäuser (EFH, DHH, Rei- henhaus) zzgl. Wohnstraßen | | Szenario: wie oben, aber für Straßen im 100m-Buffer um Gewässer u. Fließ- wege | Kann für vordere Dachflächen weite- res Potenzial freiset- zen, aber hoher Aufwand. | kein Szenario, da durch RWN keine Steigerung | kein Szenario, da durch Dachbegrü- nung keine Steige- rung |
| | Alle Gewerbeflä- chen | | Szenario: im 50m- Buffer um Gewässer und Fließwege | Sinnvoll bei gerin- gem Potenzial da meist Platzmangel limitierender Faktor | Szenario: 15% der Dachflächen werden über RWN abgekop- pelt (vollständige Nutzung) | Nicht sinnvoll, da Dachstatik meist zusätzliche Auflasten verboten, zu wenig Potenzial |
| | Alle Gewerbeflä- chen, mit Straßen | | Bei notwendiger Behandlung ggf. nicht wirtschaftlich | Bei notwendiger Behandlung ggf. nicht wirtschaftlich | kein Szenario, da im Gewerbe keine Gar- tenbewässerung | kein Szenario, da im Gewerbe kaum Dachbegrünung |

Tabelle 15: Szenarien für die Anpassung der Siedlungsentwässerung an den Klimawandel

Bezeichnung der untersuchten Szenarien

Für die in der Szenarienmatrix gekennzeichneten Kombinationen, die für die weitere Untersuchung somit in Frage kommen, werden für die weitere Bearbeitung folgende Kurzbezeichnungen eingeführt:

BASIC (MULDE + MRE + MRS_ABL)

alle befestigten Flächen ungeachtet des Siedlungstyps (Ausnahme: Straßen, s.o.) werden über die jeweils günstigste der 3 möglichen Bewirtschaftungsarten Mulde, Mulden-Rigolen-Element oder Mulden-Rigolen-System mit teilweiser Ableitung zum Gewässer abgekoppelt

GEWERBE_ABL

Abkopplung aller gewerblichen Dachflächen, die einen 50 m-Buffer um Gewässer und Fließwege berühren, mittels Ableitung zum Gewässer

GEWERBE_NUTZ

15% der gewerblichen Dachflächen (zwischen 10 und 20) werden durch Nutzung des Regenwassers in betrieblichen Abläufen abgekoppelt. Der angesetzte Prozentsatz berücksichtigt, dass der Überlauf der Zisternen an die Kanalisation angeschlossen ist; d.h. es wird tatsächlich ein größerer Anteil an Dachflächen an die Zisternen angeschlossen

GEWERBE_UEBERL

Gewerbliche Flächen mit einem Abkopplungspotenzial von mindestens 40% werden über Mulden-Rigolen-Versickerung und Anschluss des Überlaufs an die öffentliche Kanalisation abgekoppelt

PRIVAT_ABL_50

alle privaten Wohnhäuser, die eine 50 m-Buffer um Gewässer und Fließwege berühren, werden über die Ableitung zum Gewässer abgekoppelt (Dach- und saubere Wegeflächen)

PRIVAT_NUTZ

alle rückwärtigen (= 50%) Dachflächen der privaten Wohnhäuser werden über Regenwassernutzung zur Gartenbewässerung abgekoppelt. Der Überlauf ist so gering, dass er auch bei schlechter Eignung des Bodens zur Versickerung gebracht werden kann, d.h. es handelt sich um eine vollständige Abkopplung der angeschlossenen Dachflächen

PRIVAT_ABL_100

alle privaten Wohnhäuser, die innerhalb eines 100 m-Buffer um Gewässer und Fließwege liegen, werden über die Ableitung zum Gewässer abgekoppelt (Dach- und saubere Wegeflächen)

PUBLIC_ABL

Abkopplung aller öffentlichen Gebäude, die einen 50 m-Buffer um Gewässer und Fließwege berühren, mittels Ableitung zum Gewässer

PUBLIC_DACH

Abkopplung von 50% der Dachflächen der öffentlichen Gebäude mittels Dachbegrünung

PUBLIC_STR_ABL

Abkopplung aller öffentlichen Gebäude und angrenzender Wohnstraßen, die innerhalb eines 100 m-Buffer um Gewässer und Fließwege liegen, mittels Ableitung zum Gewässer

STR_ABL

Abkopplung aller Wohnstraßen innerhalb des 100 m-Buffer um Gewässer und Fließwege, mittels Ableitung zum Gewässer

WOHN_ABL

Sämtliche Flächen der Wohnbebauung, deren siedlungsstrukturelles Abkopplungspotenzial 60% oder mehr beträgt und die einen 50 m-Buffer um Gewässer und Fließwege berühren, werden über die Ableitung zum Gewässer vollständig abgekoppelt (Dach- und saubere Wegeflächen)

Prioritäten der Szenarien

Die im letzten Abschnitt beschriebenen Szenarien sind unterschiedlich aufwendig und für sehr individuelle und unterschiedlich große Flächenanteile des jeweiligen Untersuchungsgebietes relevant. Daher wird zunächst für beide Untersuchungsgebiete für alle Szenarien einzeln der mögliche Abkopplungsumfang ermittelt. Die Festlegung von Prioritäten erfolgt dann nach der hiermit ermittelten wasserwirtschaftlichen Relevanz der Szenarien sowie dem hierzu notwendigen Aufwand.

Für die weitere Bearbeitung wird der mögliche Abkopplungsumfang untergeordneter Szenarien dann immer nur soweit angegeben, wie er nicht bereits über andere, bevorzugte Szenarien abgedeckt ist.

Durch die unterschiedlichen geomorphologischen und siedlungsstrukturellen Voraussetzungen der Untersuchungsgebiete sind diese Prioritäten für das Roßbach-Einzugsgebiet und das Siedlungsgebiet von Bönen nicht identisch (s. Kapitel 6.1 bzw. 6.2).

5 Untersuchungsgebiete

Die in Kapitel 4 beschriebenen Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Feldern der Wasserwirtschaft haben in urbanen und ländlichen Gebieten nicht zwangsläufig dieselben Wirkungsbeziehungen in demselben Umfang. So wird beispielsweise die Entstehung von Hochwasserabflüssen in urbanen Gebieten stark durch Entlastungen aus den Kanalnetzen, also durch kurze Niederschläge hoher Regenintensität beeinflusst, während in ländlichen Gebieten mit hohem Anteil an natürlichen Flächen vor allem langanhaltende Niederschläge mit eher geringer Intensität zu Hochwasser führen. Für die Entwicklung von Anpassungsstrategien an den Klimawandel müssen diese Charakteristika des jeweiligen Einzugsgebietes berücksichtigt werden. Die Untersuchungen im Rahmen des Arbeitspaketes E 3.2 werden daher in zwei unterschiedlich strukturierten Einzugsgebieten vorgenommen. Hierbei handelt es sich um das Einzugsgebiet des Roßbachs im östlichen Emschergebiet als Repräsentant eines stark urban überprägten Gebiets sowie um das Gebiet der Gemeinde Bönen im östlichen Lippegebiet als Vertreter einer ländlichen Kleinstadt. Im Folgenden werden die Untersuchungsgebiete mit ihren wesentlichen Eigenschaften näher beschrieben.

5.1 Roßbach-Einzugsgebiet

5.1.1 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Der Roßbach ist ein Nebenlauf der Emscher, der in Dortmund nördlich des Hafens in die Emscher mündet. Das gesamte Roßbach-System mit allen Nebenläufen (s. Oberflächengewässer) hat eine Gewässerlänge von rd. 9 km, von denen 8 km auf die Emschergenossenschaft und rd. 1 km auf kommunale Oberläufe entfallen. Die gesamte Gebietsgröße beträgt rund 3.100 ha. Mit rd. 1.600 ha kanalisierter Fläche und einem Versiegelungsgrad von rd. 30% ist das Gebiet als hoch verdichteter Stadt-raum zu bezeichnen (s. Abflusswirksame Flächen), wobei ländliche und urbane Bereiche mosaikartig wechseln (s. Nutzung sowie Wasser- und Landschaftsschutzgebiete).

Zum Einzugsgebiet gehören die Dortmunder Stadtteile Dorstfeld, Huckarde, Wischlingen, Kley, Lütgendortmund, Marten, Bövinghausen, Westrich und Oespel sowie in Teilen der Wittener Stadtteil Stockum und der Bochumer Stadtteil Somborn (Abbildung 13). In den folgenden Abschnitten sind die wesentlichen Eigenschaften des Einzugsgebietes sowie die maßgeblichen Randbedingungen für das heutige und mögliche zukünftige Entwässerungsverfahren näher beschrieben.

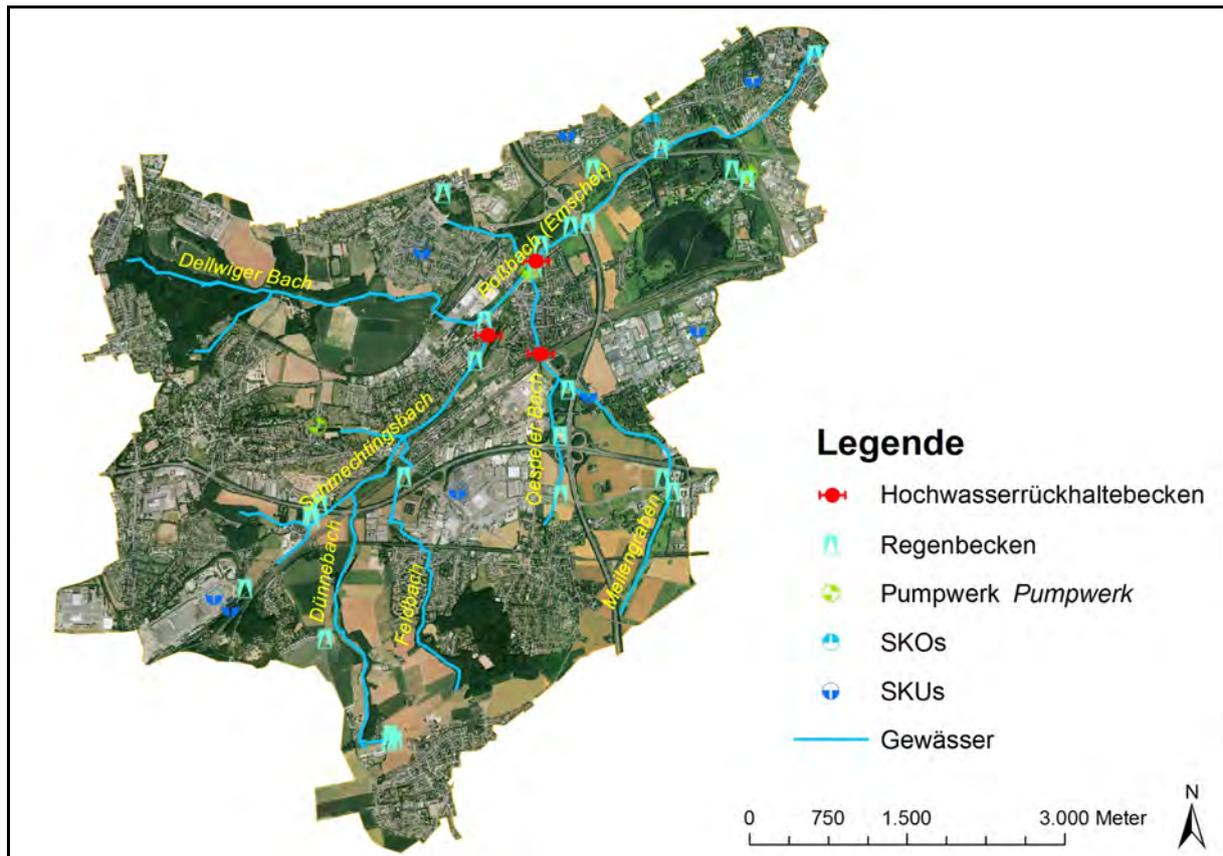


Abbildung 13: Roßbach-Einzugsgebiet, Luftbild mit Gewässern und Anlagen der Emschergenossenschaft

5.1.2 Gebietsmerkmale

Klima

Das Klima im Einzugsgebiet des Roßbaches ist vorwiegend maritim geprägt. Stadtklimatisch ist der Planungsraum als Stadtrand ohne extreme klimatische Belastung und ohne größere Emittenten sowie mit guter Durchlüftung zu charakterisieren. Im Bereich der größeren Freiflächen treten Freilandklimata mit ungestörtem extremem Temperatur- und Feuchteverlauf auf. Sie sind als Frischluftentstehungsbereiche für die umliegenden Ballungsgebiete, insbesondere Dortmund-Lütgendortmund und Dortmund-Marten, von besonderer Bedeutung.

Geologie und Böden

Das Roßbachgebiet liegt in der **naturräumlichen Einheit** des Martener Flachwellenlandes, das die westliche Fortsetzung der Hellwegbörden darstellt. Die Börden markieren den Übergangsbereich zwischen dem zum Rheinischen Schiefergebirge gehörenden „Niederbergisch-Westmärkischen Hügelland“ im Süden und zum „Emscherland“ im Norden. Der unmittelbare Mündungsbereich des Roßbaches in die Emscher ist dem Emscherland zuzuordnen.

Die ältesten **geologischen Schichten** im Untersuchungsraum stammen aus dem Oberkarbon (320-285 Mio. Jahre). Es handelt sich dabei um flözführende Schichten aus Ton-, Schluff- und Sandstein. Über dem Karbon liegen diskordant Schichten aus der Oberkreide (115-65 Mio. Jahre) aus Mergel und Kalksandsteinen. Das gesamte Gebiet ist von einer für diesen Naturraum charakteristischen, 2-5 m (in Mulden bis 10 m) mächtigen Lößauflage aus dem Pleistozän (1 Mio.-10.000 Jahre) bedeckt, die auf der Kreidedeckschicht aufliegt. Im Emschergebiet werden diese durch Sand und Schluff aus Flussab-

lagerungen (ebenfalls Pleistozän) ersetzt. Südlich der B1/A40 treten Schluff und tonige Geschiebe der Grundmoräne (Pleistozän) auf. Die jüngsten **Sedimente** sind holozäne Bachablagerungen (jünger als 10.000 Jahre) entlang der Fließgewässer.

Das natürliche **Relief** im Untersuchungsraum ist als leicht wellig zu bezeichnen. Insgesamt ist die Abdachung des Geländes nach Nordosten gerichtet. Die ursprüngliche Talmorphologie in Form flacher Mulden ist heute aufgrund der erheblichen anthropogenen Überformung des Geländes kaum mehr erkennbar. So wurde das natürliche Relief in weiten Bereichen des Untersuchungsraumes durch Aufschüttungen und Abgrabungen (Deiche, Rückhaltebecken) z.T. erheblich verändert. Erhebliche Veränderungen stellen auch Bergsenkungen dar. Der weitaus größte Teil des Plangebietes ist der Untereinheit „Martener Flachwellenland“ zuzuordnen. Hierbei handelt es sich um eine aus Kreidemergeln aufgebaute, wellige bis ebene Platte mit Lößüberdeckung, die sich nach Nordosten bis zum „Emscherland“ erstreckt. Der Oberlauf des Bärenbruchgrabens (etwa oberhalb der Straße „Bärenbruch“) ist dagegen der Untereinheit „Castroper Höhen“, der Oberlauf des Oespeler Bachs (etwa oberhalb der B1/A40) der Untereinheit „Stockumer Höhen“ zuzuordnen. Während den 30 m höher liegenden Castroper Höhen ein gleicher geologischer Aufbau wie dem Martener Flachwellenland zuzuordnen ist, handelt es sich bei den Stockumer Höhen um einen mit Löß bedeckten flachen Rücken aus flözführenden Schiefen des Karbons.

Die vorherrschenden **Landschaftseinheiten** bestehen in einem zumeist 30 - 100 m breiten Korridor aus Bachtälern mit lehmigem Substrat und tiefstehendem Grundwasser. Diese Einheit umfasst sämtliche holozänen bis pleistozänen Bachablagerungen. Lediglich im Bereich Wischlingen finden sich südlich des Roßbachs Bachtäler mit lehmigem Substrat und hochstehendem Grundwasser. Bei allen übrigen Bereichen im Plangebiet mit noch weitgehend naturnahen Standortverhältnissen handelt es sich der Geologie entsprechend überwiegend um ebene bis leicht geneigte Lößgebiete mit mächtiger Lößauflage. Nur rechtsseitig des Oespeler Baches oberhalb der B1/A40 ist diese Lößauflage von geringerer Mächtigkeit (<1 m). Östlich der A45 sind die Lößgebiete verbreitet durch Staunässe geprägt.

Die vorherrschenden **Böden** sind Parabraunerden, die sich aus diesen Lößablagerungen gebildet haben. Dabei handelt es sich um schluffige Lehmböden mit einer Mächtigkeit von meist über 1 m. Dieser Bodentyp besitzt eine hohe Sorptionsfähigkeit sowie eine hohe nutzbare Wasserkapazität bei mittlerer Wasserdurchlässigkeit. Er ist allgemein empfindlich gegenüber Bodendruck bzw. Bodenverdichtung. Bearbeitbarkeit und Befahrbarkeit sind nur nach starken Regenfällen erschwert. Die Parabraunerden sind mit Bodenzahlen von 50 - 85 sehr ertragsfähige Böden, die besonders für die Ackernutzung geeignet sind. Auch im Bereich der holozänen Bachablagerungen dürften heute weitgehend Parabraunerden vorherrschen, da die hohen Grundwasserflurabstände von in der Regel über 4 m die Ausbildung von Gleyen nicht zulassen. Ausnahmen stellen die Senkungströge bzw. Poldergebiete am Roßbach zwischen Marten und Huckarde sowie die Sohlbereiche der Rückhaltebecken dar. Hier konnten sich unter Grund- bzw. Stauwassereinwirkung in einigen Bereichen Gleye und Pseudogleye ausbilden. Diese wassergeprägten Böden weisen nur eine geringe bis sehr geringe Wasserdurchlässigkeit auf, so dass zeit- und stellenweise mit starker Vernässung zu rechnen ist. Ihre Sorptionsfähigkeit ist mittel bis hoch, die nutzbare Wasserkapazität allerdings nur mittel bis gering. Diese zeitweise stark vernässten Böden sind ohne Dränierung oft nicht trittfest, leicht verschlämmbar und empfindlich gegenüber Bodendruck bzw. Bodenverdichtung. Ihre Ertragsfähigkeit ist mit Bodenzahlen von 30 - 65 nur mittelmäßig.

In weiten Bereichen des Plangebietes, insbesondere im Zusammenfluss von Schmechtingsbach, Kregeldanzgraben und Feldbach, sind die natürlichen Böden von künstlichen Aufschüttungen teils aus Mineralboden, teils aus Bergematerial des Steinkohlenbergbaus überlagert. Auch Aufschüttungen bzw. Deponien aus Hausmüll oder Bauschutt sind vorhanden. Die meisten dieser Flächen gelten heute als Altlastenstandorte/Altablagerungen (s. Altlasten).

Im Bereich des HRBs Schmechtingsbach wurden die natürlichen Böden bereits vor Jahrzehnten abgegraben.

Grundwasser

Es ist davon auszugehen, dass der Grundwasserflurabstand in den Bachtälern mehr als 4 m beträgt. Demzufolge sind im Gebiet keine natürlichen Quellen vorhanden. Außerdem wird das über den Schmechtingsbach und seine Nebenläufe abfließende Niederschlagswasser teilweise in den Gewässern versickern. Das bedeutet, dass alle Gewässer im Untersuchungsgebiet sehr wahrscheinlich nur temporär, nach stärkeren Niederschlägen Wasser führen und zumindest im Sommer trocken fallen werden.

Grundwassernahe Standortverhältnisse sind ausschließlich im Bereich der Sohle des HRBs Schmechtingsbach anzutreffen.

Oberflächengewässer

Das Gewässersystem des Roßbachs fließt von West nach Ost in Richtung Emscher. Das System hat seinen Ursprung im Schmechtingsbach, der auf Bochumer Stadtgebiet aus dem Zusammenfluss zweier einzelner Äste entsteht und in nach Nordosten fließend die A 40 unterquert. Von Süden mündet entlang des Fließwegs hier zunächst der Dünnebach in den Schmechtingsbach. Krengeldanzgraben von Norden und Feldbach stellen in Höhe des S-Bahnhofs Germania die nächsten Zuflüsse dar. Der Dellwiger Bach beginnt ebenfalls im Westen des Roßbach-Einzugsgebiets südlich des Stadtteils Bövinghausen und fließt nördlich von Lütgendortmund nach Osten, wobei von Süden der Katzbach einmündet. Mit der Mündung des Dellwiger Bachs in den Schmechtingsbach beginnt in Marten der Roßbach. Dieser fließt südlich des Industriegebiets Marten nach Nordosten und nimmt dann den Oespeler Bach von Süden mit dem Nebenlauf Meilengraben sowie den Bärenbruchgraben von Norden auf. Auf seinem weiteren Fließweg unterquert der Roßbach in Höhe der AS Hafen die A45 und mündet schließlich östlich der Stadtteile Wischlingen und Huckarde in die Emscher.

Im Naturschutzgebiet Hallerey (s. Wasser- und Landschaftsschutzgebiete) findet sich zudem ein ausgedehntes Seensystem.

Wasser- und Landschaftsschutzgebiete

Der überwiegende Teil der Flächen außerhalb der Siedlungsbereiche im Roßbachgebiet ist als Landschafts- oder Naturschutzgebiet ausgewiesen. Die Freiflächen entlang des Schmechtingsbachs sowie der Dünnebecke sind ebenso wie die schmalen Wiesensäume entlang des Feldbachs Landschaftsschutzgebiet (LSG). Die 40 ha umfassenden Waldflächen östlich des Feldbachs zwischen Kley und Oespel haben den Status Naturschutzgebiet (NSG) (Dorneyer Wald). Entlang des Dellwiger Bachs sind die landwirtschaftlich genutzten sowie brachliegenden Grünflächen einschließlich Volksgarten und Haus Dellwig als LSG ausgewiesen, die das Gewässer begleitenden, vernetzten Waldflächen stellen das NSG Dellwiger Bach dar, mit 112 ha Fläche das größte der NSGe am Roßbach. Auch die Grünflächen im Einzugsgebiet des Meilengrabens, das bis zur Unterquerung der A40 ohnehin wenig befestigte Flächen umfasst, sind Landschaftsschutzgebiete. Im Einzugsgebiet des Wischlinger Bachs befinden sich neben dem 75 ha großen NSG Hallerey weitere als LSG gekennzeichnete Grünflächen unterschiedlicher landwirtschaftlicher Nutzung.

Schutzausweisungen als Wasser- oder Vogelschutzgebiete sind am Roßbach nicht vorhanden.

Altlasten

Aufgrund seiner Historie in einem bergbau- und schwerindustriell geprägten Gebieten weist das Einzugsgebiet des Roßbachs diverse Altlasten- bzw. Altlastenverdachtsflächen auf. Diese Flächen müssen hinsichtlich veränderter Grundwasserverhältnisse, aber auch möglicher Anlagentypen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung besonders betrachtet werden. So ist auszuschließen, dass Regenwasser durch belastete Bodenkörper gezielt versickert wird, da die hiermit verbundene höhere Durchflussmenge zu einer Mobilisierung von Schadstoffen und einem Eintrag in das Grundwasser führen kann. Weiterhin sollten die Grundwasserverhältnisse in der Umgebung derart gekennzeichneten Flächen durch gezielte Versickerungsmaßnahmen nur in moderatem Umfang verändert werden,

dass kein direkter Kontakt zwischen grundwasserbespannten Bodenschichten und kontaminierten Bodenkörpern zu befürchten ist. Von Altlastenverdachtsflächen geht keine grundsätzliche Gefährdung des Grund- oder Oberflächenwassers aus, sie sind aber bei der Entwicklung von Abkopplungsszenarien unter den o.g. Kriterien gesondert zu betrachten.

Altlastenverdacht besteht in der Regel auf Flächen, die ehemals durch den Bergbau und seine Folgeindustrien genutzt wurden. Hierzu zählen die Flächen der ehemaligen Zeche Zollern I und II, der Gewerbepark Bärenbruch, das Gewerbegebiet Germania in Marten, das Gewerbegebiet Alter Hellweg sowie das sogenannten Dellwiger Feld (Deponie). Auch Teile des Industrie- und Gewerbegebietes Borussiastraße sind als altlastenverdächtig gekennzeichnet [2].

Nutzung

Im Einzugsgebiet des Roßbachs finden sich sowohl innerstädtische hoch verdichtete als auch ländliche Strukturen in einem Mosaik aus Wohnbebauung, Verkehrsflächen, Grünanlagen, land- und forstwirtschaftlich genutzten Flächen und Brachen. Entsprechend ist auch das Landschaftsbild durch den Übergang von ländlichen zu städtischen Strukturen gekennzeichnet.

Aufgrund der recht zahlreich vorhandenen **Wald- und Gehölzbestände** sind die ländlichen Flächenanteile relativ struktur- und artenreich. So finden sich hier insbesondere entlang der Gewässer lineare Gehölzstrukturen, die das Landschaftsbild gliedern und Biotopverbundstrukturen schaffen. Zum Teil verlaufen die Gewässer innerhalb ausgedehnter land- und forstwirtschaftlicher Flächen, wie z.B. der Dellwiger Bach zwischen Bövinghausen und Lütgendortmund. Auch der Dünnebach ist auf seiner gesamten Fließstrecke von landwirtschaftlich genutzten Flächen mit einem schmalen Gehölzsaum umgeben. Der Feldbach verläuft im Oberlauf entlang eines größeren Waldstücks; Oespeler Bach und Meilengraben verlaufen bis zu ihrem Zusammenfluss innerhalb landwirtschaftlicher Strukturen. Entlang des Roßbachs ist insbesondere das Naturschutzgebiet Hallerey mit mehreren größeren Wasserflächen und dem Revierpark Wischlingen als größerer zusammenhängender Grünzug zu nennen. Größere unbefestigte Kulturflächen sind zudem Friedhöfe in den Stadtteilen Lütgendortmund, Rahm, Marten, Eving sowie Wischlingen/Huckarde.

Diese Grünzüge umgeben die **Siedlungsbereiche** des Roßbach-Gebietes. Hierbei handelt es sich um Gebiete mit in der Regel mittlerem bis hohem Versiegelungsgrad. Unter ihnen befinden sich überwiegend aus Wohnbebauung bestehende Stadtteile wie Witten-Stockum am Oberlauf des Dünnebachs, Dortmund-Lütgendortmund am Dellwiger Bach oder Dortmund-Wischlingen am Roßbach. In diesen Stadtteilen herrschen Einzel-, Doppel- und Reihenhausbebauung vor; Mischbebauung oder Hochhäuser finden sich lediglich entlang der größeren Verkehrswege.

An größeren **Gemeinbedarfseinrichtungen** befinden sich Schulen bzw. Schulzentren, Krankenhäuser, ein Altenheim, Verwaltungsgebäude oder Sportstätten im Einzugsgebiet, die zum Teil hohe Versiegelungsanteile aufweisen. In etwas herausragender Stellung zählt zu diesen Strukturen auch das westfälische Industriemuseum in Bövinghausen auf den Flächen der ehemaligen Zeche Zollern II/IV.

Die Flächen der gewerblichen Nutzung sind fast ausnahmslos in **Gewerbegebieten** zusammengefasst, wie dem Indupark Oespel oder den Gewerbegebieten Kley, Flaspöte in Dortmund-Somborn sowie Germania, Steinhammerweg und Alter Hellweg in Dortmund-Marten. Mit dem Opel-Werk auf Bochumer Grund und der Dortmunder Bau-Union in Lütgendortmund gibt es weiterhin zwei große separate gewerbliche Flächen (beide Unternehmen sind Mitglieder der Emschergenossenschaft).

Das **Verkehrswegenetz** umfasst neben den innerörtlichen Erschließungen auch Autobahnen, Schnellstraßen und Gleisstrecken. Die Bundesautobahn (A40/B1) durchzieht das Bearbeitungsgebiet von Westen nach Osten, die Bundesautobahn A45 durchquert das Einzugsgebiet von Süden nach Norden. Am nördlichen Rand des Einzugsgebietes verläuft die Stadtautobahn OWIIIa. Bahnstrecken der Regionalschnellbahn sowie Güterbahntrassen durchziehen das Einzugsgebiet vornehmlich von Südwesten nach Osten.

Die Abbildung 14 zeigt die Realnutzungskartierung [4] für das Roßbach-Einzugsgebiet. Die großen forst- und landwirtschaftlichen Flächen entlang der Gewässer sind deutlich zu erkennen, ebenso die stark vertretenen Gewerbe- und Industrieflächen. Die Unterteilung der übrigen Siedlungsbereiche mit Wohn- und Mischbauflächen lässt keine direkten Rückschlüsse auf die siedlungsstrukturellen Voraussetzungen für die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung zu und ist daher nicht weiter aufgliedert. Für die Ermittlung des Abkopplungspotenzials (Abkopplungspotenzial) sind diese beiden Typen in 9 Einzelstrukturen unterteilt.

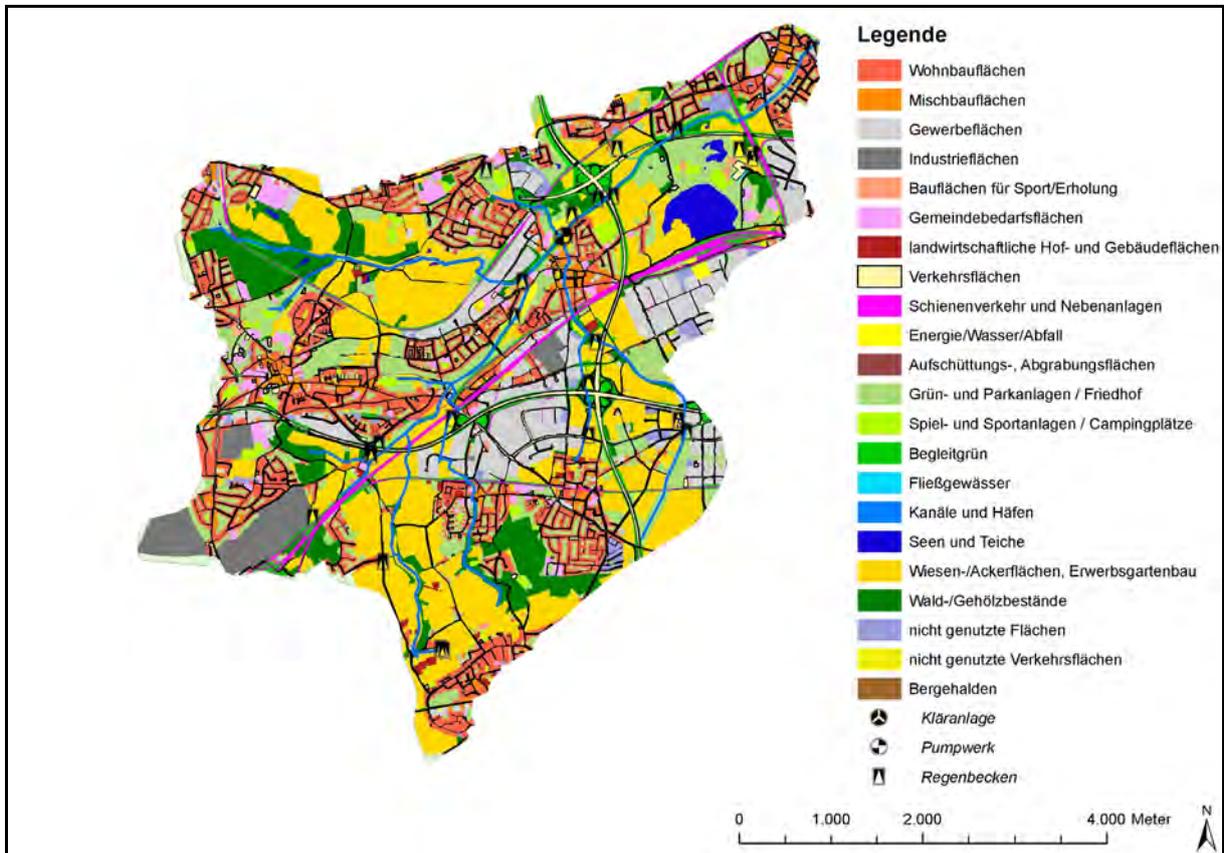


Abbildung 14: Roßbach-Einzugsgebiet, Realnutzungskartierung

Abflusswirksame Flächen

Von den 3.089 ha des Roßbach-Einzugsgebiets sind 1.605 ha (= 52%) kanalisiert und 922 ha (= 30%) befestigt. Tabelle 16 gibt eine Übersicht über die Verteilung der befestigten Flächen auf die Stadtgebiete von Bochum, Dortmund und Witten sowie auf die Flächentypen „Dach (OS = 2100)“, „öffentliche Verkehrsfläche (OS = 2200)“, „private saubere Fläche (OS = 2300)“ und „private schmutzige Fläche (2400)“.

| OS | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Summe |
|-------------|-------|-------|------|-------|-------|
| Bochum | 45,1 | 13,4 | 7,2 | 28,2 | 93,9 |
| Dortmund | 283,5 | 233,4 | 51,8 | 212 | 780,7 |
| Witten | 19,1 | 11,8 | 4,6 | 11,7 | 47,2 |
| Gesamt [ha] | 347,7 | 258,6 | 63,6 | 251,9 | 921,8 |
| Gesamt [%] | 37,7 | 28,1 | 6,9 | 27,3 | 100,0 |

Tabelle 16: Befestigte Flächen im Roßbach-Einzugsgebiet

Es wird deutlich, dass nicht nur der flächenmäßig größte Anteil des Roßbachgebietes auf Dortmunder Stadtgebiet liegt, sondern hierauf auch der größte Teil der hoch verdichteten Bereiche entfällt. Der Anteil der Verkehrsflächen an den abflusswirksamen Flächen ist mit rund 28% etwas höher als im Durchschnitt des gesamten Emschergebietes; dies ist dem großen Anteil an überörtlichen Schnellstraßen und Autobahnen geschuldet. Der überwiegende Teil der Dachflächen auf Bochumer Stadtgebiet entfällt auf das Opel-Werk, dem somit in Bezug auf mögliche Veränderungen der Entwässerung besondere Aufmerksamkeit zu widmen sein wird (s. Kapitel 6.1). Der mit 6,9% relativ geringe Anteil an „sauberen“ Flächen verdeutlicht den großen Anteil an gewerblich-industriellen Flächen insbesondere auf Dortmunder Stadtgebiet.

Da der überwiegende Teil der Siedlungsbereiche historisch gewachsen ist, kann für zukünftige Planungen eine nur moderate Zunahme der befestigten Flächen angenommen werden. Die Planungshilfen der Emschergenossenschaft gehen für solche neu befestigten Flächen von einem abflusswirksamen Flächenanteil von 30% für Gewerbegebiete und von 20% für Wohngebiete aus, da diese in der Regel – wenn die Entwässerung nicht über Trennsysteme realisiert wird - modifizierte Systeme zum Tragen kommen.

Bestehendes Entwässerungssystem und wasserwirtschaftliche Anlagen

Die **Abwasserableitung** der kanalisierten Flächen erfolgt fast ausschließlich im Mischsystem [3]. Eine Trennkanalisation ist lediglich im Ortsteil Siebenplaneten an der Grenze Bochum/Dortmund, im Technologiepark Dortmund, im Gewerbegebiet Oespel, an der Straße „Overscheidt“ und in der Straße „Am Dorloh“ zu finden. Auch der Außenbereich auf Wittener Stadtgebiet hat eine Trennkanalisation.

Die Gewässer Wischlinger Bach und Oespeler Bach liegen in Poldergebieten und werden über die **Pumpwerke** Oespel und Wischlingen in den Roßbach gehoben. Der Wischlinger Bach hat heute seinen Ursprung in den Seen des NSG Hallerey, sein ursprünglicher Oberlauf westlich der Seen existiert nicht mehr.

Zur **Mischwasserbehandlung** sind im Rahmen der Entflechtung des Roßbachgebietes zehn Stauraumkanäle entstanden, von denen die Anlage auf Wittener Stadtgebiet über eine oben liegende Entlastung (SKO) verfügt, alle anderen Stauraumkanäle sind mit unten liegender Entlastung (SKU) ausgeführt; dabei wird die Entlastung des SKU Altenrathstraße (Oespeler Bach) aufgrund der Polderlage des Oespeler Bachs in den Roßbach gepumpt. Neben diesen Anlagen der Emschergenossenschaft befinden sich am Meilengraben südlich der A40 sowie am Oberlauf der Dünnebecke je ein städtisches Regenüberlaufbecken. Die Trennkanalisation des Ortsteils Siebenplaneten mündet über ein Regenklärbecken mit Dauerstau in Höhe der Straße Siebenplanetengraben in die Dünnebecke.

Zur Reduzierung der hydraulischen Gewässerbelastung befinden sich 14 **Regenrückhaltebecken** (RRB) im Gebiet. Vier dieser Becken, nämlich das RRB Oespeler Bach in Höhe des Autobahnkreuzes Dortmund-West, das RRB am Wischlinger Bach, das RRB Mühlenstraße in Witten-Düren am Oberlauf der Dünnebecke und das RRB Roßbach an der Einmündung des Oespeler Bachs/Bärenbruchgraben nehmen die Entlastungen von Regenwasserbehandlungen auf und werden durch die Emschergenossenschaft betrieben, die übrigen werden aus Trennentwässerungen – mehrheitlich von übergeordneten Straßen – beschickt und vom Betreiber der zugehörigen Kanalisation unterhalten. Eine Übersicht über die wesentlichen Daten der Regenwasserbehandlungsanlagen im Einzugsgebiet gibt Tabelle 17.

| Bezeichnung (Kurzform und Name) | VOLUMEN (m ³) | Q _D [l/s] | A _{EK} [ha] |
|--|---------------------------|----------------------|----------------------|
| SKU 6.34 / Roßbach, Sydowstrasse | 135 | 10 | 12 |
| SKU 6.32 / Roßbach, Altenrathstrasse | 3427 | 120 | 168 |
| SKU 6.29 / Roßbach, Froschlake | 5148 | 170 | 351 |
| RRB 6.21 / Oespeler Bach, Autobahnkreuz | 3653 | | |
| SKU 6.35 / Roßbach, Höfkerstrasse | 2600 | 70 | 141 |
| SKU 6.36 / Roßbach, Roßbachmündung | 2612 | 40 | 90 |
| SKU 6.30 / Dellwiger Bach | 2237 | 100 | 65 |
| SKU 6.33 / Roßbach, Rahmer Graben | 276 | 20 | 29 |
| SKO Witten Mühlenstrasse | | | |
| SKU Witten Weizenkamp | | | |
| RÜB 6.28 (städt.) | 1000 | 40 | |
| RÜB 6.31 (städt.) | 369 | 30 | 8 |
| SKU 6.27 / Schmechtingsbach, Somborner Strasse | 3826,000 | | |

Tabelle 17: Regenwasserbehandlungsanlagen im Roßbach-Gebiet

Gemäß der historischen Entwicklung der Siedlungsgebiete sind die befestigten Flächen zum Großteil an die Kanalisation angeschlossen. Lediglich Straßen außerhalb bebauter Ortsteile entwässern häufig über die Schulter. Aus Initiativen der letzten Jahre sind auch im Roßbachgebiet **Abkopplungsmaßnahmen** entstanden, die den Regenabfluss der jeweiligen Grundstücke reduzieren oder sogar völlig aufheben. Der überwiegende Teil dieser Maßnahmen umfasst private Dach- und Wegeflächen von wenigen Quadratmetern. 15 Maßnahmen beinhalten Abkopplungen von mehr als 1.000 m². Hierzu gehören z.B. Liegenschaften von Wohnungsbaugesellschaften in Huckarde und Kley, gewerbliche Hallen in Kley und Oespel oder Gebäude der Technischen Universität Dortmund.

Bewirtschaftungsarten

Wie in Kapitel 3.1 ausgeführt, erfolgt die Beurteilung der möglichen Regenwasserbewirtschaftungsarten maßgeblich nach den Faktoren Bodenart und Wasserdurchlässigkeit sowie Grundwasserhältnisse. Da weite Bereiche an den Nebenläufen des Roßbachs nur geringe Bodenmächtigkeiten aufweisen und die Böden somit wenig Wasser zwischenspeichern können, wird für einen Großteil (29,1%, vgl. Tabelle 18) die Bewirtschaftungsart „keine Versickerung in situ“ ausgewiesen.

Die Kategorien „nur Muldenversickerung“ und „nur Mulden- oder Flächenversickerung, Bodenprüfung erforderlich“, die ein Hinweis auf geringe Grundwasserflurabstände sind, machen zusammen 2,7% aus und finden sich als Randstreifen einiger Bereiche, für die keine Versickerung in situ ausgewiesen ist.

In allen Kategorien mit dem Zusatz „bei unterirdischer Speicherung auch GW-Bewirtschaftung erforderlich“ liegen die Grundwasserflurabstände unter 2,5 m, so dass ein gebäudeschädlicher Grundwasseranstieg durch die Versickerung nicht per se auszuschließen ist. Dieser Zusatz findet sich für 17,3% der Flächen, auf denen somit nur entsprechend gutem Freiflächenangebot Versickerungsanlagen realisierbar sind.

Die Kategorien „Speicherung und Ableitung erforderlich“ sowie „Speicherung, Ableitung und GW-Bewirtschaftung erforderlich“ stehen für Böden mit schlechter Wasserdurchlässigkeit und hohen Grundwasserständen und entfallen auf 19,1% der Flächen. Diese finden sich insbesondere im Osten des Roßbach-Einzugsgebiets. Hierzu gehört u.a. auch das NSG Hallerey, das aufgrund der geringen Befestigung für mögliche Abkopplungsszenarien von untergeordneter Bedeutung ist.

| Bewirtschaftungsart | Anteil [%] |
|---|------------|
| alle RWB, Bodenprüfung erforderlich | 9,7 |
| alle RWB, bei unterirdischer Speicherung auch GW Bewirtschaftung erforderlich, Bodenprüfung erforderlich | 4,2 |
| nur Flächen- oder Muldenversickerung, Bodenprüfung erforderlich | 0,7 |
| nur Muldenversickerung | 2,0 |
| keine Flächenversickerung | 10,7 |
| keine Flächenversickerung, bei unterirdischer Speicherung auch GW Bewirtschaftung erforderlich | 13,1 |
| keine Flächenversickerung, grosses Speichervolumen notwendig; Muldenversickerung nur bei grossem Platzangebot | 11,4 |
| Speicherung und Ableitung erforderlich | 4,1 |
| Speicherung, Ableitung und GW-Bewirtschaftung erforderlich | 15,0 |
| keine Versickerung in situ | 29,1 |

Tabelle 18: Anteile der Bewirtschaftungsarten im Roßbachgebiet (angegeben sind nur die tatsächlich vorkommenden Bewirtschaftungsarten)

Für die verbleibenden 14,6% des Einzugsgebietes wird bei der angegebenen Bewirtschaftungsart der Zusatz „Bodenprüfung erforderlich“ verwendet. Eine Bodenprüfung im Sinne einer detaillierten Bestimmung des anstehenden Bodens und seines k_f -Wertes sowie der Grundwasserverhältnisse ist für eine verlässliche Dimensionierung naturnaher Entwässerungsanlagen selbstverständlich unerlässlich; der hier eingefügte Zusatz weist auf die anthropogene Überformung des ursprünglichen Bodens hin, die eine Einschätzung der heutigen Eigenschaften und damit der möglichen Bewirtschaftungsarten aufgrund des üblichen verwendeten Datenmaterials (s. Darstellung der Regenwasserbewirtschaftungsarten und Erläuterungen) nicht hinreichend verlässlich erlaubt. Diese Situation findet sich vor allem im Oberlauf des Schmechtingsbachs, im Zusammenfluss von Dellwiger Bach und Schmechtingsbach sowie im Einzugsgebiet des Wischlinger Bachs. Diese Bereiche wiesen zudem einen hohen Befestigungsanteil auf, weshalb ihre Eignung für die weitere Betrachtung, z.B. bei der Entwicklung möglicher Abkopplungsszenarien (s. Kapitel 6.1) von besonderer Relevanz ist.

Insgesamt ist festzustellen, dass die geogenen Voraussetzungen für Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung im Einzugsgebiet des Roßbachs nicht besonders günstig sind. Bei der Entwicklung und Anwendung der Szenarien (s. Kapitel 6.1) muss diesen Umständen Rechnung getragen werden. Die grafische Auswertung der Bewirtschaftungsarten des Roßbach-Einzugsgebietes ist in Abbildung 15 dargestellt.

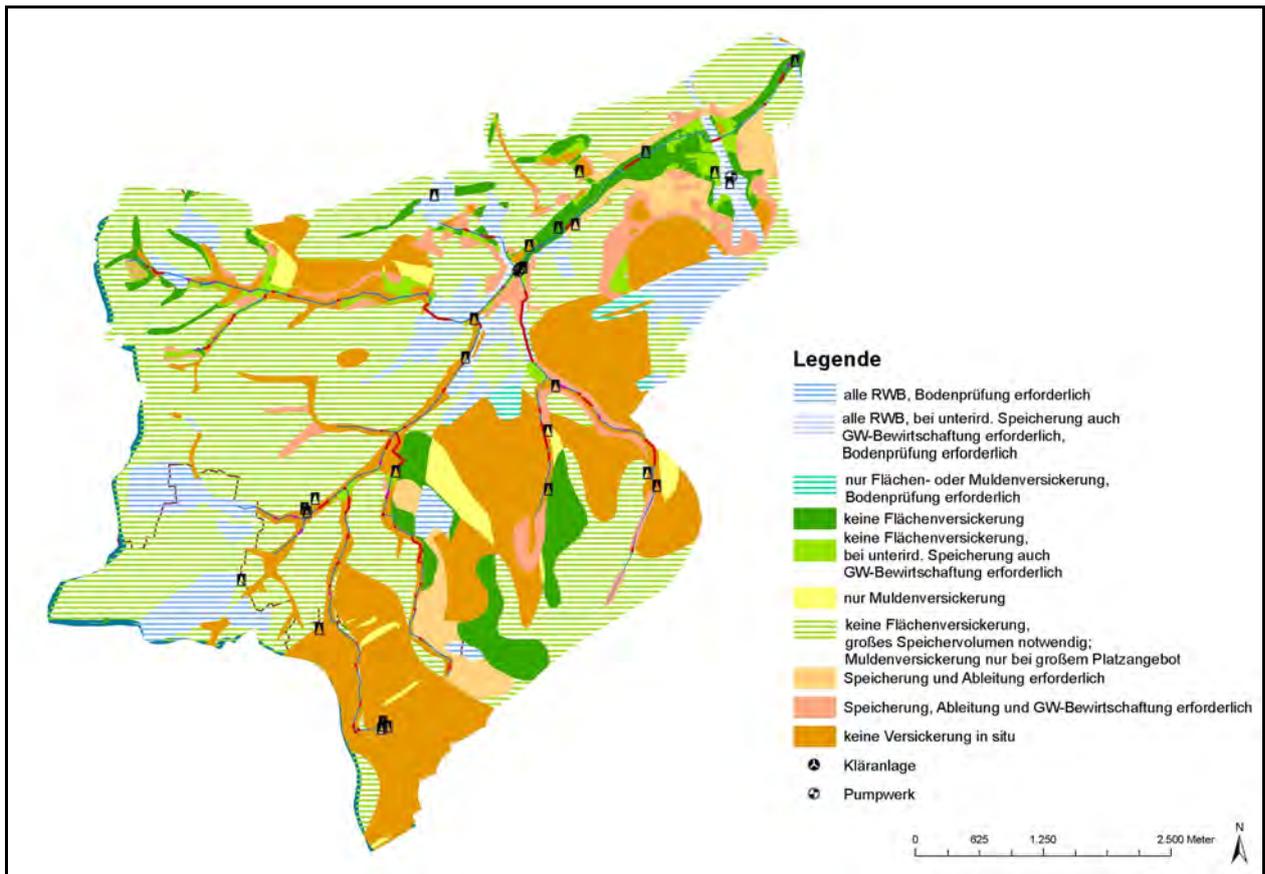


Abbildung 15: Roßbach-Einzugsgebiet, Bewirtschaftungsartenkarte

Abkopplungspotenzial

Die Bewertung des langfristigen Abkopplungspotenzials erfolgt nach dem in Kapitel 3.2 beschriebenen Verfahren. Dabei ist das Abkopplungspotenzial im Allgemeinen umso höher, je größer die verfügbaren Freiflächen, je einfacher die Entwässerungsform und je lockerer die Bebauungsform ist.

Mit 28% entfällt im Roßbach-Einzugsgebiet der größte Teil der Siedlungsflächen auf gewerbliche und industrielle Bereiche unterschiedlicher Form. Gewerbliche Strukturen verfügen zwar in der Regel über große befestigte Flächen, so dass sich durch die Umsetzung einzelner Maßnahmen meist große Flächen abkoppeln lassen, durch die meist kleinen Freiflächen und den hohen Nutzungsdruck auf den Grundstücken weisen sie aber häufig nur geringes Potenzial auf. Dies bestätigt sich für das Roßbach-Einzugsgebiet; hier wird im Westen für die Flächen des Opel-Werks eine relativ gute Abkopplungschance angegeben, ansonsten liegt das Potenzial in der Regel in der Kategorie 5 – 20%. Bessere Potenziale (20 – 40%) treten nur bei gewässernahen Flächen oder großen Freiflächenanteilen auf.

Bereiche mit hohem Abkopplungspotenzial (mehr als 60%) finden sich vor allem in Siedlungsbereichen des Wohnungsbaus sowie in Bereichen mit lockerer Einzelhausbebauung, die sich im Einzugsgebiet des Roßbachs vor allem in Kirchhörde, Eving und Oespel sowie dem in Witten gelegenen Teil des Einzugsgebietes befinden. Diese Nutzungstypen machen zusammen rund 11% des Einzugsgebietes aus und sind damit für die Umsetzung von Abkopplungsmaßnahmen und ihre Wirksamkeit bei der Anpassung an den Klimawandel von Bedeutung (Ziele möglicher Szenarien).

Die Kategorien Mischgebiet und Mischbebauung umfassen zusammen 20% des Gebietes. Dem Namen entsprechend, sind Aussagen über das Abkopplungspotenzial dieser Flächen kaum allgemein zu treffen und auch Konzepte für mögliche Abkopplungen aufgrund der Heterogenität der Bau- und Nutzungsstrukturen nur schwer auf ganze Gebiete anwendbar.

Das durchschnittliche langfristige Abkopplungspotenzial über das gesamte Einzugsgebiet des Roßbachs beträgt insgesamt 21,3%. Die siedlungsstrukturellen Voraussetzungen für eine modifizierte Siedlungsentwässerung sind damit – verglichen mit dem gesamten Emscher-Einzugsgebiet, in dem bis 2020 eine Abkopplung von 15% angestrebt wird – gut. In wieweit und durch welche Szenarien sich dieses Potenzial so weit wie möglich heben lässt, gilt es bei der Entwicklung der möglichen Szenarien (s. Kapitel 4) zu ermitteln.

An dieser Stelle sei noch einmal betont, dass Straßenflächen bei der Bestimmung von Abkopplungspotenzialen nicht mit betrachtet werden. Aufgrund ihres großen flächenmäßigen Anteils müssen sie bei der Entwicklung von Anpassungsszenarien (s. Kapitel 4) aber berücksichtigt werden. Auf mögliche Verfahren wird im Weiteren noch einzugehen sein.

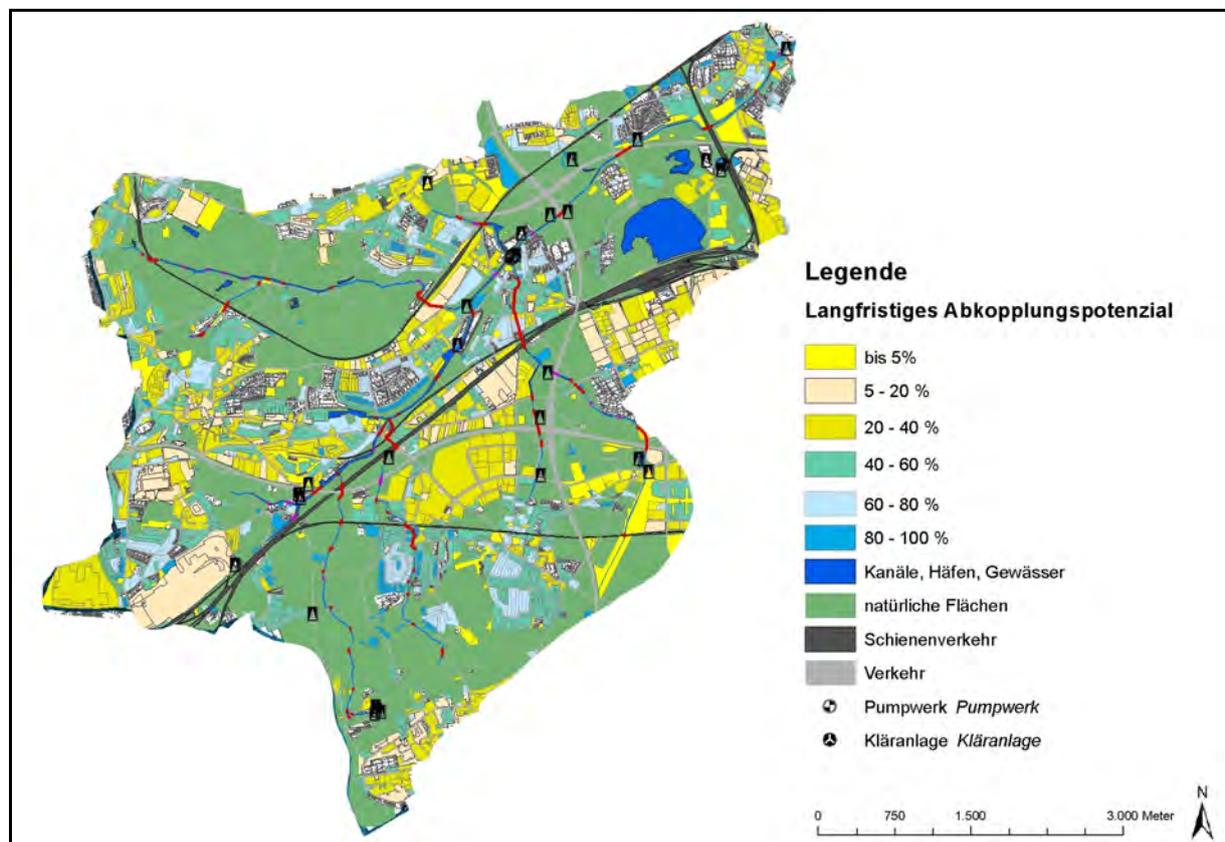


Abbildung 16: Roßbach-Einzugsgebiet, langfristiges Abkopplungspotenzial

5.1.3 Hydrologisches Gebietsmodell Roßbach

Für die gesamten Berechnungen wird das entflochtene System im Roßbach-Einzugsgebiet als Ist-Zustand angenommen. Anschließend wurden in dieses -Modell des Ist-Zustandes die Szenarien der Anpassungsmaßnahmen eingesetzt, dabei wurde das Modell als Planungszustand (Abkopplungsszenarien) bezeichnet.

Aufbau des Modells

Das Modell besteht aus 89 Teileinzugsgebieten, deren Flächengröße zwischen 0,24 ha und 351,3 ha variiert. Die Teileinzugsgebiete setzen sich aus verschiedenen Landnutzungsarten und Bodenaufbauklassen zusammen. Jedes Teileinzugsgebiet wurde auf Basis der einheitlichen Kombination der Landnutzungsarten und Bodenaufbauklassen in weitere kleine Flächen aufgeteilt. Für Erstellung des Hydrologischen Gebietsmodells (HGM) wurden die in Tabelle 19 aufgelistete Geo-Basisdaten verwendet.

| | |
|-------------------|---|
| Landnutzung | ATKIS- Landnutzungsdaten, aggregiert |
| Befestigte Fläche | Versiegelte Flächen aus Befliegungsauswertung |
| Boden | Geologische Karte M 1:100.000 |
| Topographie | Digitale Topographische Karte TK25 M 1:25.000 |
| Orthofotos | Luftbilder, Stand: 2005 |
| Geländehöhe | DGM 10m-Raster |

Tabelle 19: Im Modell verwendete Geo-Basisdaten

Abflussbildung

Die Berechnung der hydrologischen Teilkomponenten (Oberflächenabfluss, Interzeption, Versickerung, Verdunstung) erfolgt auf Flächenebene. Das Modell verwendet die landnutzungsabhängigen Parameter (Tabelle 20) zur Ermittlung der Interzeption während eines Niederschlagsereignisses. Für die Berechnung der aktuellen Verdunstung wurde die Zeitreihen potenzieller Tagesverdunstung aus CLM Daten verwendet. Das Modell verwendet 34 Bodenaufbauklassen, die aus mehreren Schichten unterschiedlicher Bodenarten bestehen. Tabelle 21 zeigt die Bodeneigenschaften auf, die zur Ermittlung der Versickerung verwendet werden.

| Landnutzungsart | Fläche [ha] | Max. Interzeption [mm] | Wurzeltiefe [m] |
|-------------------------------|-------------|------------------------|-----------------|
| Ackerland | 682 | 1,5 | 0,7 |
| Freiflächen | 160 | 2,5 | 0,4 |
| Grünland | 281 | 2 | 0,3 |
| Unbefestigte Siedlungsflächen | 830 | 1,5 | 0,2 |
| Wald | 409 | 4 | 1,7 |
| Wasserflächen | 35 | - | - |
| Unbefestigte Verkehrsflächen | 55 | 1 | 0,1 |
| Befestigte Fläche | 855 | - | - |

Tabelle 20: Landnutzungsarten und Interzeptionsparameter im Gebiet des Roßbachs

| Bodenart KZ | Kf-Wert [m/s] | Max.Infiltr. [mm/h] | FK [%] |
|-------------|---------------|---------------------|--------|
| 1 | 1,33E-05 | 47,9 | 30,9 |
| 2 | 1,33E-05 | 47,9 | 28,5 |
| 3 | 1,74E-05 | 62,5 | 25,4 |
| 4 | 2,23E-05 | 80,2 | 18,9 |
| 18 | 5,22E-06 | 18,8 | 36,5 |
| 19 | 1,62E-05 | 58,3 | 24 |
| 20 | 3,19E-06 | 11,5 | 34,1 |
| 21 | 5,78E-06 | 20,8 | 36 |
| 22 | 4,64E-06 | 16,7 | 37 |
| 45 | 1,45E-05 | 52,1 | 6 |
| 62 | 4,69E-06 | 16,9 | 36,5 |
| 63 | 4,06E-06 | 14,6 | 35,2 |
| 74 | 4,06E-06 | 14,6 | 37 |
| 75 | 3,47E-06 | 12,5 | 32,8 |
| 87 | 7,53E-06 | 27,1 | 33 |
| 99 | 4,06E-06 | 14,6 | 38,5 |
| 105 | 1,04E-05 | 37,5 | 26 |
| 106 | 2,25E-06 | 8,1 | 43,9 |
| 107 | 6,03E-06 | 21,7 | 32,6 |
| 118 | 5,22E-06 | 18,8 | 38 |
| 132 | 3,47E-06 | 12,5 | 41,5 |
| 133 | 1,33E-05 | 47,9 | 30,5 |
| 136 | 5,78E-06 | 20,8 | 26,8 |
| 139 | 9,42E-06 | 33,9 | 23,3 |
| 141 | 2,34E-05 | 84,4 | 17,2 |
| 142 | 1,31E-05 | 47,1 | 26,7 |
| 143 | 5,78E-06 | 20,8 | 31,5 |
| 144 | 2,61E-06 | 9,4 | 6,2 |
| 147 | 2,25E-06 | 8,1 | 41,4 |
| 149 | 9,25E-06 | 33,3 | 30 |
| 151 | 4,58E-06 | 16,5 | 30,1 |
| 159 | 5,78E-06 | 20,8 | 51 |
| 160 | 5,92E-06 | 21,3 | 52,1 |

Tabelle 21: Bodenarten in Gebiet des Roßbachs und deren Eigenschaften

Abflusskonzentration

Die auf Flächenebene abgebildeten ober – und unterirdische Abflusskomponenten (Urbanabfluss, nat. Abfluss, Direktinterflow, Basisabfluss) werden jeweils für die Teileinzugsgebietsebene summiert und in Hydrograph umgesetzt (s. Kapitel 3.4.1). Für das hydrologische Modell des Roßbachs wurden die Abflusskonzentrationsparameter (Anzahl der Speichers, N und Speicherkonstante, K) durch ein manuelles Anpassungsverfahren kalibriert. Tabelle 22 fasst Abflusskonzentrationsparameter für die 89 Teileinzugsgebiete im Gebiet des Roßbachs zusammen.

| Abflusskomponent | Parameter | Minimal | Mittelwert | Maximal |
|---|-----------|---------|------------|---------|
| Urbanabfluss (von befestigten Flächen) | K [hr] | 2,3 | 8,3 | 24,4 |
| | N [-] | 2,0 | 2,0 | 3,0 |
| Natur Abfluss (von unbefestigten Flächen) | K [hr] | 0,2 | 9,7 | 31,0 |
| | N [-] | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Direktinterflow | K [hr] | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| | N [-] | 24,0 | 24,0 | 24,0 |
| Interflow | K [hr] | 0,5 | 6,8 | 40,0 |
| Basisfluss | K [hr] | 48,0 | 1163,3 | 3720,0 |

Tabelle 22: Durchschnittliche Abflusskonzentrationsparameter im Gebiet des Roßbachs

Fließgewässer

Das Entwässerungssystem im Gebiet besteht aus einem 22,5 km langen Gewässernetz, das in dem Modell durch 41 repräsentative Profile dargestellt wird. Abbildung 17 zeigt die Lage der Gewässerprofile auf. Die morphologischen Parameter (Gefälle, Rauigkeit) der Fließgewässer wurden durch ein manuelles Anpassungsverfahren ermittelt.

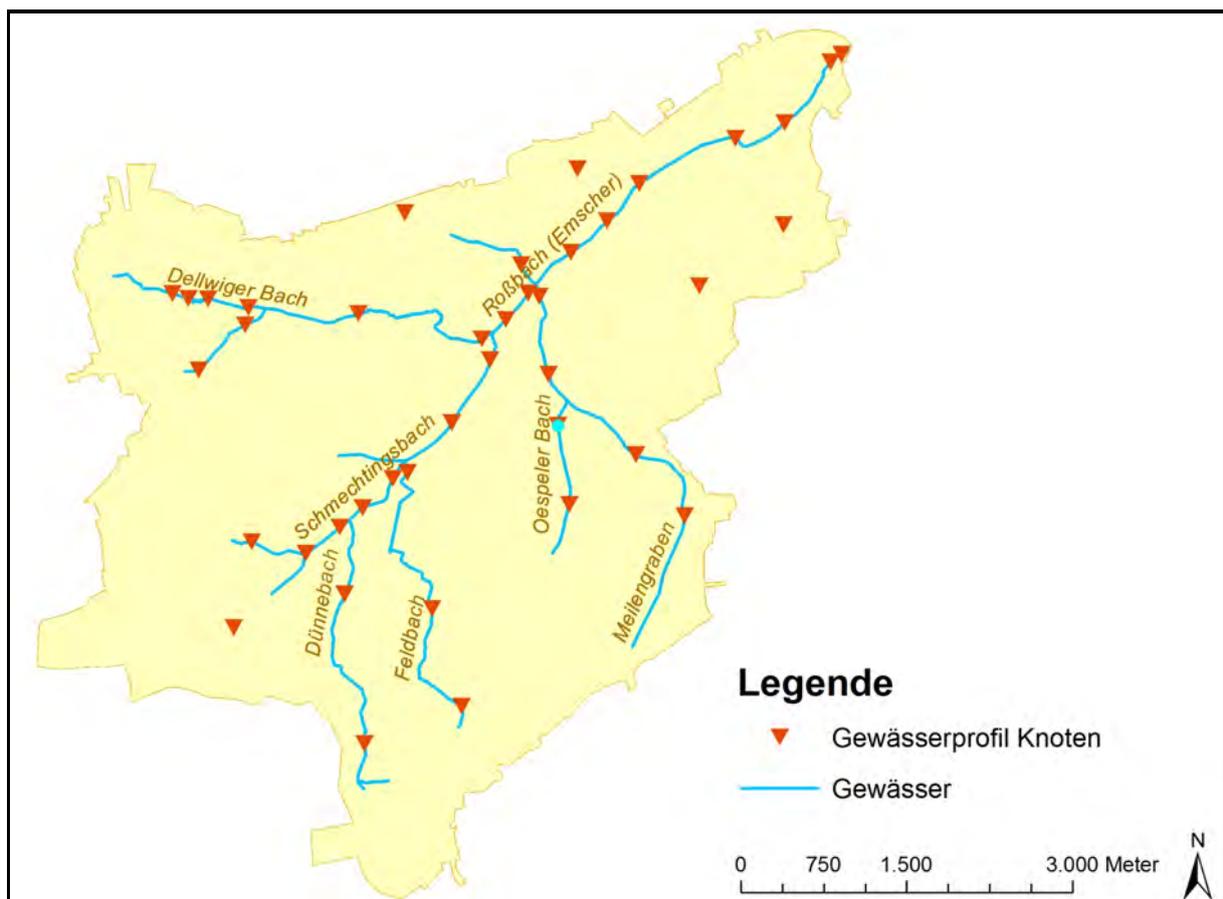


Abbildung 17: Lage der Gewässerprofile

Siwawi Anlagen

Abbildung 13 zeigt die Übersicht der bestehenden siedlungswasserwirtschaftlichen Anlagen (RRB, SKU, SKO) und Pumpwerke im Gebiet des Roßbachs. Die Kenngröße sind in Tabelle 23 aufgelistet.

| Name | Typ | Volumen [m ³] | Q _D [l/s] |
|---------------|----------|---------------------------|----------------------|
| B12892B628 | RRB | 1000 | 40 |
| B15262Bk17 | RRB | 14000 | 566 |
| B12601Bm20 | RRB | 4000 | 1045 |
| 6.13 | RRB | 50000 | 950 |
| B12601RRB623 | RRB | 19000 | 440 |
| 3035 | RRB | 3653 | 225 |
| B1 | RRB | 743 | 291,31 |
| 3125 | RRB | 705 | 225 |
| 6.16 | RRB | 2700 | 523 |
| 6.18 | RRB | 5132 | 9000 |
| 6.10 | HRB | 100000 | 1200 |
| 6.12 | HRB | 69369 | 440 |
| 6.11 | HRB | 125000 | 10500 |
| B12892B627 | SKU | 3826,000 | 170 |
| B12892B629 | SKU | 5148,000 | 190 |
| B10542B630 | SKU | 2237,000 | 100 |
| B12602B632 | SKU | 3427,000 | 120 |
| B12762B633 | SKU | 276,000 | 20 |
| B12762B635 | SKU | 260,000 | 70 |
| B12762B636 | SKU | 2611,000 | 40 |
| B12602B631 | SKU | 369,000 | 30 |
| B12762B634 | SKO | 135 | 10 |
| P12601PW604_B | Pumpwerk | - | 4500 |
| P12601PW604_C | Pumpwerk | - | 440 |

Tabelle 23: Bemessungsdaten für die zentrale RWB Anlagen im Gebiet des Roßbachs

Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Die dezentralen naturnahen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (nRWB-Maßnahmen) werden entsprechend der vorgeschlagenen Abkoppelungsszenarien (s. Kapitel 6.3) Mulden, Mulden-Rigole-Elemente, Mulden-Rigole-Systeme und Ableitungsmaßnahmen in das Modell (Planungszustand) implementiert (s. Kapitel 6.4).

Eingangszeitreihen

Für die Simulation der künftigen Abflüsse mit den projizierten Niederschlagsdaten wurden die CLM Niederschlagsdaten durch ein statistisches Downscaling-Verfahren räumlich von 20 km x 20 km auf 1 km x 1 km (insgesamt 70 Kacheln) und zeitlich von einem Tag auf 5 Minuten aufgelöst [8],[9]. In Tabelle 24 sind die gesamten verfügbaren Klimadaten zusammengefasst.

| Daten | Auflösung | | Datensatz | Zeitraum |
|--------------|---------------|----------|-----------------|---|
| | Räumlich | Zeitlich | | |
| Niederschlag | 3 Stationen | 5 min | Messdaten | 1961 - 1990 (Referenzzeitraum) |
| | 1 km x 1 km | 5 min | CLM 1 und CLM 2 | 1961 - 1990 (Referenzzeitraum) 2021 - 2050 (nahe Zukunft) 2071 - 2100 (ferne Zukunft) |
| Verdunstung | 1 Station | 1 Tag | Messdaten | 1961 - 1990 (Referenzzeitraum) |
| | 20 km x 20 km | 1 Tag | CLM 1 und CLM 2 | 1961 – 2100 |
| Temperatur | 1 Station | 1 Tag | Messdaten | 1961 - 1990 (Referenzzeitraum) |
| | 20 km x 20 km | 1 Tag | CLM 1 und CLM 2 | 1961 – 2100 |

Tabelle 24: Zusammenfassung der verfügbaren Klimadaten

In Abbildung 18 ist die Lage der drei Niederschlagsstationen und der Schwerpunkt der 70 Kacheln, die im HGM verwendet werden, dargestellt. Für die Simulationen mit den Messdaten wurden die vorhandenen drei Niederschlagsstationen verwendet. Für die Simulationen mit den projizierten Klimadaten wurden die 70 Kacheln der verschiedenen Betrachtungszeiträume verwendet. Für die Parameter Verdunstung und Temperatur ist nur eine Zeitreihe verfügbar. Diese wurde für alle Teileinzugsgebiete verwendet.

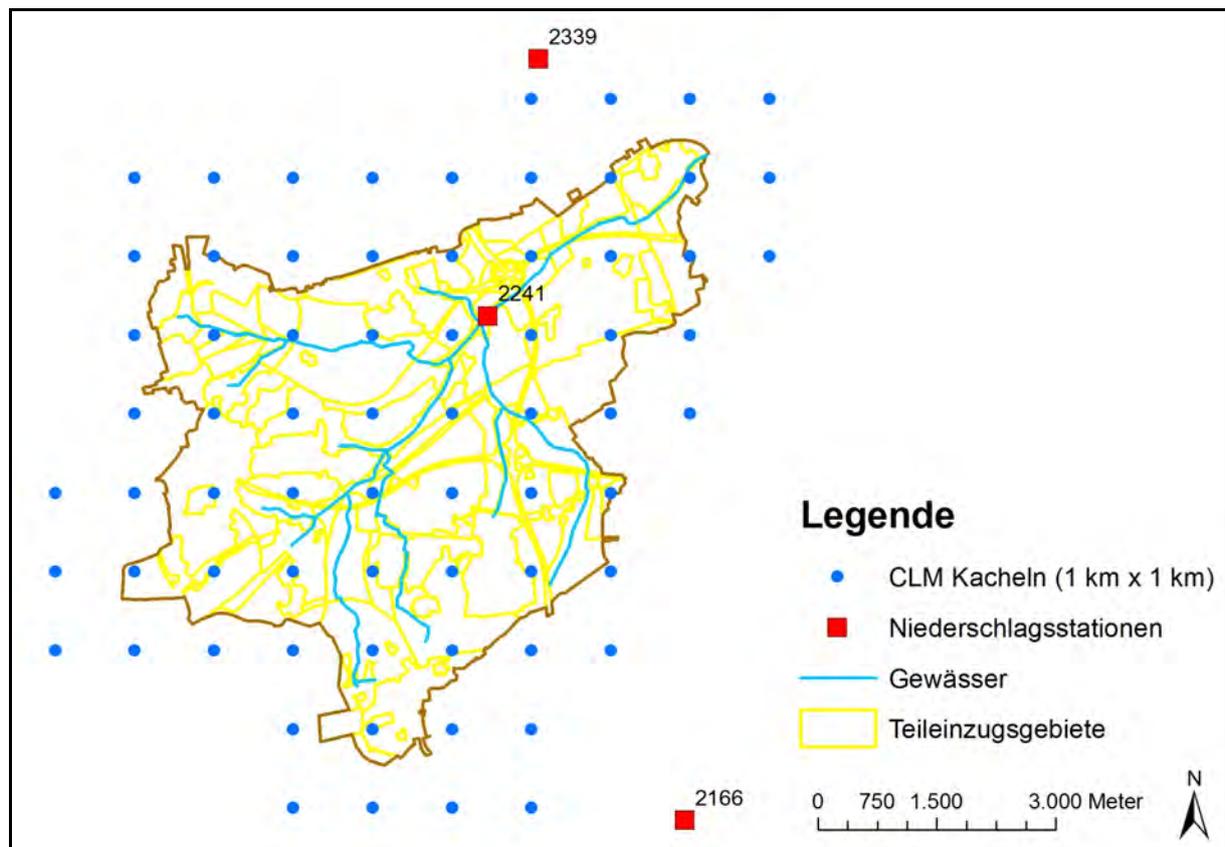


Abbildung 18: Niederschlagsstationen und CLM-Kacheln im HGM

5.2 Gemeinde Bönen

5.2.1 Lage und Abgrenzung des Untersuchungsgebietes

Die Gemeinde Bönen liegt nordöstlich von Dortmund im Randbereich des Ruhrgebiets im Übergang zum Münsterland. Das gesamte Gemeindegebiet umfasst eine Fläche von 3.807 ha. Hierin sind sowohl ausgedehnte landwirtschaftliche Flächen außerhalb des Ortes als auch ein neues Gewerbegebiet im Nordosten des gewachsenen Ortes enthalten, die nicht zum Untersuchungsgebiet gehören. Dieses umfasst das eigentliche Siedlungsgebiet und ist in Abbildung 19 in rot abgegrenzt ist. Mit 373,8 ha Größe und einem Befestigungsgrad von 45% ist das Untersuchungsgebiet Bönen trotz seiner ländlichen Lage und Baustruktur (s. Nutzung) höher verdichtet als das Gesamt-Einzugsgebiet des Roßbachs.

In den folgenden Abschnitten sind die wesentlichen Eigenschaften des Untersuchungsgebietes sowie die maßgeblichen Randbedingungen für die heutige und mögliche zukünftige Entwässerungsverfahren näher beschrieben.

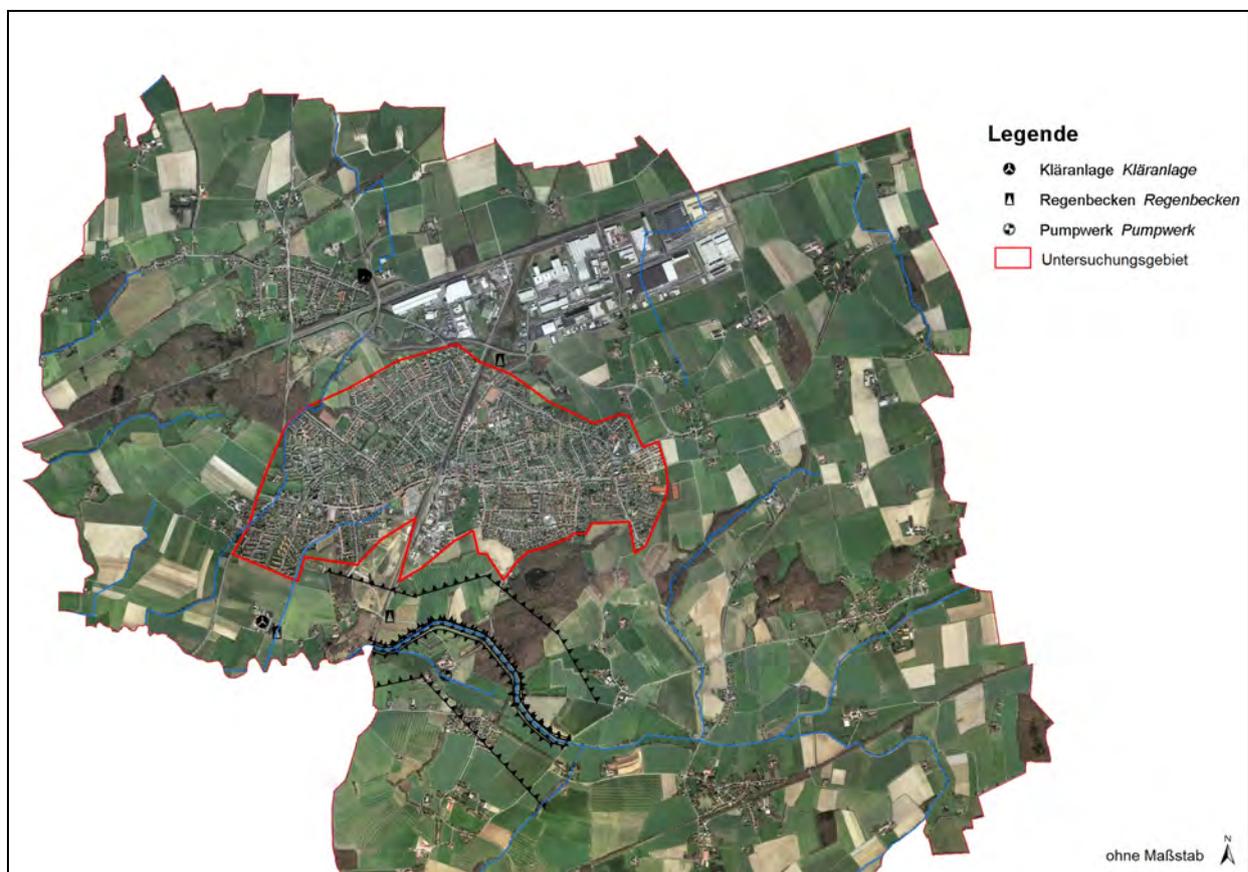


Abbildung 19: Untersuchungsgebiet Bönen, Luftbild mit Gewässern und Anlagen des Lippeverbandes

5.2.2 Gebietsmerkmale

Klima

Das Klima Bönen ist vorwiegend maritim geprägt. Stadtklimatisch ist auch dieser Planungsraum frei von extremen klimatischen Belastungen und größeren Emittenten. Durch die ausgedehnten größeren Freiflächen an den Siedlungsrändern treten Freilandklimata mit ungestörtem extremem Temperatur- und Feuchteverlauf auf, die für gute Durchlüftung des Siedlungsbereichs sorgen.

Geologie und Böden

Das Stadtgebiet von Bönen liegt am Nordrand der **naturräumlichen Einheit** der Wittener Mulde. Das Deckgebirge dieses Landschaftsraums auf der Nordseite des Haarstrangs wird flächig von mächtigen (100 – 250 m) Schichten des Emschermergels gebildet (Kreidemergel der Oberkreide).

Die ältesten **geologischen Schichten** im Untersuchungsraum stammen aus dem Oberkarbon (320 - 285 Mio. Jahre). Die überlagernden quartären, flözführenden Deckschichten bestehen überwiegend aus tonigen, schluffigen Sanden und feinsandigen Lehmen, deren Mächtigkeit nach Süden hin zunimmt.

Über dem Karbon finden sich diskordante Schichten aus der Oberkreide (115 - 65 Mio. Jahre) aus Mergel und Kalksandsteinen. Das gesamte Gebiet ist von einer für diesen Naturraum charakteristischen, 2 - 5 m (in Mulden bis 10 m) mächtigen Lößauflage aus dem Pleistozän (1 Mio. - 10.000 Jahre) bedeckt, die auf der Kreidedeckschicht aufliegt.

Das natürliche **Relief** im Untersuchungsraum ist leicht wellig. Insgesamt hat das Untersuchungsgebiet ein leichtes Gefälle nach Südwesten, wird dabei aber von einem leichten Tal in Nord-Süd-Richtung zentral durchzogen.

Die vorherrschenden **Landschaftseinheiten** bestehen aus tonigen, schluffigen Sanden und feinsandigen Lehmen mit einer Schichtdicke von meist mehreren Metern. Der Geologie entsprechend herrschen ebene bis leicht geneigte Lößgebiete mit mächtiger Lößauflage vor.

Die vorherrschenden **Böden** sind Pseudogley-Parabraunerden (sL31) und Pseudogleye (S21), die sich aus diesen Lößablagerungen gebildet haben. Dabei handelt es sich im überwiegenden Teil des Untersuchungsgebietes um tonige Lehmböden mit meist hoher Sorptionsfähigkeit sowie geringer nutzbarer Wasserkapazität bei ebenfalls geringer Wasserdurchlässigkeit. Er ist allgemein gleichermaßen empfindlich gegenüber Bodendruck und Austrocknung. Beide Böden sind mit Bodenzahlen von 50 – 65 (sL31) bzw. 40 – 55 (S21) recht ertragsfähige Böden.

In weiten Bereichen des Plangebietes sind die natürlichen Böden nicht mehr anzutreffen, sondern durch Siedlungstätigkeit verändert oder von künstlichen Aufschüttungen teils aus Mineralboden, teils aus Bergematerial des Steinkohlenbergbaus überlagert [6].

Grundwasser

Da die Verwitterungszone des Mergels meist einen Staunässehorizont ausbildet, treten in den überlagernden Schluffen in Abhängigkeit vom Sandgehalt mehr oder weniger ausgeprägte Schichtenwasserzutritte auf. Insbesondere im Norden des Untersuchungsgebietes finden sich ausgeprägte Festgesteinszonen, die ebenfalls wasserstauend wirken. Die Grundwasserflurabstände sind im gesamten Untersuchungsgebiet überwiegend gering. In 17,7% des Gebietes finden sich Grundwasserflurabstände unter 1,5 m, die eine Versickerung grundsätzlich ausschließen und bei der Erstellung der Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte unabhängig von den anderen einflussnehmenden Parametern zu der Kategorie „keine Versickerung in situ“ führen. 33,2% des Untersuchungsgebietes weisen Grundwasserflurabstände zwischen 1,5 m und 2,5 m auf, so dass eine Versickerung entweder in flachen oberirdischen Anlagen oder in Kombination mit einer Grundwasserbewirtschaftung möglich ist. Auf den verbleibenden 48,1% der Fläche stellen die Grundwasserflurabstände kein einschränkendes Kriterium für die Regenwasserbewirtschaftung dar.

Oberflächengewässer

Das Untersuchungsgebiet ist insgesamt arm an Oberflächengewässern. Im westlichen Randbereich verläuft von Nord nach Süd der Pippingsgraben, der im weiteren Verlauf außerhalb des Untersuchungsgebietes in die Seseke mündet. Etwas weiter östlich befindet sich der ebenfalls zur Seseke fließende Rexebach. Südlich des Ortskerns befindet sich an der Oststraße zudem ein kleineres Stillgewässer, der mit einem Überlauf an den heutigen Beginn des Rexebachs angeschlossen ist.

Wasser- und Landschaftsschutzgebiete

Im Untersuchungsgebiet befinden sich keine Wasser- oder Landschaftsschutzgebiete.

Altlasten

Altlastenverdachtsflächen oder Flächen mit bekannten Altablagerungen sind im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden. Dennoch sind aufgrund der intensiven Siedlungs- und Bautätigkeiten nur noch in Ausnahmefällen die natürlich vorkommenden Böden anzutreffen (s. Geologie und Böden).

Nutzung

Da das Untersuchungsgebiet auf den eigentlichen Siedlungsbereich Bönens begrenzt ist, weist es nahezu keine **land- und forstwirtschaftlichen Flächen** auf. Zwei größere als Parkflächen gestaltete Grünanlagen befinden sich im Westen sowie im Südosten am Übergang zur freien Landschaft. Daneben gibt es einige linienförmige Gehölzbestände an der Bahntrasse sowie im Westen wiederum an den Übergangsbereichen zur freien Landschaft.

Durch die von Norden nach Süden verlaufende **Bahntrasse** und die von Westen nach Osten verlaufende Haupteerschließungsstraße (Bahnhofstraße) wird das Gebiet in vier Bereiche unterteilt. Die vorherrschende Nutzung im gesamten Untersuchungsgebiet sind **Wohnbauflächen** unterschiedlicher Baustruktur (inkl. der dazugehörigen Erschließungsstraßen). Insbesondere in den Randbereichen überwiegen dabei Ein- und Zweifamilienhäuser lockerer Bauweise. Teilweise handelt es sich hierbei um alte Zechensiedlungen mit großen Grundstücken. Die Siedlungsbereiche im Nordwesten sind neueren Datums und weisen deutlich kleinere Grundstücke auf. Im Südwesten am Hellweg sowie im Nordosten im Bereich der Goethestraße befinden sich Straßenzüge mit Mietwohnungsbau in Zeilenbauweise, die ebenfalls ausgedehnte Grünflächen aufweisen.

Entlang der Bahnhofstraße sowie im Süden östlich der Bahntrasse finden sich verschiedene **Einzelhandels- und Kleingewerbebetriebe**. Bis zum Bau des **Einkaufszentrums** am Kreuzungspunkt der o.g. Haupttrassen befand sich entlang der Bahnhofstraße die funktionale Ortsmitte.

Im Südosten befinden sich in Teilbereichen noch dörfliche Strukturen mit einerseits großen Gehöften, andererseits beengten Verhältnissen im Straßenraum aufgrund der später entstandenen Baustrukturen. **Gemeinbedarfseinrichtungen** wie Schulen, Kirchen und Kindergärten verteilen sich über das gesamte Untersuchungsgebiet. An größeren Flächen sind hier die Schulen an der Woortstraße sowie an der Bahnhofstraße im Südosten und der Komplex aus Gymnasium, Realschule, Sportanlage, Hallenbad und Bücherei im Bereich zwischen der Pestalozzistraße und der Mulsanner Straße zu nennen. Östlich der Bahntrasse befinden sich der städtische Bauhof sowie die Feuerwehr. Im Südosten sowie im Nordwesten befindet sich zudem je ein Friedhof. Eine Übersicht über die Nutzung des Untersuchungsgebietes gibt Abbildung 20. Die Anteile der Flächennutzungen sind in Tabelle 25 zusammengefasst.

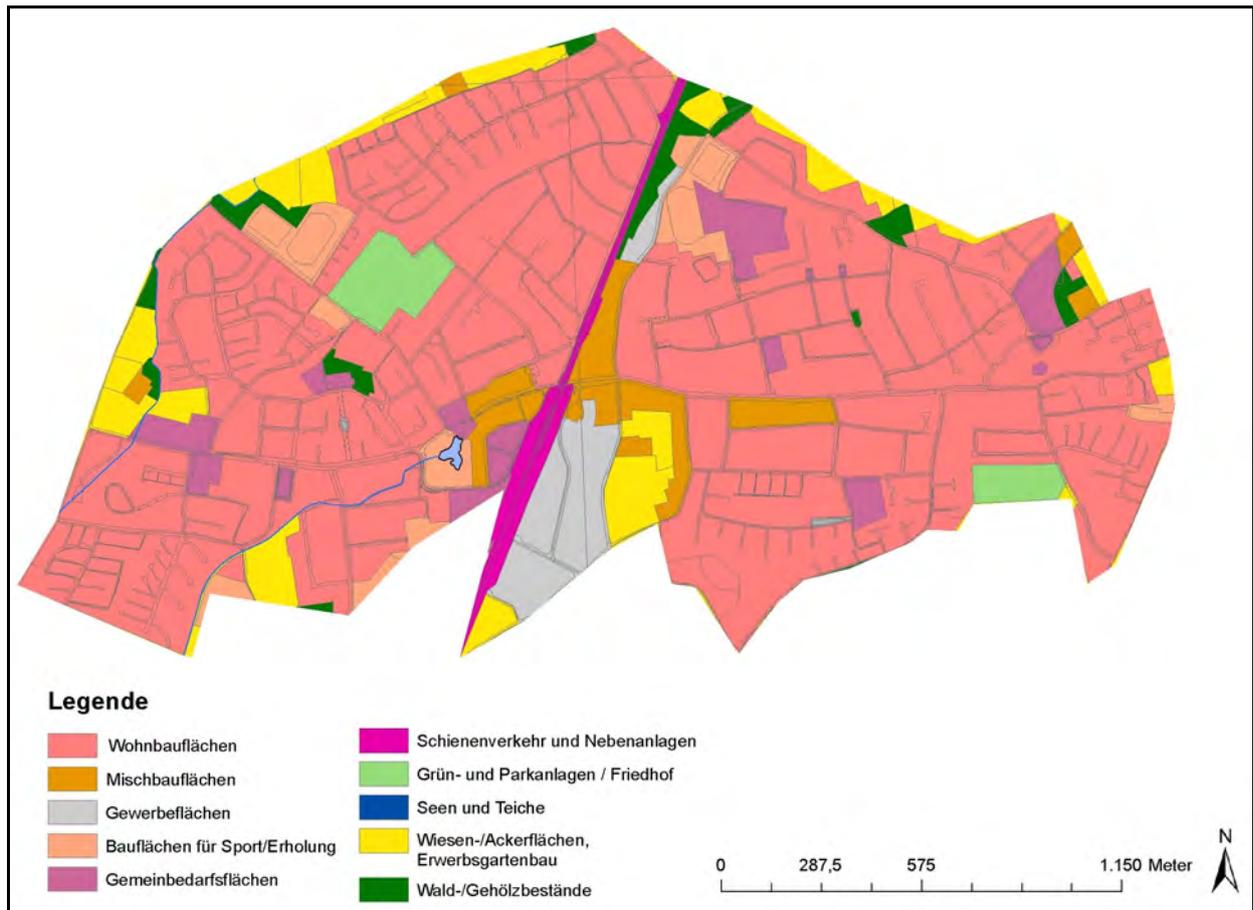


Abbildung 20: Untersuchungsgebiet Bönen, Realnutzungskartierung

| Nutzungstyp | Anteil [%] |
|--|------------|
| Wohnbauflächen | 70 |
| Mischbauflächen | 4 |
| Gewerbeflächen | 4 |
| Bauflächen für Sport und Erholung | 4 |
| Gemeinbedarfsflächen | 6 |
| Schienenverkehr und Nebenanlagen | 2 |
| Grün- und Parkanlagen / Friedhof | 1 |
| Wasserflächen | 0 |
| Wiesen-/Ackerflächen, Erwerbsgartenbau | 7 |
| Wald-/Gehölzbestände | 2 |

Tabelle 25: Anteile der Nutzungstypen

Abflusswirksame Flächen

Das 373,8 ha große Untersuchungsgebietes ist bis auf kleine Grünflächen vollständig kanalisiert und mit 169,5 ha zu 45,3% befestigt. Tabelle 26 gibt eine Übersicht über die Verteilung der befestigten Flächen auf die Flächentypen „Dach (OS = 2100)“, „öffentliche Verkehrsfläche (OS = 2200)“, „private saubere Fläche (OS = 2300)“ und „private schmutzige Fläche (2400)“.

| OS | 2100 | 2200 | 2300 | 2400 | Summe |
|--------------------------|------|------|------|------|-------|
| Fläche [m ²] | 66,7 | 47,3 | 21,7 | 33,8 | 169,5 |
| Fläche [%] | 39,3 | 27,9 | 12,8 | 20,0 | 100,0 |

Tabelle 26: Befestigte Flächen im Untersuchungsgebiet Bönen

Der Anteil der Verkehrsflächen an den abflusswirksamen Flächen ist somit in derselben Größenordnung wie im Roßbachgebiet (28,1%) und liegt damit auch über dem Durchschnitt des gesamten Emschergebietes. Dieser hohe Anteil entsteht vornehmlich durch die geringen Grundstücksgrößen in den neueren Baugebieten, die einen hohen Anteil an Erschließungsstraßen bedingen. Der Anteil an „sauberen“ Flächen ist mit 12,8% fast doppelt so hoch wie im Roßbach-Gebiet (6,9%), was auf den geringen Anteil an gewerblich genutzten Flächen im Bönener Untersuchungsgebiet zurückzuführen ist.

Bestehendes Entwässerungssystem und wasserwirtschaftliche Anlagen

Die Abwasserableitung der kanalisierten Flächen des Untersuchungsgebietes erfolgt fast ausschließlich im Mischsystem. Eine Trennkanalisation ist lediglich in nicht relevanten kleineren Neubaugebieten vorhanden. Maßnahmen zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung finden sich vereinzelt auf privaten Grundstücken.

Das gesamte Untersuchungsgebiet gehört zum Einzugsgebiet der Kläranlage Bönen-Rexebach am Südwestrand des Bönener Gemeindegebietes (vgl. Abbildung 19). Zur Regenwasserbehandlung befinden sich zwei Stauraumkanäle mit unten liegender Entlastung. Das Einzugsgebiet des SKU Rexebach umfasst das Untersuchungsgebiet westlich der Bahn sowie entlang der Bahnhofstraße; die übrigen kanalisierten Flächen entwässern zum SKU Randsammler Ost. In diesen Stauraumkanal mündet z.Z. noch der Drosselabfluss des oberhalb liegenden RRB Rexebach, dem die Abflüsse eines nördlich des Untersuchungsgebietes befindlichen im Trennsystem entwässernden Gewerbegebietes zufließen. Dieser Drosselabfluss soll zukünftig ebenfalls entflochten und über einen neuen Regenwasserkanal zur Seseke abgeleitet werden. Die relevanten Daten der beiden Stauraumkanäle sind in Tabelle 27 zusammengestellt.

| Bezeichnung | VOLUMEN (m ³) | Q _D [l/s] | A _{EK} [ha] |
|---------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SKU Rexebach | 3350 | 55 | 158,5 |
| SKU Randsammler Ost | 2250 | 230 | 220,4 |

Tabelle 27: Regenwasserbehandlungsanlagen des Untersuchungsgebietes Bönen

Bewirtschaftungsarten

Auch im Untersuchungsgebiet Bönen wird für einen Großteil der Flächen (48,7%, vgl. Tabelle 28) die Bewirtschaftungsart „keine Versickerung in situ“ ausgewiesen. Anders als im Roßbach-Gebiet liegt die Ursache hier nur in Teilen in einer geringen Bodenmächtigkeit (Steinart „F“ oder „L über F“); auch die Grundwasserflurabstände sind mit weniger als 1,5 m häufig nicht für die Versickerung zusätzlicher Abflüsse geeignet.

Die Kategorie „nur Muldenversickerung“, die ebenfalls ein Hinweis auf geringe Grundwasserflurabstände, aber in Kombination mit größermächtigen Lockergesteinsschichten ist, macht in diesem Gebiet lediglich 8,0% aus und findet sich in zwei Bereichen im Nordwesten und Südosten. „Keine Flächenversickerung“ wird für 23,0% der Fläche ausgewiesen; diese Bereiche befinden sich in einem von West nach Ost verlaufenden Streifen südlich der Hauptverkehrswege.

Die Kategorie „Speicherung, Ableitung und GW-Bewirtschaftung erforderlich“ ist aufgrund der in weiten Teilen hohen Grundwasserstände auf 18,7% der Flächen anzutreffen, insbesondere im Bereich der mit „keine Flächenversickerung“ ausgewiesenen Bereiche und umfasst zum überwiegenden Teil Wohnbauflächen, aber auch Gewerbeflächen und einige öffentliche Gebäude.

| Bewirtschaftungsart | Anteil [%] |
|--|------------|
| alle RWB, Bodenprüfung erforderlich | 1,6 |
| nur Muldenversickerung | 8,0 |
| keine Flächenversickerung | 23,0 |
| Speicherung, Ableitung und GW-Bewirtschaftung erforderlich | 18,7 |
| keine Versickerung in situ | 48,7 |

Tabelle 28: Anteile der Bewirtschaftungsarten im Untersuchungsgebiet Bönen (angegeben sind nur die tatsächlich vorkommenden Bewirtschaftungsarten)

Lediglich für die verbleibenden 1,6% des Einzugsgebietes weist der Zusatz „Bodenprüfung erforderlich“ auf eine anthropogene Überformung des ursprünglichen Bodens hin, die eine Einschätzung der heutigen Eigenschaften und damit der möglichen Bewirtschaftungsarten aufgrund des üblichen verwendeten Datenmaterials (s. Kapitel 3.1) nicht hinreichend verlässlich erlaubt. Dies betrifft einen kleinen Bereich westlich der Bahntrasse im Umfeld der ehemaligen Zechenanlagen, der keine nennenswerte Bebauung aufweist und daher bei der Entwicklung möglicher Abkopplungsszenarien von geringer Relevanz ist.

Insgesamt ist festzustellen, dass die geogenen Voraussetzungen für Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung im Einzugsgebiet auch im Untersuchungsgebiet Bönen nicht besonders günstig sind. Bei der Entwicklung und Anwendung der Szenarien (s. Kapitel 6.2) muss diesen Umständen Rechnung getragen werden. Die grafische Auswertung der Bewirtschaftungsarten des Untersuchungsgebietes Bönen ist in Abbildung 21 dargestellt.

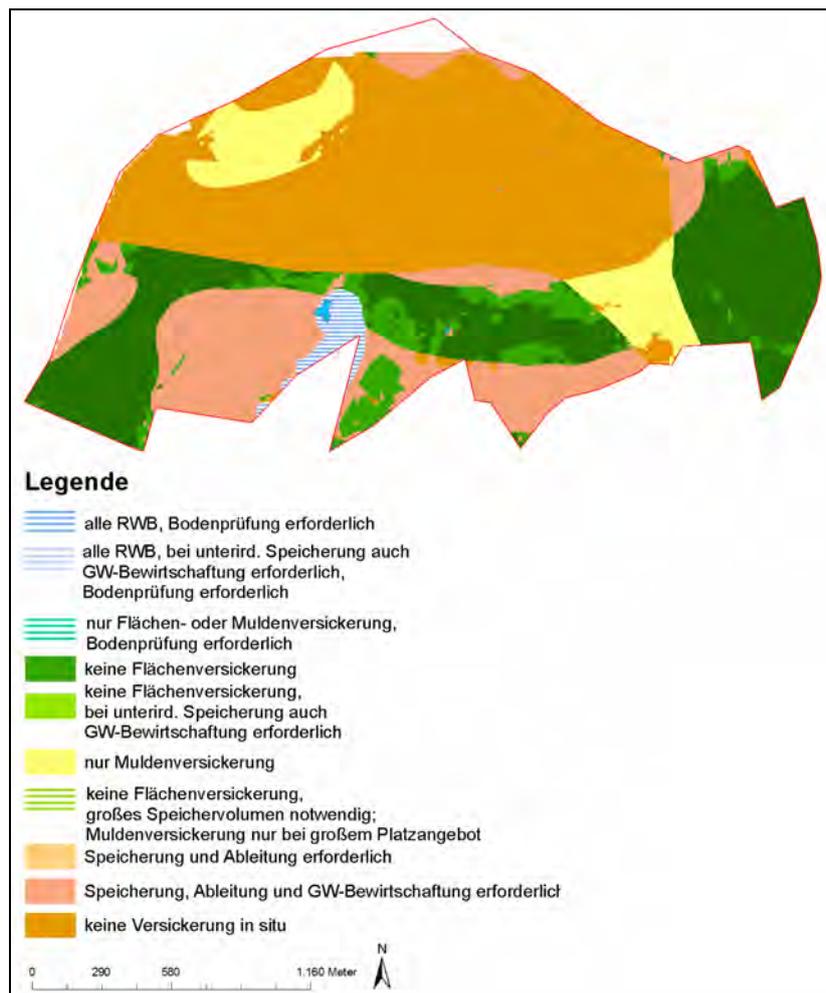


Abbildung 21: Untersuchungsgebiet Bönen, Bewirtschaftungsartenkarte

Abkopplungspotenzial

Die Wohnbauflächen dominieren mit 70% der Untersuchungsgebietsfläche die Flächennutzung (vgl. Tabelle 25). Hierbei sind nahezu alle denkbaren Grundstückszuschnitte mit entsprechend unterschiedlichem siedlungsstrukturellem Abkopplungspotenzial vertreten. Tendenziell sind dabei Straßenzüge mit neuerer Bebauung aufgrund der kleineren Grundstücke und des stärkeren Nutzungsdrucks schlechter bewertet als ältere Viertel. Insbesondere die Zechensiedlungen im Nordosten zeichnen sich durch hohes Abkopplungspotenzial aus.

Entlang der West-Ost-Straßenachse ist größtenteils geringes Abkopplungspotenzial anzutreffen, dies korreliert überwiegend mit der Nutzung als Gewerbe- und Mischbauflächen.

Im Trennsystem entwässerte Flächen, Flächen ohne Kanalisation sowie Schienen- und Verkehrsflächen sind aus der Betrachtung ausgenommen. Da allein auf die Verkehrsflächen 29,9% der Flächen des Untersuchungsgebietes entfallen, stellen diese Flächen wie im Roßbach-Einzugsgebiet einen immens wichtigen Faktor bei der Betrachtung möglicher Modifikationsszenarien dar (s. Kapitel 6.2).

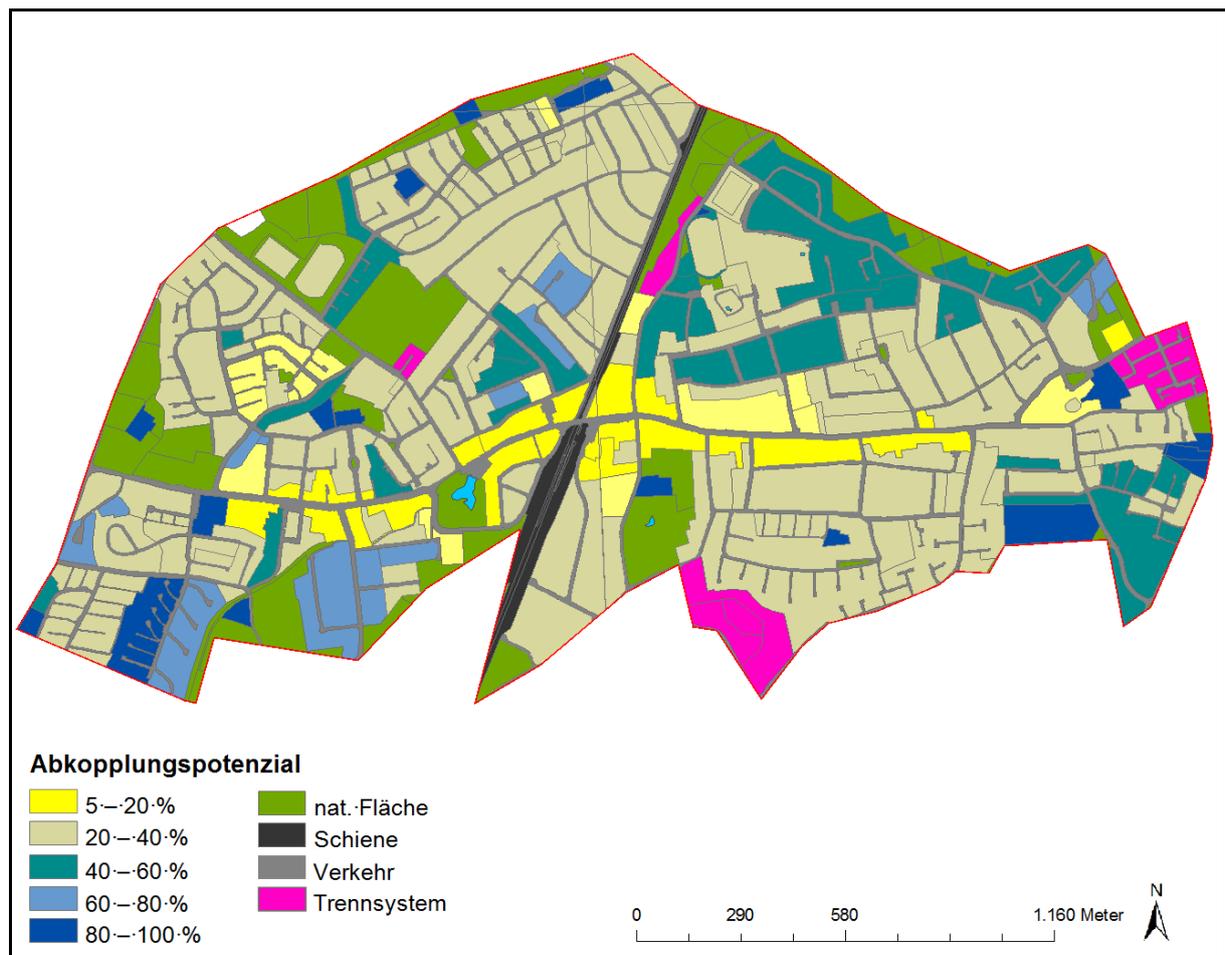


Abbildung 22: Untersuchungsgebiet Bönen, langfristiges Abkopplungspotenzial

6 Abkopplungsszenarien in den Modellgebieten

In Kapitel 4 wird das breite Spektrum von Maßnahmen zur Abkopplung befestigter Flächen und zur naturnahen Regenwasserbewirtschaftung erörtert. Der Aufwand zur Umsetzung einer Maßnahme und das zugehörige Abkopplungspotenzial sind von Gebiet zu Gebiet sehr unterschiedlich. Die Auswahl eines Abkopplungsszenarios für ein Gebiet sollte daher stets die praktische Umsetzbarkeit und das mit der vorgesehenen Maßnahme erreichbare Abkopplungspotenzial berücksichtigen. Wie die Regenwasserbewirtschaftungsartenkarte zeigt, sind oft mehrere Möglichkeiten zur Abkopplung einer befestigten Fläche denkbar, und auf Grund der befestigten Flächen die durch mehreren Maßnahmen abgekoppelt werden können, die Wahl eines Verfahrens hat Einfluss auf den erreichbaren Abkopplungsgrad anderer Verfahren. Deshalb müssen die Abkopplungsszenarien auf Basis des Gesamt-Abkopplungsgrad zusätzlich zum individuellen Abkopplungsgrad der einzelnen Maßnahme gewählt werden.

Daher wird zunächst für beide Untersuchungsgebiete für alle Abkopplungsszenarien (s. Kapitel 4) einzeln der mögliche Abkopplungsumfang ermittelt. Die Festlegung von Prioritäten erfolgt dann nach der hiermit ermittelten wasserwirtschaftlichen Relevanz der Szenarien sowie dem hierzu notwendigen Aufwand.

6.1 Szenarien für das Roßbachgebiet

In Tabelle 29 ist der Anteil der durch dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (s. Kapitel 4) abkoppelbaren befestigten Fläche aufgeführt. Das Mulden-Rigolen-Element (MRE) weist mit über 18% den größten individuellen Abkopplungsgrad auf, gefolgt vom Mulden-Rigolen-System (MRS) mit 9%, direkter Ableitung des Abflusses von gewerblichen Gebäuden (GEWERBE_ABL, 7%) bzw. der Straßen (STR_ABL, 4,7%) in einem 100 m-Streifen entlang der Gewässer.

| Maßnahme | | abkoppelbare bef. Fläche [ha] | Abk. Grad [%] |
|----------------|-------|-------------------------------|---------------|
| MULDE | BASIC | 28,3 | 3,3% |
| MRE | | 156,3 | 18,3% |
| MRS_ABL | | 74,7 | 8,7% |
| GEWERBE_ABL | | 60,5 | 7,1% |
| STR_ABL | | 39,8 | 4,7% |
| WOHN_ABL | | 32,3 | 3,8% |
| GEWERBE_NUTZ | | 14,2 | 1,7% |
| PUBLIC_ABL | | 5,5 | 0,6% |
| GEWERBE_UEBERL | | 30,9 | 3,6% |
| PRIVAT_NUTZ | | 16,2 | 1,9% |
| PRIVAT_ABL | | 10,1 | 1,2% |
| PUBLIC_DACH | | 3,8 | 0,4% |

Tabelle 29: Abkopplungsgrade der möglichen Abkopplungsmaßnahmen für das Roßbachgebiet (gesamt befestigte Fläche 827,8 ha)

Bei der Entwicklung des naturnahen Regenwasserbewirtschaftungskonzepts für das Gebiet wurden verschiedene mögliche Kombinationen der Abkopplungsmaßnahmen untersucht, die Retentions- und Versickerungsmaßnahmen (Mulde, MRE, MRS) ebenso beinhalten wie die direkte Ableitung des Regenabflusses befestigter Flächen. Ausgehend von ihrem gesamten Abkopplungspotenzial und ihrer Umsetzbarkeit im Roßbach-Gebiet wurden die sechs Abkopplungsszenarien gem. Tabelle 30 als priorisiert ausgewählt.

| Priorität | Beschreibung der Maßnahme | Abkopplungspotenzial | Gesamt Abkopplungspotenzial |
|-----------|--|----------------------|-------------------------------|
| 1. | Versickerung (Mulden, Mulden-Rigolen-Elemente und Mulden-Rigolen-Systeme) | 19,6% | 19,6% (Abkopplungsszenario 1) |
| 2. | Ableitung ins Gewässer: sämtliche Dachflächen von Gewerbebetrieben innerhalb eines 50m-Buffers um die Gewässer | 4,6% | 24,2% (Abkopplungsszenario 2) |
| 3. | Ableitung ins Gewässer: sämtliche Wohnstraßen innerhalb eines 100m-Buffers um die Gewässer | 4,6% | 28,8% (Abkopplungsszenario 3) |
| 4. | Ableitung ins Gewässer: sämtliche befestigte Flächen (Dach-Wege) der Wohnbebauung innerhalb des 50m-Buffers um die Gewässer | 0,6% | 29,4% (Abkopplungsszenario 4) |
| 5. | Regenwassernutzung: 15% der Dachflächen von Gewerbebetrieben (wo keine Versickerung und Ableitung ins Gewässer möglich) werden an Zisternen angeschlossen (vollständige Nutzung des Ertrags) | 0,3% | 29,7% (Abkopplungsszenario 5) |
| 6. | Ableitung ins Gewässer: sämtliche öffentlichen Gebäude innerhalb des 50m-Buffers um die Gewässer | 0,3% | 30% (Abkopplungsszenario 6) |

Tabelle 30: Abkopplungsszenarien und entsprechendes Potenzial im Pilotgebiet Roßbach

Abbildung 23 zeigt die räumliche Verteilung der vorgesehenen Maßnahmen im Roßbachgebiet. Etwa 20% der befestigten Flächen im Einzugsgebiet können durch Retentions- und Versickerungsmaßnahmen abgekoppelt werden: 3,3% durch Mulden, 15% durch Mulden-Rigolen-Elemente und 1,2% durch Mulden-Rigolen-Systeme. Rund 5% Abkopplung lassen sich durch die direkte Ableitung der Dach- und Wegeabflüsse von privaten, öffentlichen und gewerblichen Gebäuden innerhalb eines 50 m-Streifens entlang der Gewässer erreichen. Die direkte Ableitung des Regenabflusses der Wohnstraßen innerhalb eines 100 m-Streifens entlang der Gewässer bringt weitere 4,6% Abkopplung. Über die Nutzung des Regenwassers von privaten und gewerblichen Dachflächen kann die Abkopplungsquote nur noch geringfügig (0,3%) erhöht werden. Insgesamt ergibt sich somit für das Roßbach-Einzugsgebiet ein Abkopplungspotenzial von rund 30%.

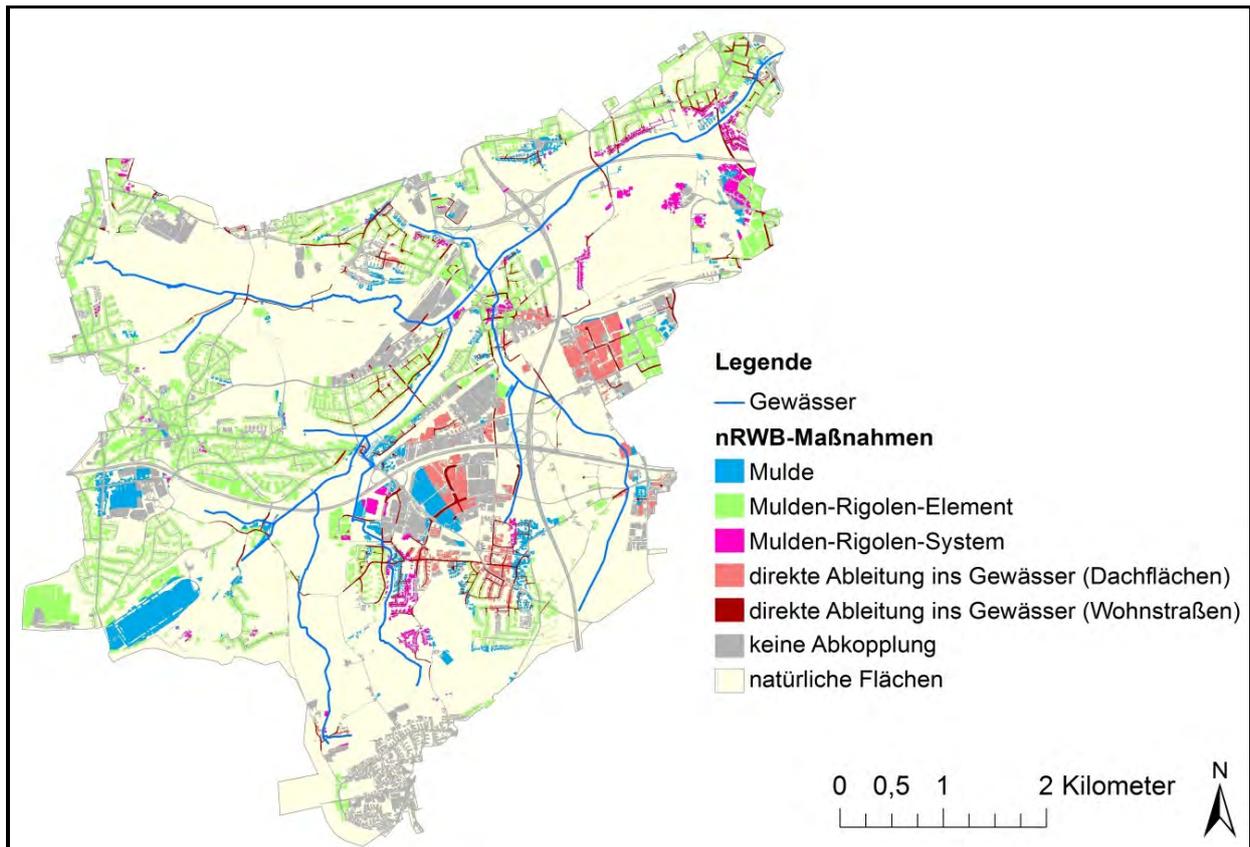


Abbildung 23: Regenwasserbewirtschaftungskarte für das Roßbachgebiet

6.2 Szenarien für das Untersuchungsgebiet Bönen

Wie für das Roßbach-Gebiet (s. Kapitel 6.1) lassen sich auch für das Untersuchungsgebiet Bönen die mit den als sinnvoll identifizierten Szenarien (s. Kapitel 4 erreichbaren Abkopplungsgrade ermitteln. Die Zuordnung von Bewirtschaftungsarten zu den Szenarien erfolgt gem. Tabelle 31.

| Szenario | | abkoppelbare bef. Fläche [ha] | Abk. Grad [%] |
|----------------|-------|-------------------------------|---------------|
| MULDE | BASIC | 14,9 | 8,8% |
| MRE | | 0,0 | 0% |
| MRS_ABL | | 6,0 | 3,5% |
| GEWERBE_UEBERL | | 0,7 | 0,4% |
| GEWERBE_ABL | | 1,6 | 1,0% |
| STR_ABL_100 | | 26,3 | 15,5% |
| WOHN_ABL_50 | | 2,7 | 1,6% |
| GEWERBE_NUTZ | | 0,4 | 0,2% |
| PUBLIC_ABL_50 | | 0,9 | 0,5% |

| | | |
|--------------------|------|-------|
| PUBLIC_STR_ABL_100 | 28,5 | 16,8% |
| PRIVAT_NUTZ | 27,6 | 16,3% |
| PRIVAT_ABL_100 | 46,0 | 27,1% |
| PUBLIC_DACH | 1,7 | 1,0% |

Tabelle 31: Abkopplungsgrade der möglichen Abkopplungsmaßnahmen für das Untersuchungsgebiet Bönen (gesamt befestigte Fläche 169,5 ha)

Auch hier muss für die Beurteilung der Wirksamkeit der zusätzlichen Szenarien diejenige Fläche ermittelt werden, die mittels dieser Szenarien sukzessive zum Basis-Szenario hinzukommt. Die Notwendigkeit dieses Arbeitsschrittes wird schon durch die Tatsache deutlich, dass in der Summe mehr als 100% Abkopplung entstehen könnten. Für diese Reduzierung ist mit den Ergebnissen der Tabelle 31 eine Reihenfolge vorgegeben worden. Die Ergebnisse der Reduzierung auf überschneidungsfreie Flächen sind in Tabelle 32 zusammengestellt. Da das Szenario PRIVAT_ABL_50 vollständig in Szenario PRIVAT_ABL_100 enthalten ist, nimmt der Gesamt-Abkopplungsgrad von Szenario 2 nach 3 nicht zu.

| Szenarien | | befestigte Fläche [m ²] | abgekoppelte Fläche [m ²] | Abk Grad [%] | Sinnvolles Szenario | Abk.-Grad gesamt [%] |
|--------------------|-------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------|---------------------|----------------------|
| 0 | | 1695382 | 0 | 0,0% | 0 | |
| MULDE | BASIC | 673343 | 149475 | 8,82% | 1 | 12,36% |
| MRE | | 0 | 0 | 0% | | |
| MRS_ABL | | 208972 | 60017 | 3,54% | | |
| PRIVAT_ABL_100 | | 460093 | 460093 | 27,14% | 2 | 25,73% |
| PRIVAT_ABL_50 | | 296993 | 296993 | 17,52% | 3 | 25,73% |
| PUBLIC_STR_ABL_100 | | 285152 | 285152 | 16,82% | 4 | 39,28% |
| PRIVAT_NUTZ | | 552774 | 276387 | 16,3% | 5 | 43,14% |
| STR_ABL_100 | | 262908 | 262908 | 15,51% | 6 | 41,14% |
| WOHN_ABL | | 26920 | 26920 | 1,59% | | |
| PUBLIC_DACH | | 33360 | 16680 | 0,98% | | |
| GEWERBE_ABL | | 16233 | 16233 | 0,96% | | |
| PUBLIC_ABL_50 | | 8812 | 8812 | 0,52% | | |
| GEWERBE_UEBERL | | 6932 | 6932 | 0,40% | | |
| GEWERBE_NUTZ | | 24378 | 3657 | 0,21% | | |

Tabelle 32: Abkopplungsgrade der in Frage kommenden Szenarien für das Untersuchungsgebiet Bönen ohne Überschneidungen

Somit bringen auch für das Untersuchungsgebiet Bönen neben dem BASIC-Szenario vier weitere Abkopplungsszenarien einen relevanten Zuwachs des Abkopplungsgrades. Über sie vergrößert sich die Summe der abgekoppelten Flächen schrittweise bis auf 41,1% (BASIC zzgl. aller untersuchten Szenarien).

Die übrigen Szenarien werden auch für das Untersuchungsgebiet Bönen nicht weiter verfolgt, da der hiermit zusätzlich abkoppelbare Flächenanteil zu gering ist, um auf die Wasserbilanzen noch signifikant Einfluss nehmen zu können.

6.3 Vergleich der Abkopplungsgrade in den Untersuchungsgebieten

Wie aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungsstruktur zu erwarten, ist die Reihenfolge der zusätzlichen Szenarien sowie das hierüber zusätzlich zu realisierende Abkopplungspotenzial im Untersuchungsgebiet Bönen allerdings deutlich von dem im Roßbach-Gebiet zu unterscheiden. So können beispielsweise Abkopplungen im Bereich privater Einzelhausbebauung aufgrund der starken Verbreitung dieses Bautyps im Untersuchungsgebiet Bönen einen wesentlichen Beitrag zur Abflussminderung leisten. Über Szenario 5, die Regenwassernutzung von den rückwärtigen Dachflächen, lässt sich der bis dahin schon hohe Abkopplungsgrad von 39,3% noch einmal um fast 4 Prozentpunkte auf 43,1% steigern. Die Abkopplung im gewerblichen Bereich – über Versickerung, Nutzung oder Ableitung – spielt dagegen im Untersuchungsgebiet keine Rolle, da der Anteil gewerblicher Flächen mit rd. 4% zu gering ist. In beiden Gebieten spielt die Abkopplung von Straßenflächen für die Bestimmung der relevanten Szenarien eine Rolle, deren Anteil in beiden Gebieten mit 28,1% (Roßbach) bzw. 27,9% (Bönen) nahezu gleich groß ist.

6.4 Implementierung und Bemessung der Abkopplungsmaßnahmen im hydrologischen Modell (Einzugsgebiet Roßbach)

Die Abkopplungsszenarien 1 bis 6 (Tabelle 30) werden im hydrologischen Modell abgebildet (AbkSzen 1 bis 6). Aufgrund des technischen Aufwands können die Rückhalte- und Versickerungsanlagen nicht Gebäude- oder blockscharf abgebildet werden. Stattdessen wurde jeder Anlagentyp über eine Zusammenfassung und Aufsummierung der jeweiligen angeschlossenen befestigten Flächen am Auslass eines Teileinzugsgebietes abgebildet. So sind die vorgesehenen dezentralen Maßnahmen des gesamten Roßbachgebietes im Hydrologischen Modell über 39 Mulden, 42 Mulden-Rigolen-Elemente, 15 Mulden-Rigolen-Systeme und 68 Ableitungsmaßnahmen erfasst.

Die Dimensionierung der jeweiligen Anlagen erfolgt gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 überstaufrei für ein 5-jährliches Regenereignis und gemäß DIN 1986-100 überflutungssicher für ein 30-jährliches Ereignis. Die Vorbemessung der Anlagen erfolgte mittels Kontinuumssimulation über 30 Jahre mit den drei im Einzugsgebiet vorhandenen und dem Referenzzeitraum zugrundeliegenden Niederschlagsstationen. In Tabelle 33 sind die Überlaufhäufigkeiten für die 96 nRWB-Maßnahmen zusammengefasst.

| Anlagentyp | Anzahl | Tn [Jahre] | | |
|------------------------|--------|-------------|--------|-------------|
| | | 10%-Quantil | Mittel | 90%-Quantil |
| Mulden | 39 | 5 | 5 | 5 |
| Mulden-Rigolen-Element | 42 | 5 | 5 | 5 |
| Mulden-Rigolen-System | 15 | 7 | 6 | 5 |

Tabelle 33: Überlaufhäufigkeit der nRWB-Maßnahmen (Referenzzeitraum –Messdaten)

7 Ergebnisse der hydrologischen Untersuchungen

7.1. Grundlagen zur Auswertung der Ergebnisse

Für den Roßbach und seine drei Nebenläufe Schmechtingsbach, Oespeler Bach und Dellwiger Bach wurde eine detaillierte Analyse der Hoch- und Niedrigwasserabflüsse durchgeführt. Hierbei wurden die in Kapitel 3.5 beschriebenen drei Zeiträume: „Referenzzeitraum“, „Nahe Zukunft“, und „Ferne Zukunft“ betrachtet. Um die in den Klimaprojektionen enthaltenen Unsicherheiten zu berücksichtigen, werden die Ergebnisse auf Basis der Spannweite der Realisierungen CLM 1 und CLM 2 [8] bewertet. Für die drei Zeiträume und die beiden Realisierungen wird mit Hilfe des Hydrologischen Gebietsmodells untersucht inwieweit die nRWB-Maßnahmen - die in Kapitel 6.1, AbkSzen 1 bis 6 beschrieben sind - die Anpassung an den Klimawandel ermöglichen.

- **Referenzszenario:** Es beinhaltet die Ergebnisse der Modellberechnung für den Referenzzeitraum ohne nRWB-Maßnahmen. Die Berechnung der Abflüsse für das Referenzszenario erfolgt auf Basis der Messdaten (Tabelle 23). Das Szenario dient als Vergleich für die Veränderungen der Abflüsse in den Gewässern infolge des Klimawandels mit und ohne Anpassungsmaßnahmen.
- **CLM-Referenzzeitraum ohne nRWB-Maßnahmen:** das Szenario stellt die Berechnungen mit den Realisierungen CLM 1 und CLM 2 für den Referenzzeitraum dar und bildet die Grundlage zur Beurteilung der Klimaänderungssignale.
- **Nahe und Ferne Zukunft ohne nRWB-Maßnahmen:** Szenarien zur Ermittlung der zukünftigen Abflüsse in den Gewässern ohne Anpassungsmaßnahmen. Die Berechnungen erfolgen auf Basis der Realisierungen von CLM 1 und CLM 2 für die Nahe und Ferne Zukunft.
- **Nahe und Ferne Zukunft mit nRWB-Maßnahmen:** Szenarien zur Ermittlung der Effizienz von nRWB-Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkung des Klimawandels auf die Abflüsse in den Gewässern. Hierfür werden sechs Abkopplungsszenarien (Kapitel 6.1; AbkSzen 1 bis 6) berechnet.

Die Signifikanz des Klimawandels bezüglich der Hoch- und Niedrigwasserabflüsse wird anhand des sogenannten Klimaänderungssignals bewertet. Hierzu wird die Differenz der Abflüsse zwischen dem Referenzzeitraum und der Nahen sowie Fernen Zukunft der Realisierung CLM 1 oder CLM 2 ermittelt. Das Potenzial von nRWB-Maßnahmen bezüglich der Reduzierung der Hochwasserabflüsse und Stärkung der Niedrigwasserabflüsse lässt sich mit Hilfe des Hydrologischen Gebietsmodells aus dem Vergleich der Abflüsse zukünftiger Klimaszenarien bestimmen, indem diese wie zuvor beschrieben mit und ohne die Berücksichtigung nRWB-Maßnahmen ermittelt werden.

Die Hoch- sowie Niedrigwasserabflüsse der Gewässer werden durch statistische Analysen der Abflussganglinien für die jeweiligen 30-jährlichen Zeiträume (Referenzzeitraum, Nahe Zukunft und Ferne Zukunft) ermittelt. In Abbildung 24 ist die Lage der Modellknoten (Auswertungspunkte der Ganglinien) ersichtlich, an denen die Abflüsse ermittelt und analysiert wurden. Der Modellknoten Roßbach liegt am Gebietsausgang, der Modellknoten am Schmechtingsbach stellt den Zufluss zum Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Schmechtingsbach und der am Oespeler Bach ausgewählte Modellknoten den Zufluss zum HRB „In der Meile“ ab.

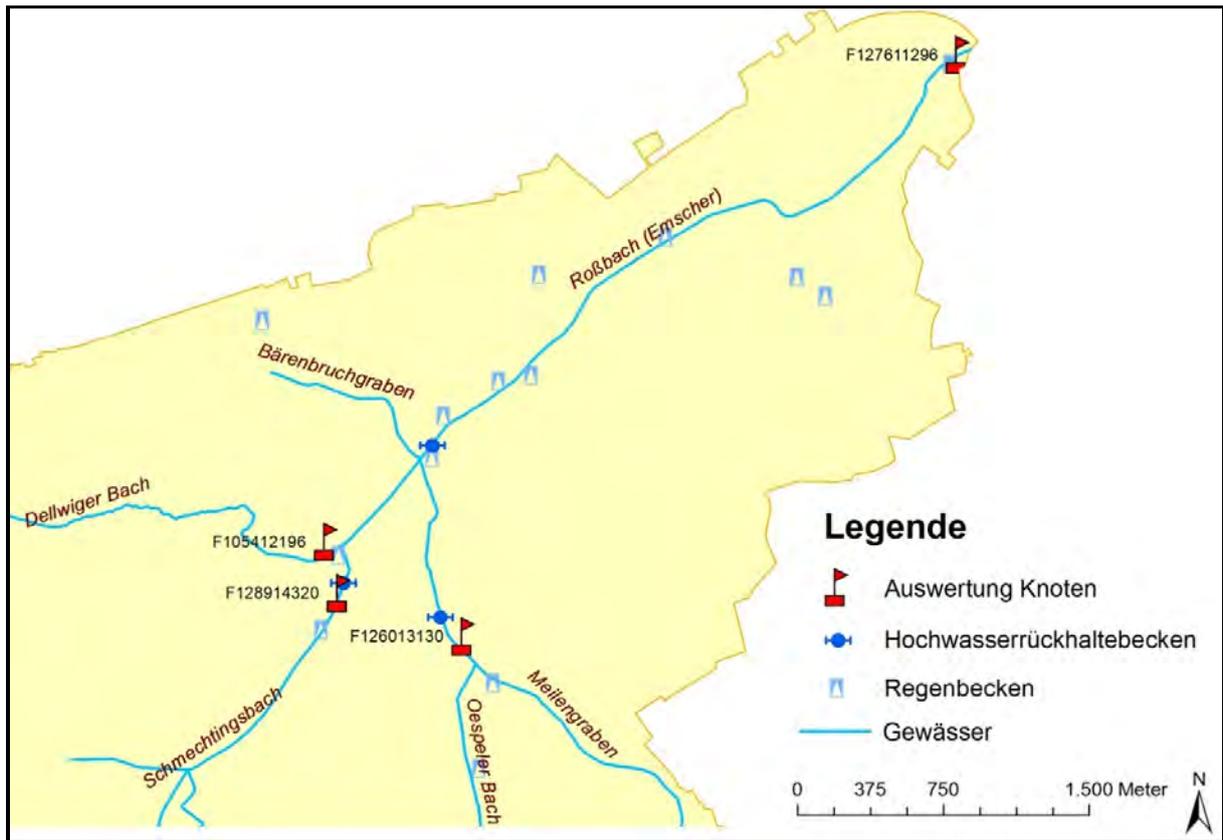


Abbildung 24: Für die Auswertung ausgewählte Modellknoten im Gebiet des Roßbachs

| Gewässer | Gebietsgröße [ha] | Anteil der kanalierten Flächen [%] | Bezeichnung Modellknoten | Bemerkung |
|------------------|-------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Roßbach, gesamt | 3100 | 22,3% | F127611296 | Gebietsauslass |
| Dellwiger Bach | 516 | 14,9% | F105412196 | - |
| Schmechtingsbach | 1340 | 24,5% | F128914320 | Zufluss zum HRB Schmechtingsbach |
| Oespeler Bach | 600 | 21,9% | F126013130 | Zufluss zum HRB „In der Meile“ |

Tabelle 34: Angaben zu den ausgewählten Modellknoten

7.2. Statistische Ermittlung der Hochwasserabflüsse

Die statistische Ermittlung der Hochwasserhäufigkeiten an den vier Modellknoten erfolgt gemäß dem im DVWK-Merkblatt 251/1999 für Extremwertstatistiken beschriebenen Verfahren. Zur empirischen Verteilung der jährlichen Hochwasserabflüsse der untersuchten Szenarien wurden sechs Verteilungsfunktionen (log normal, Pearson 3, log-Pearson 3, Gumbel, log-Gumbel und Weibull) mittels des Extremwertstatistikmoduls *KLUDON* des Zeitreihen-analyseprogramms *TimeView* [Hydrotec] angepasst. Bei einigen empirischen Verteilungen z.B. Pearson Typ 3 wird deutlich, dass die größten Ereignisse eine höhere Jährlichkeit als die Länge des betrachteten Zeitraums haben (Abbildung 25). Solche Ereignisse wurden als Ausreißer behandelt und anhand des C-Beiwerts [11] angepasst. Die Ermittlung der durchschnittlichen Hochwasserhäufigkeitsverteilung erfolgte anschließend auf Grundlage der

passenden sechs Verteilungsfunktionen über den arithmetischen Durchschnitt. Dabei wurden die von der empirischen Verteilung zu weit abweichenden Verteilungsfunktionen nach visueller Bewertung eliminiert. Auf dieser Basis wurden die Hochwasserabflüsse für Wiederkehrhäufigkeiten bis $T_n = 50a$ der oben beschriebenen Szenarien ermittelt.

Beispielhaft dargestellt sind in Abbildung 25 die Verteilungsfunktionen für die Hochwasserabflüsse im Roßbach und den drei Nebenläufen. Für den Modellknoten Dellwiger Bach wurden nur fünf Verteilungsfunktionen bei der Ermittlung der durchschnittlicher Hochwasserhäufigkeit berücksichtigt, da die Verteilungsfunktion Log. Gumbel von der empirischen Verteilung zu weit abweicht.

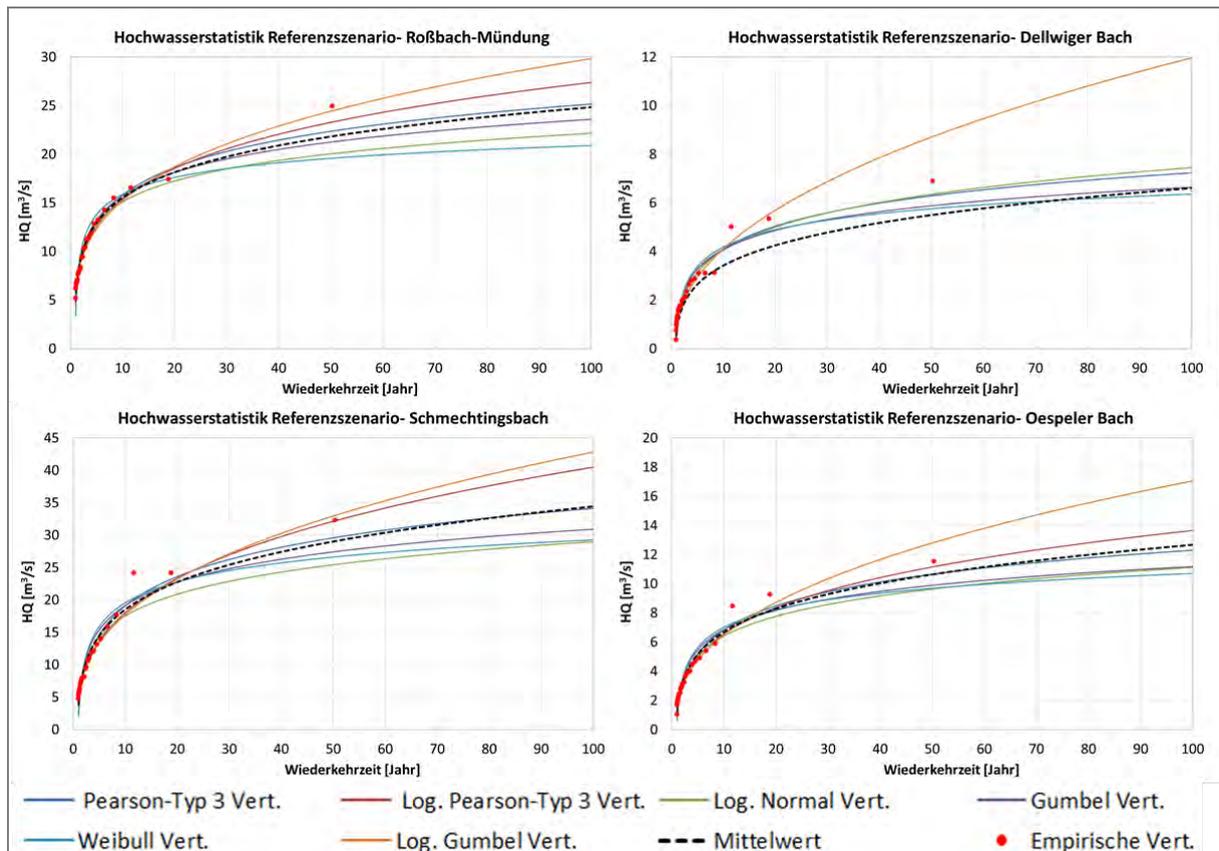


Abbildung 25: Verteilungsfunktionen der HW-Abflüsse im Roßbach und in den Nebenläufen (Referenzszenario)

7.2.1 Einfluss des Klimawandels auf den Hochwasserabfluss

Nachfolgend werden die Veränderungen der Hochwasserabflüsse bedingt durch den Klimawandel für den Roßbach und seine Nebenläufe erläutert. Hierzu werden für die vier Modellknoten die Hochwasserabflüsse der Nahen und Fernen Zukunft mit denen des Referenzszenarios verglichen.

Roßbach

In Abbildung 26 sind die Hochwasserabflüsse verschiedener Jährlichkeiten für das Referenzszenario und die Realisierungen CLM 1 und CLM 2 der Nahen und Fernen Zukunft an der Roßbach-Mündung dargestellt. Betrachtet man die Spannbreite der prozentualen Änderungen der Hochwasserabflüsse der Realisierungen CLM 1 und CLM 2 im Vergleich zum Referenzszenario (Tabelle 35) wird deutlich, dass bei höheren Jährlichkeiten insbesondere bei CLM 1 deutlich größere Abweichungen der Hochwasserabflüsse von 23% bis 41% auftreten. Dies ist auf die Extrapolation der statistischen Verteilungsfunktionen (Abbildung 25) zurückzuführen und bei der Bewertung der Ergebnisse vor dem Hintergrund möglicher Unsicherheiten zu berücksichtigen.

Für das Referenzszenario liegen die Hochwasserabflüsse zwischen 12,9 m³/s für ein Hochwasser mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 5 Jahren (HQ₅) und 21,8 m³/s für ein Hochwasser mit einer Wiederkehrhäufigkeit von 50 Jahren (HQ₅₀). Zwar gehen die Abflüsse in der Fernen Zukunft geringfügig zurück, sie liegen aber immer noch um 14 bis 25% höher als im Referenzszenario.

Bezogen auf die Realisierung CLM 2 liegen die Veränderungen der Hochwasserabflüsse der 25- und 50-Jährlichkeit im Vergleich zum Referenzszenario im Bereich von -9 bis -5% in der Nahen Zukunft und von +2 bis +6% in der Fernen Zukunft. Damit ist eine leichte Abnahme der Hochwasserabflüsse in der Nahen Zukunft, gefolgt von einer geringfügigen Zunahme in der Fernen Zukunft festzustellen, die keine Anpassungsmaßnahmen erforderlich machen.

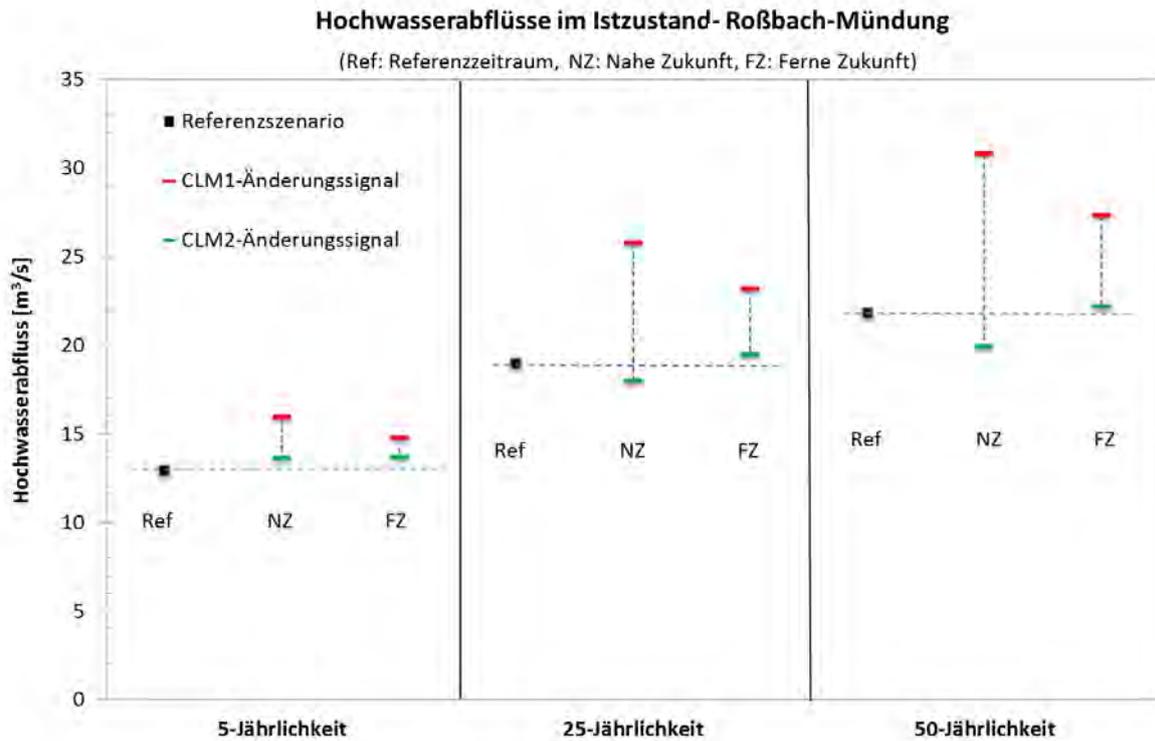


Abbildung 26: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung

| HQ Referenzszenario (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft |
| | 12,9 | | 19,0 | | 21,8 | |
| CLM 1 | +23% | +14% | +36% | +22% | +41% | +25% |
| CLM 2 | +5% | +6% | -5% | +3% | -9% | +2% |

Tabelle 35: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung

Dellwiger Bach

In Abbildung 27 und Tabelle 36 sind die Ergebnisse der Hochwasserstatistik für den Dellwiger Bach zusammengefasst. Das Einzugsgebiet des Dellwiger Bach ist das kleinste der untersuchten Teileinzugsgebiete des Roßbachs, ebenso ist es auch das am wenigste befestigte Teileinzugsgebiet. Entsprechend sind die Hochwasserabflüsse entsprechend geringer. Die des Referenzszenarios liegen in Abhängigkeit von der Jährlichkeit in einem Bereich von 3,2 m³/s bis 6,6 m³/s. Bei Berücksichtigung der Realisierung CLM 1 liegt die Zunahme der Abflüsse in der Nahen Zukunft bei 26 bis 55% und damit deutlich höher als an der Roßbach-Mündung. Dies ist darauf zurück zu führen, dass die Hochwasser-

abflüsse an der Roßbachmündung durch die HRB Schmechtingsbach und „In der Meile“ gedrosselt werden und somit eine Glättung des Änderungssignals der Hochwasserabflüsse an der Roßbachmündung führen. Auch im Dellwiger Bach sind – wie im Roßbach - die Abflüsse in der Fernen Zukunft im Vergleich zur Nahen Zukunft leicht rückläufig, liegen aber weiterhin mit 14 bis 41% über denen des Referenzszenarios.

Für die Realisierung CLM 2 ergeben sich geringfügige Abnahmen der Hochwasserabflüsse, die im Bereich von -3 bis -10% in der Nahen Zukunft und im Bereich von -8 bis -9% in der Fernen Zukunft liegen und zu einer Verbesserung der Hochwassersituation führen.

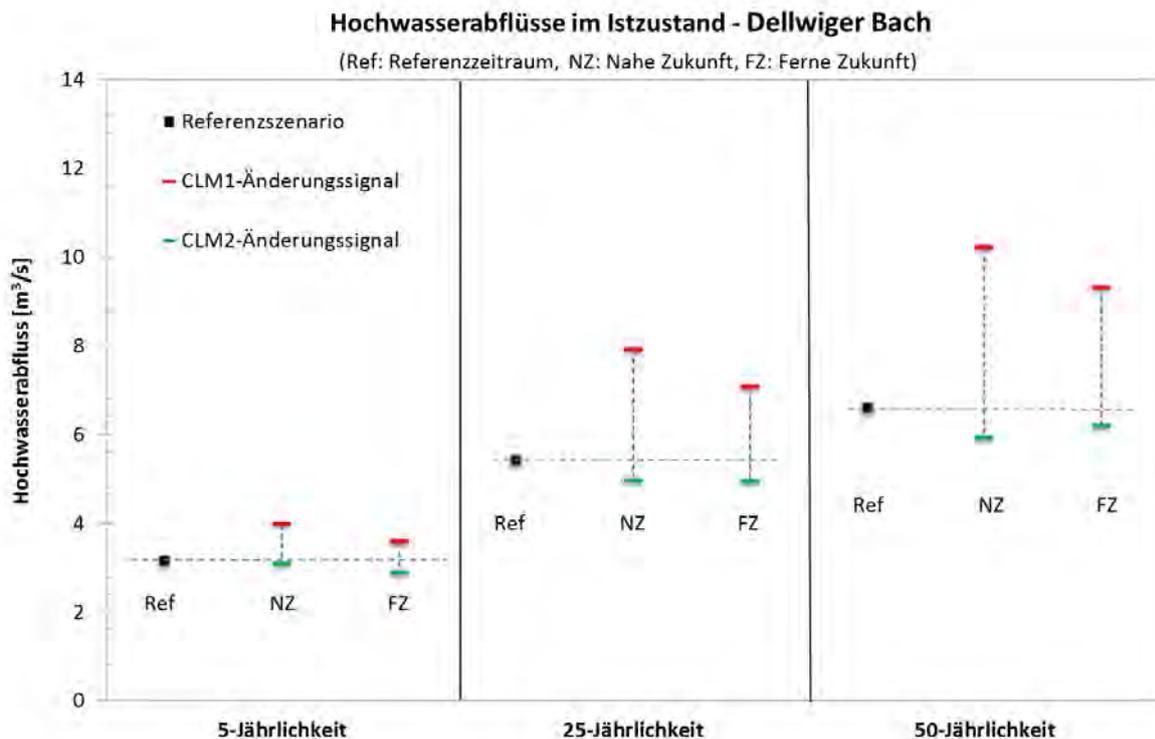


Abbildung 27: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse am Dellwiger Bach

| HQ Referenzszenario (m³/s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|-------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft |
| | 3,2 | | 5,4 | | 6,6 | |
| CLM 1 | 26% | 14% | 46% | 30% | 55% | 41% |
| CLM 2 | -3% | -8% | -9% | -9% | -10% | -6% |

Tabelle 36: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse am Dellwiger Bach

Schmechtingsbach

Das Einzugsgebiet des Schmechtingsbachs hat den höchsten Befestigungsgrad der vier Gewässer-Teileinzugsgebiete. Hier liegen die Hochwasserabflüsse des Referenzszenarios je nach Jährlichkeit bei 14,5 m³/s bis 29,0 m³/s (Abbildung 28, Tabelle 37).

Für die Realisierung CLM 1 ergibt sich somit in der Nahen Zukunft eine Steigerung der Hochwasserabflüsse von 36 bis 56%. Auch hier ist ein leicht rückläufiger Trend in der Fernen Zukunft zu beobachten, nach der die Abflüsse aber immer noch mit 26 bis 51% deutlich über denen des Referenzszena-

rios liegen. Für die Realisierung CLM 2 gibt es dagegen (-2 bis -15%) klimawandelbedingte Abflussreduzierungen für die Nahe sowie Ferne Zukunft.

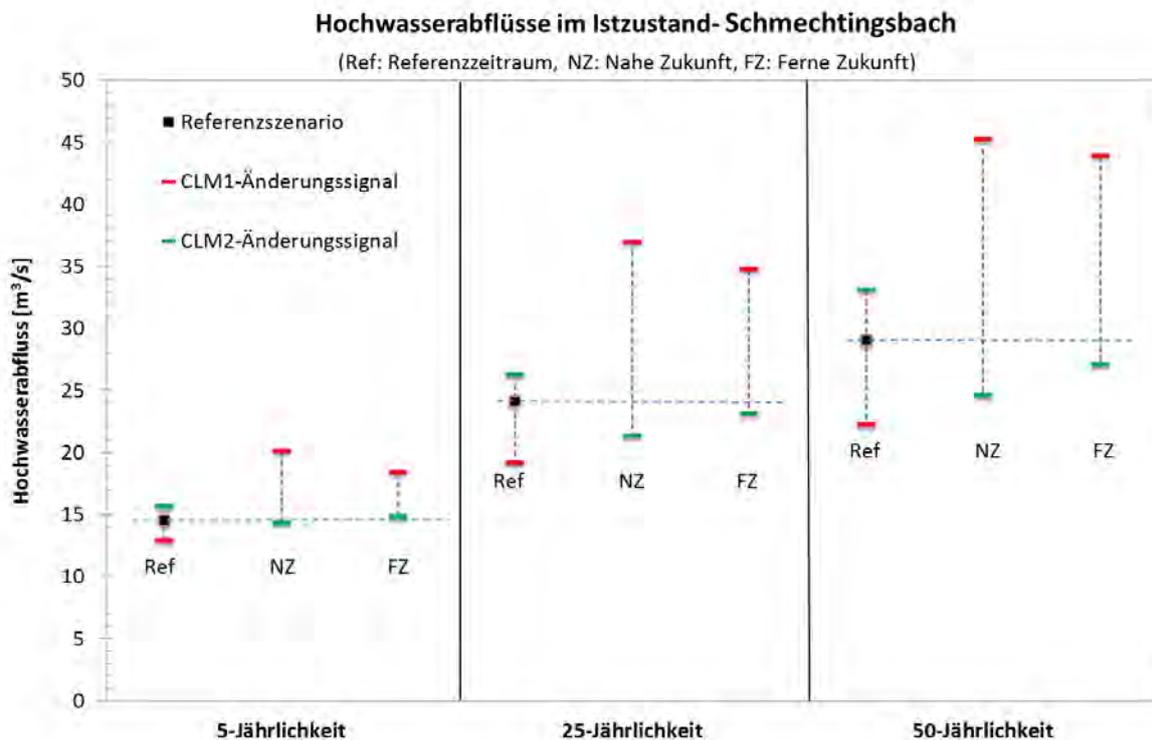


Abbildung 28: Ensemble-Projektion für die HW-Abflüsse am Schmechtingsbach

| HQ Referenzszenario (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|--|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | 14,5 | | 24,1 | | 29,0 | |
| | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft |
| CLM 1 | 36% | 26% | 53% | 44% | 56% | 51% |
| CLM 2 | -2% | 2% | -12% | -4% | -15% | -7% |

Tabelle 37: Projizierte prozentuale Änderungen der HW-Abflüsse am Schmechtingsbach

Oespeler Bach

Im Oespeler Bach variieren die Hochwasserabflüsse des Referenzszenarios je nach Jährlichkeit zwischen 5,2 m³/s und 10,6 m³/s (Abbildung 29, Tabelle 38). Wie in den anderen Teileinzugsgebieten ergibt sich auch bei Belastung des Modells mit den Niederschlagsprojektionen der Realisierung CLM 1 ein erheblicher Anstieg der Abflüsse für die Nahe Zukunft, mit 44 bis 62% die höchste Steigerung aller vier Teileinzugsgebiete, sowie ein leichter Rückgang in der Fernen Zukunft (24 bis 49% Steigerung gegenüber dem Referenzszenario). Die Berücksichtigung der Realisierung CLM 2 zeigen die Berechnungsergebnisse - anders als bei den anderen Nebenläufen - für die 5-Jährlichkeit insbesondere in der Fernen Zukunft eine leichte Steigerung, dieser Trend ist auch noch bei Hochwasserabflüssen der 25-Jährlichkeit der Fernen Zukunft zu erkennen. Dies ist offenbar auf die hohe Variabilität der Niederschlagsdaten zurückzuführen. Bei den 50 jährlichen Hochwassern ist wie bei den anderen Nebenläufen ein leichter Rückgang zu verzeichnen.

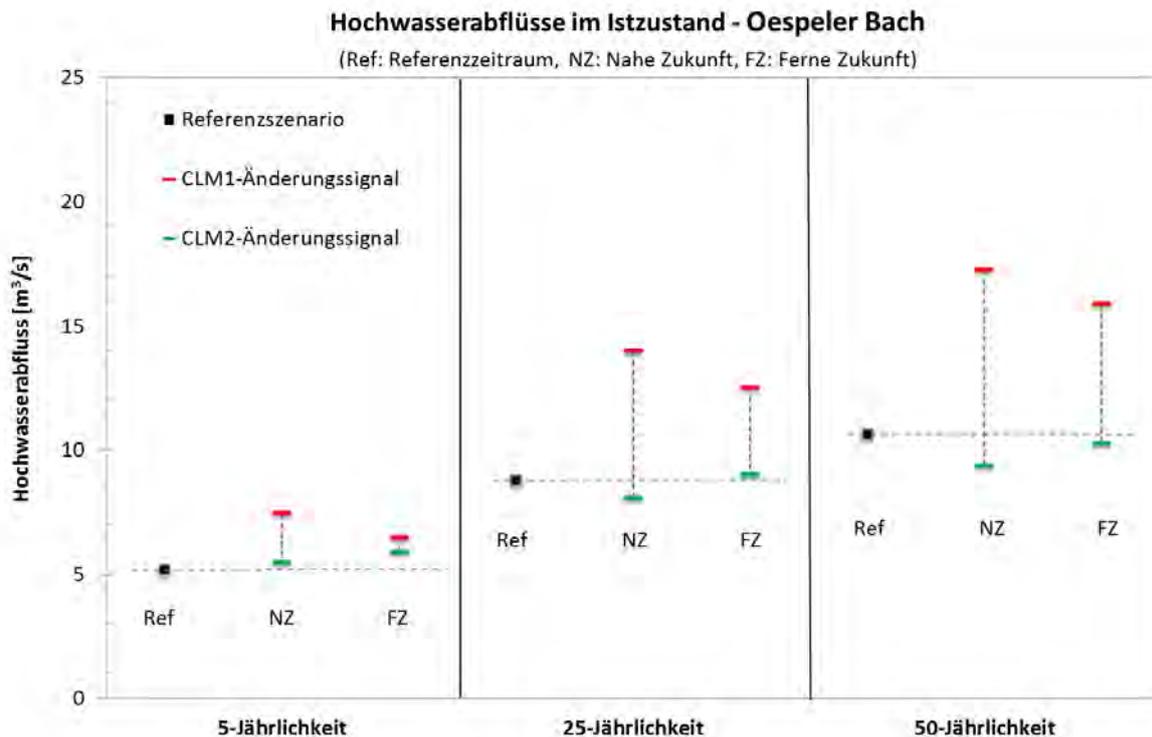


Abbildung 29: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse am Oespeler Bach

| HQ Referenzszenario (m³/s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|----------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| | 5,2 | | 8,8 | | 10,6 | |
| CLM 1 | 44% | 24% | 59% | 42% | 62% | 49% |
| CLM 2 | 5% | 13% | -9% | 2% | -12% | -4% |

Tabelle 38: Projizierte prozentuelle Änderungen der HW-Abflüsse am Oespeler Bach

Winter – und Sommerhochwasser

Neben der rein statistischen Betrachtung über die 30-jährlichen Zeitreihen wurde die Untersuchung der Auswirkung des Klimawandels auf die Niederschlagssummen der Winter – bzw. Sommerhalbjahre [9] durchgeführt. Ergebnis ist, dass in der Nahen und der Fernen Zukunft die Winterniederschläge höher, die Sommerniederschläge niedriger als die des Referenzzeitraums sind. Für eine genauere Beurteilung, welche Ereignisse, des Winter- bzw. Sommerhalbjahres tatsächlich zum Anstieg der Hochwasserabflüsse beitragen, wurden die extremen Hochwasserabflüsse der Winter – und Sommerhalbjahre getrennt ausgewertet. Hierfür wird das am Anfang dieses Kapitels beschriebene statistische Verfahren angewandt.

Beispielhaft sind für die Roßbachmündung die prozentualen Veränderungen der 5-, 25- und 50-jährlichen Hochwasserabflüsse der Sommer-bzw. Winterhalbjahre in Tabelle 39 und Tabelle 40 zusammengestellt, die dazugehörigen Abflüsse in Abbildung 30 und Abbildung 31.

Die winterlichen Hochwasserabflüsse an der Roßbach-Mündung variieren für das Referenzszenario zwischen 7,1 m³/s und 10,3 m³/s. Bezogen auf die Realisierungen CLM 1 und CLM 2 liegen die Veränderungen für zukünftige Zeiträume in einem Bereich zwischen -9 und +4%, was darauf hindeutet, dass die Veränderungen der winterlichen Hochwasserabflüsse nur wenig Einfluss auf die Verände-

rungen der jährlichen Hochwasserabflüsse (Tabelle 35; 23 bis 41% in Naher Zukunft und 14 bis 25% in Ferner Zukunft) haben. Die höchsten Niederschläge im Winterhalbjahr der Nahen und Fernen Zukunft weisen wie im Referenzszenario langandauernde Ereignisse mit geringen Intensitäten auf. Hieraus lässt sich schließen, dass der Klimawandel in der Region auf die winterlichen Hochwässer keinen Einfluss haben wird.

Dagegen nehmen die sommerlichen Hochwasserabflüsse bei Realisierung CLM 1 in der Nahen Zukunft zwischen 23 und 38% und in der Fernen Zukunft zwischen 14 und 23% zu. Diese Zunahme entspricht dem Anstieg der jährlichen Hochwasserabflüsse (Beispiel Roßbachmündung: Tabelle 35; 23 bis 41% in Naher Zukunft und 14 bis 25% in Ferner Zukunft). Die Realisierung CLM 2 weist auch hier - wie die Veränderungen der jährlichen Hochwasserabflüsse im Winter (+6 bis -9%) - lediglich auf geringfügige Veränderungen (+3 bis -13%) der sommerlichen Hochwasserabflüsse hin. Hieraus lässt sich schließen, dass der Anstieg der jährlichen Hochwasserabflüsse im Roßbachgebiet maßgeblich durch den Anstieg der sommerlichen Hochwasserereignisse verursacht wird. Trotz Abnahme der Niederschlagssummen der Sommerhalbjahre, führt der klimawandelbedingte Anstieg der Intensität und Niederschlagsmenge von Starkregenereignissen in diesen Zeiträumen zum Anstieg der Hochwasserabflüsse.

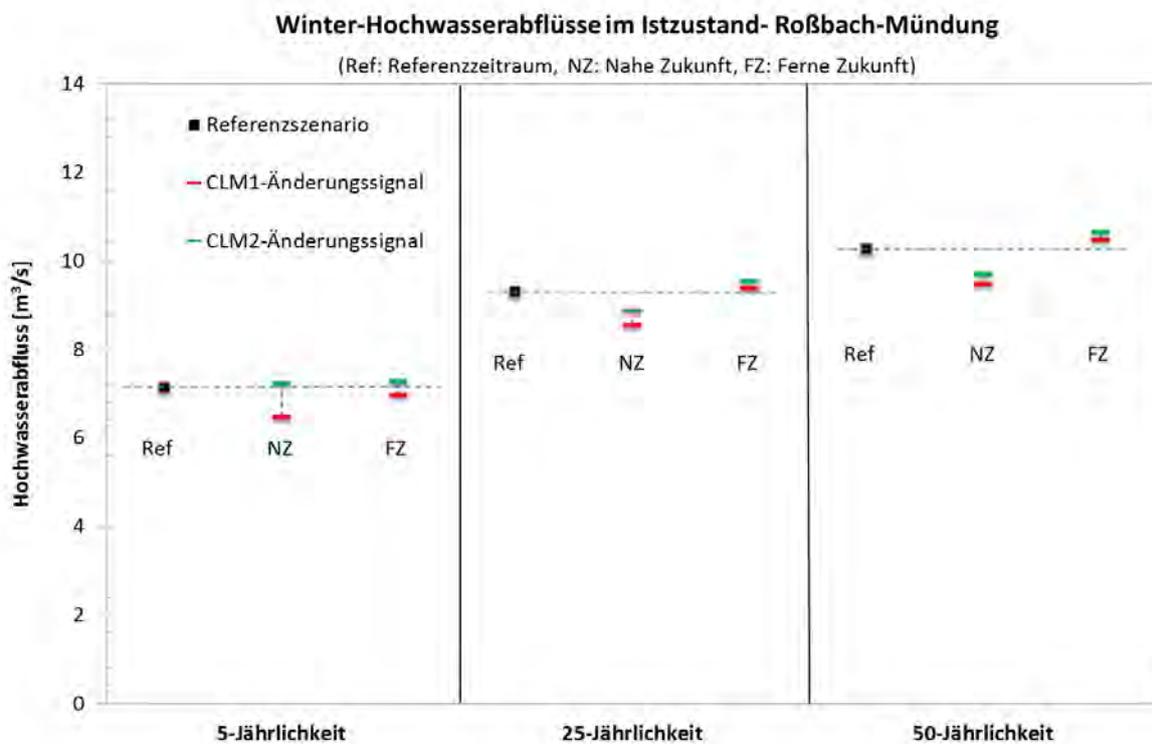


Abbildung 30: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse in den Winterhalbjahren an der Roßbach-Mündung

| HQ Referenzszenario (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| | 7,1 | | 9,3 | | 10,3 | |
| | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft |
| CLM 1 | -9% | -3% | -8% | 1% | -8% | 2% |
| CLM 2 | 1% | 2% | -5% | 2% | -6% | 4% |

Tabelle 39: Projizierte prozentuale Änderungen der winterlichen HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung

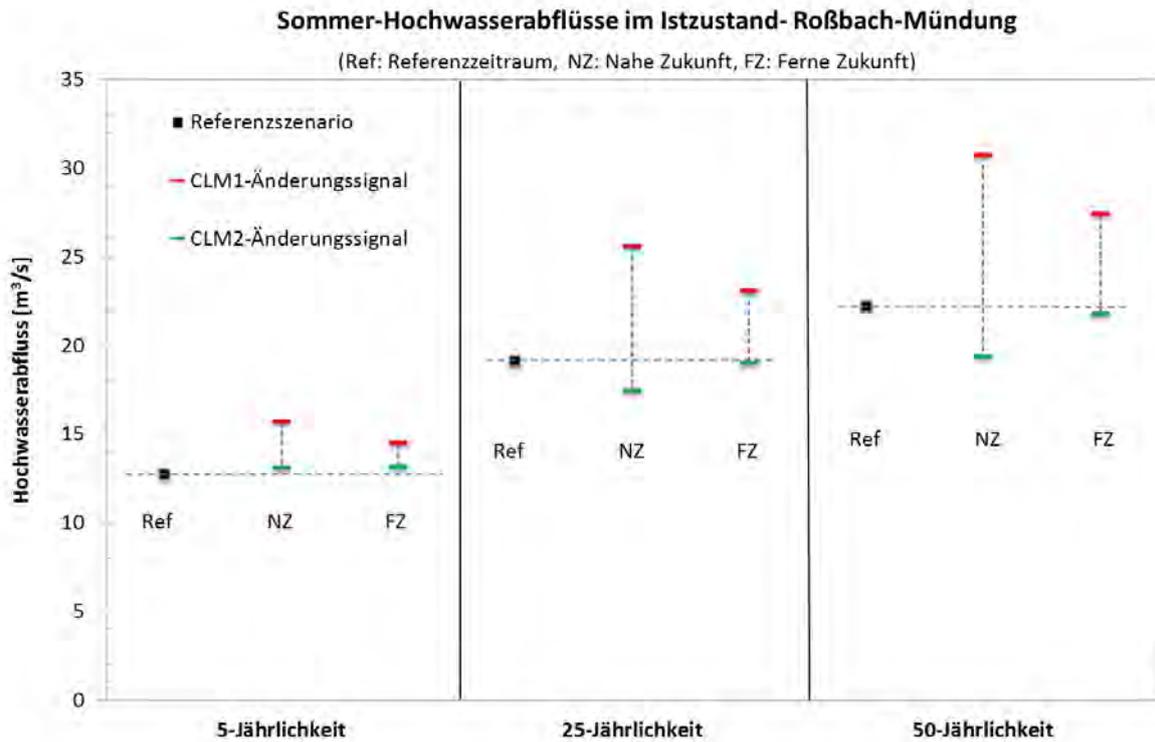


Abbildung 31: Ensemble-Projektion der HW-Abflüsse in den Sommerhalbjahren an der Roßbach-Mündung

| HQ Referenzszenario (m³/s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|-------------------------------|-------------------|--------------------|-----------------|------------------|-------------------|------------------|
| | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zukunft |
| | 12,7 | | 20,0 | | 22,2 | |
| CLM 1 | 23% | 14% | 34% | 21% | 38% | 23% |
| CLM 2 | 3% | 3% | -9% | -1% | -13% | -2% |

Tabelle 40: Projizierte prozentuale Änderungen der sommerlichen HW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung

7.2.2 Räumliche Variabilität der klimabedingten Veränderungen

Die hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Realisierungen CLM 1 und CLM 2 wurden im Rahmen von *dynaklim* auch für das Untersuchungsgebiet Bönen, das sich etwa 30 km nordöstlich vom Roßbach im Lippeverbandsgebiet befindet, erstellt. Um die räumliche Variabilität der Klimawandeleffekte auf den Hochwasserabfluss zu bewerten, wurden ergänzende hydrologische Untersuchungen vorgenommen. Hierzu wurde das hydrologische Modell des Roßbach-Einzugsgebietes mit den projizierten Niederschlagsdaten von Bönen belastet. Die hydrologischen Simulationen sowie die statistischen Analysen wurden exakt nach demselben Verfahren durchgeführt, wie in den Kapiteln 7.1 und 7.2 erläutert.

Beispielhaft sind die Hochwasserabflüsse verschiedener Jährlichkeiten an der Roßbach-Mündung für die drei Zeiträume und die Realisierungen CLM 1 und CLM 2 in Abbildung 32 dargestellt. Die prozentualen Veränderungen der Hochwasserabflüsse im Vergleich zum Referenzszenario sind in Tabelle 41 zusammengestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Hochwasserabflüsse bei Realisierung CLM 1 für die Nahe Zukunft gegenüber dem Referenzszenario nahezu unverändert sind, wogegen sie für die Ferne Zukunft um 22% zunehmen. Für die Realisierung CLM 2 steigen die Abflüsse in der Nahen Zukunft um 12 bis 18% und in der Fernen Zukunft um 8 bis 16% gegenüber dem Referenzszenario.

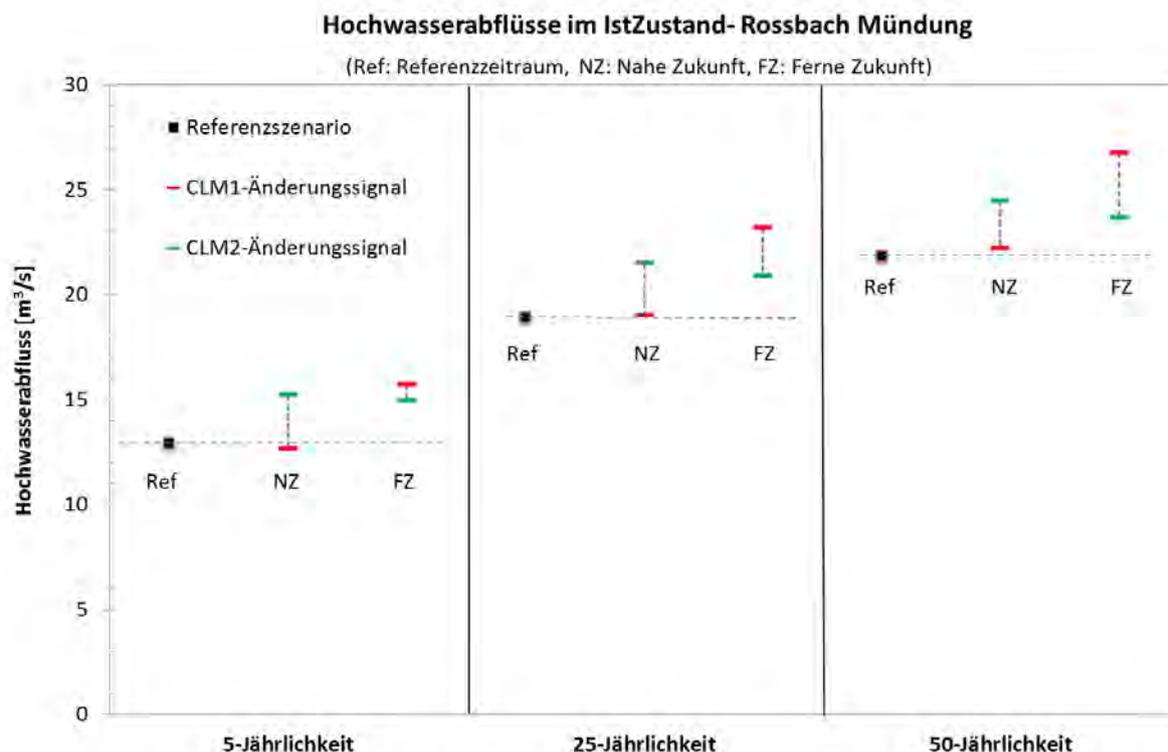


Abbildung 32: Ensemble-Prognosen für die Hochwasser-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, Niederschlagsdaten Bönen

| HQ Referenzszenario (m³/s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|----------------------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| | 12,9 | | 19,8 | | 21,8 | |
| CLM 1 | -2% | 22% | 0% | 22% | 2% | 23% |
| CLM 2 | 18% | 16% | 14% | 10% | 12% | 8% |

Tabelle 41: Prognostizierte prozentuale Änderungen der Hochwasser-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, Niederschlagsdaten Bönen

Bei Belastung des Modells mit den projizierten Niederschlagsdaten des Bönener Bereichs fällt auf, dass in der Nahen Zukunft anderes als bei den projizierten Niederschlagsdaten basierend auf den Niederschlagsdaten im Einzugsgebiet des Roßbaches die Realisierung CLM 1 zu keinen Veränderungen im Abfluss führt und bei CLM 2 eine Steigerung von 12 bis 18% zu verzeichnen ist. In der Fernen Zukunft steigen die Abflüsse bei beiden Realisierungen, deutlich stärker allerdings bei CLM 1. Berücksichtigt man die geringe Entfernung von 30 km der beiden Stationen, wird deutlich wie groß die Vorhersageunsicherheiten bezogen auf ihre Auswirkungen sind.

7.2.3 Zwischenfazit: Auswirkung des Klimawandels auf die Hochwasserabflüsse

Für das Einzugsgebiet des Roßbachs wurde an vier Modellknoten eine vergleichende Analyse der Hochwasserabflüsse künftiger Zeiträume der Realisierungen CLM 1 und CLM 2 gegenüber dem Referenzszenario vorgenommen.

Die Ergebnisse der auf der Realisierung CLM 1 basierenden Analyse zeigen, dass aufgrund des klimawandelbedingten Anstieges der Intensität und Niederschlagsmenge der sommerlichen Starkregenerereignisse für die Nahe Zukunft ein ausgeprägter Anstieg der Hochwasserabflüsse zu erwarten ist. Für

die Ferne Zukunft können die Hochwasserabflüsse demgegenüber wieder leicht abnehmen, bleiben aber dennoch deutlich höher als die des Referenzszenarios.

Der Anstieg der Hochwasserabflüsse in der Nahen Zukunft in den drei Nebenläufen des Roßbachs dem Dellwiger Bach, dem Schmechtingsbach und dem Oespeler Bach liegt bei 55 bis 60%. Im Vergleich hierzu wird der Anstieg der Hochwasserabflüsse an der Roßbach-Mündung mit 40% geringer ausfallen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Abflüsse der an der Roßbachmündung durch die Hochwasserrückhaltebecken Schmechtingsbach und „In der Meile“ beeinflusst sind. Die Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwasserrückhaltebecken wird in Kapitel 7.4 dargestellt.

Demgegenüber zeigt die Realisierung CLM 2 einen anderen Trend. Danach sind die Hochwasserabflüsse der 25- und 50-Jährlichkeit in der Nahen Zukunft um etwa 10% geringer als im Referenzszenario. In der Fernen Zukunft nehmen sie leicht zu, bleiben jedoch ca. 5% unter den Hochwasserabflüssen des Referenzszenarios.

Die vergleichende Analyse der jahreszeitlichen Hochwasserabflüsse an der Roßbach-Mündung belegt, dass für die winterlichen Hochwasserabflüsse keine nennenswerten Veränderungen zu erwarten sind, die sommerlichen Hochwasserabflüsse aber in einem ähnlichen Ausmaß steigen wie die jährlichen.

Generell lässt sich feststellen, dass die Realisierung CLM 2 lediglich marginale Veränderungen der Hochwasserabflüsse mit sich bringt, die keine Anpassungsmaßnahmen für die Zukunft erforderlich machen. Für die Realisierung CLM 1 dagegen, und hier besonders für die Nahe Zukunft, ergeben sich gegenüber den heutigen Hochwasserabflüssen wesentlich höhere Abflüsse. Es ist demnach zwingend notwendig, Anpassungsmaßnahmen zu ergreifen, um die Auswirkungen des Klimawandels auf die Hochwasserabflüsse zu mindern bzw. zu kompensieren.

Die Spannbreite der Abflüsse auf Basis der projizierten Niederschlagsdaten Bönen ist bei beiden Realisierungen deutlich geringer, abweichend steigen die Abflüsse bei dieser projizierten Niederschlagsbelastung auch in der Fernen Zukunft weiter. Die Berechnungen mit den projizierten Niederschlagsstationen Bönen führen – anderes als bei den projizierten Niederschlagsdaten aus dem Roßbachgebiet - in beiden Realisierungen CLM 1 und CLM 2 zu einem Anstieg der Hochwasserabflüsse. Der Vergleich der Berechnungsergebnisse macht deutlich wie groß die Unsicherheiten der Prognosen sind.

7.2.4 Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsverfahren auf zukünftige Hochwasserabflüsse

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden sechs Szenarien unter Berücksichtigung der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung zur Abkopplung befestigter Flächen modelliert. Die sechs untersuchten Szenarien unterscheiden sich in der Art der einzusetzenden Bewirtschaftungsverfahren und im damit erreichten Abkopplungsgrad (s. Kapitel 6.2, Tabelle 30).

Abkopplungsszenario 1 besteht aus dezentralen Retentions- und Versickerungsmaßnahmen wie Mulden und Rigolen oder deren Kombination. Die weiteren Szenarien werden schrittweise um Flächen mit direkter Ableitung von Niederschlagsabflüssen in die Gewässer sowie um Maßnahmen zur Regenwassernutzung ergänzt. Der Prozentsatz abgekoppelter befestigter Fläche der einzelnen Szenarien ist für das Gesamteinzugsgebiets des Roßbachs in Tabelle 42 zusammengestellt, wobei der Ausgangszustand bzw. Ist-Zustand (0% Abkopplung) als Abkopplungsszenario „0“ bezeichnet wird.

| Abkopplungsszenario | Roßbach | Dellwiger Bach | Schmechtingsbach | Oespeler Bach |
|---------------------------|---------|----------------|------------------|---------------|
| 0 (Istzustand) | 0,0% | 0,0% | 0,0% | 0,0% |
| 1 | 19,5% | 22,7% | 19,8% | 9,6% |
| 2 | 24,1% | 22,7% | 23,7% | 12,1% |
| 3 | 28,7% | 25,6% | 27,4% | 17,3% |
| 4 | 29,3% | 26,2% | 27,9% | 19,1% |
| 5 | 29,6% | 26,2% | 28,3% | 19,3% |
| 6 | 30,0% | 26,4% | 28,8% | 19,3% |

Tabelle 42: Abkopplungsgrad für die ausgewählten Modellknoten

Roßbach

Abbildung 33 zeigt den Einfluss der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung auf den Hochwasserabfluss der 5-, 25- und 50-jährlichen Wiederkehrhäufigkeit an der Roßbach-Mündung für die Nahe Zukunft, für die bei Realisierung CLM 1 der größte Abflussanstieg erwartet wird. Die Differenz der Hochwasserabflüsse (HQ-Differenz), zwischen dem Referenzszenario und der Nahen Zukunft sowie zwischen dem Referenzszenario und der Fernen Zukunft bei Berücksichtigung der nRWB-Maßnahmen (Szenarien 1 bis 6) ist in Tabelle 43 zusammengefasst.

Bereits mit einer Abkopplung in Höhe von 19,5% kann bei Realisierung CLM 1 der Abfluss für alle Jährlichkeiten auf heutigem Niveau gehalten werden. Bei Realisierung CLM 2 findet eine deutliche Reduzierung der Abflüsse bis zu rd. 30% statt.

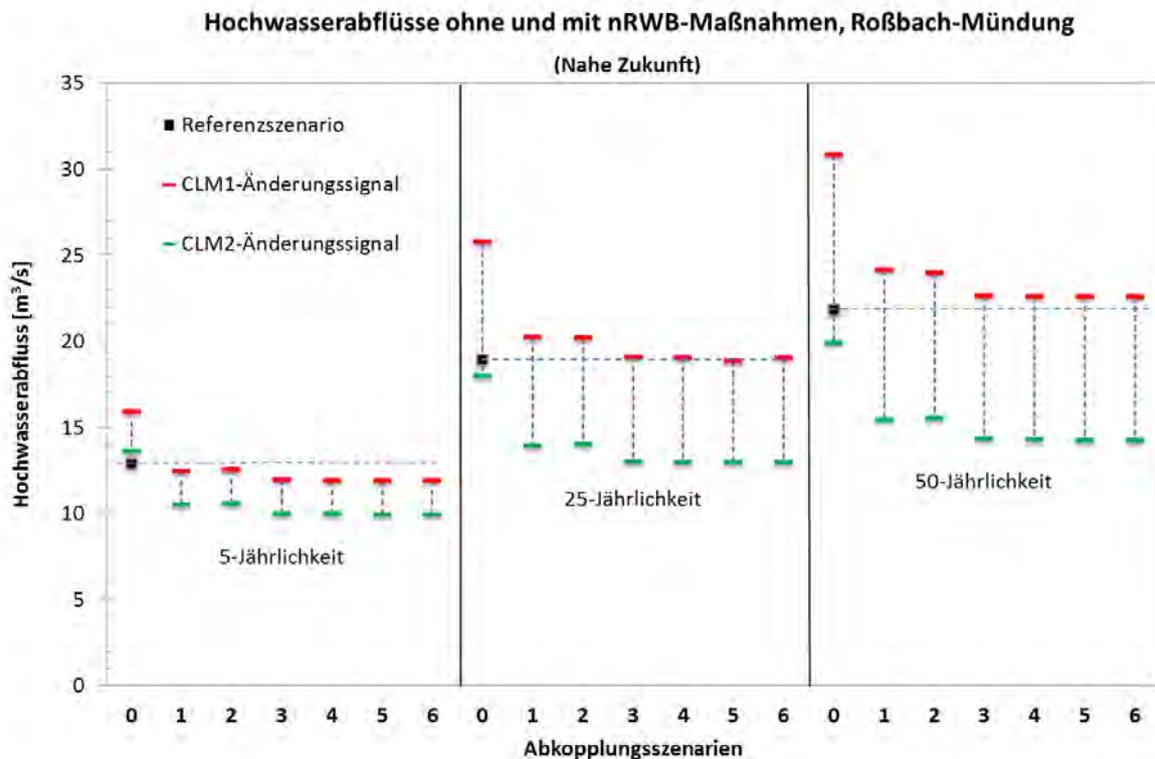


Abbildung 33: Projizierte HW-Abflüsse an der Roßbach- Mündung für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen)

| HQ-Referenzwert (m ³ /s) | | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | |
|-------------------------------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|
| | | 12,9 | | 19,0 | | 21,8 | |
| Abkopplungsgrad | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| CLM 1 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 23% | 14% | 36% | 22% | 41% | 25% |
| 1 | 19,5% | -4% | -10% | 7% | -3% | 11% | 1% |
| 2 | 24,1% | -3% | -9% | 6% | -2% | 10% | 0% |
| 3 | 28,7% | -8% | -13% | 1% | -7% | 4% | -5% |
| 4 | 29,3% | -8% | -13% | 0% | -7% | 3% | -5% |
| 5 | 29,6% | -8% | -13% | 0% | -7% | 3% | -5% |
| 6 | 30,0% | -8% | -13% | 0% | -7% | 3% | -5% |
| CLM 2 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 5% | 6% | -5% | 3% | -9% | 2% |
| 1 | 19,5% | -19% | -16% | -26% | -17% | -29% | -17% |
| 2 | 24,1% | -18% | -16% | -26% | -16% | -29% | -16% |
| 3 | 28,7% | -23% | -20% | -31% | -20% | -34% | -20% |
| 4 | 29,3% | -23% | -20% | -32% | -20% | -35% | -20% |
| 5 | 29,6% | -23% | -20% | -32% | -20% | -35% | -20% |
| 6 | 30,0% | -23% | -20% | -32% | -20% | -35% | -20% |

Tabelle 43: HQ-Differenz des Roßbaches (Mündung) durch Abkopplungsmaßnahmen

Von den eingesetzten nRWB-Maßnahmen erweisen sich die dezentralen Retentions- und Versickerungsmaßnahmen als besonders effektiv. Weiterhin lässt sich feststellen, dass die Abkopplung gewässernaher befestigter Flächen (innerhalb des 50 m-Buffers) über die direkte Ableitung zum Gewässer, wie in den Abkopplungsszenarien 2, 4 und 6 abgebildet, mit insgesamt 5,5% Abkopplung nur eine 1%ige Reduzierung der Hochwasserabflüsse bewirkt und somit nur bedingt effektiv ist. Dies ist dem Effekt geschuldet, dass die Abflüsse durch die kurzen Fließwege relativ schnell zum Gewässer abgeleitet werden und somit keinerlei wirkungsvolle Retention eintritt. Die Abkopplung von Straßenflächen mit bis zu 100 m Entfernung vom Gewässer mit den entsprechend längeren Fließzeiten bewirkt im Verhältnis zu den anderen skizzierten Abkopplungsmaßnahmen eine wesentliche Reduzierung der Abflussspitzen.

Dellwiger Bach

In Abbildung 34 ist der Einfluss der nRWB-Maßnahmen auf die Hochwasserabflüsse des Dellwiger Bachs für die Nahe Zukunft dargestellt. Die zugehörigen prozentualen Differenzen sind in Tabelle 44 zusammengefasst.

Die Wirkung der Abkopplungsmaßnahmen auf die Hochwasserabflüsse ist tendenziell identisch mit der für das Roßbach-Einzugsgebiet beschriebenen.

Die nRWB-Maßnahmen im Teileinzugsgebiet des Dellwiger Bachs dämpfen die Hochwasserabflüsse um nahezu 35%, dies ist die stärkste Reduzierung aller untersuchten Teileinzugsgebiete und korrespondiert mit dem, mit 22,7% ebenfalls höchsten Abkopplungsgrad im Untersuchungsgebiet durch Retention und Versickerung (Abkopplungsszenario 1).

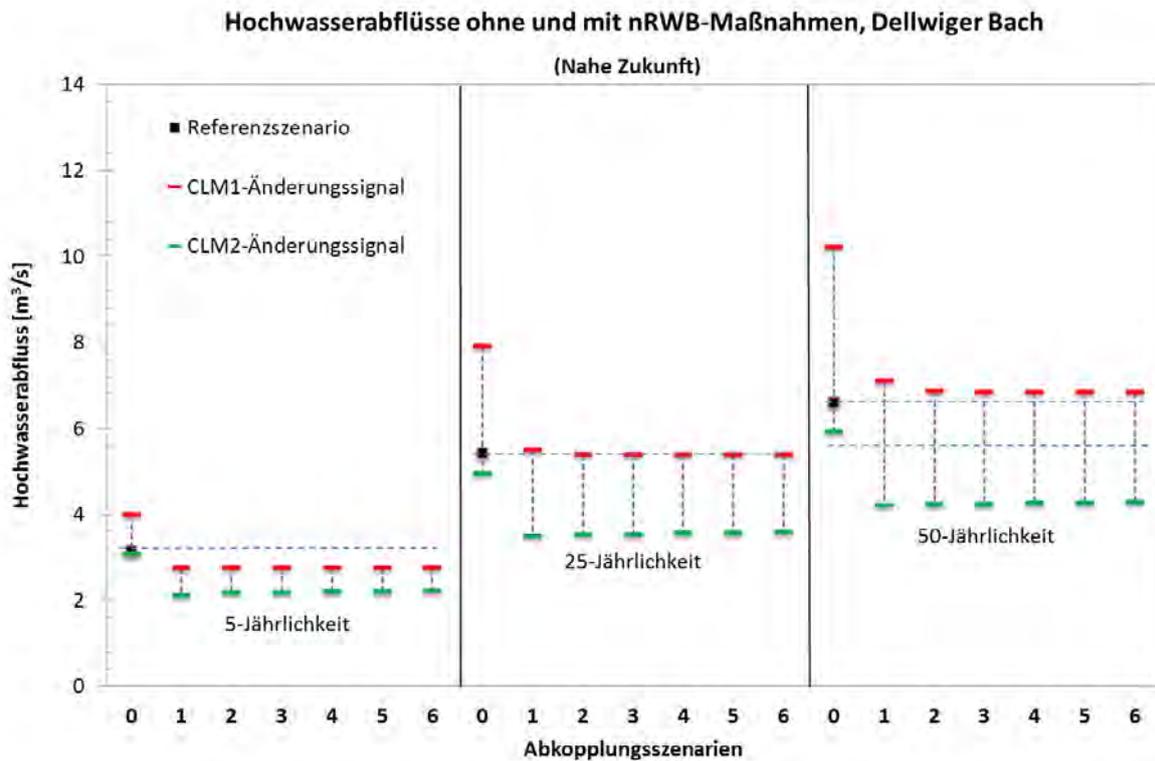


Abbildung 34: Projizierte HW-Abflüsse des Dellwiger Baches für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen)

| HQ-Referenzwert (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | | |
|--|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|------|
| | 3,2 | | 5,4 | | 6,6 | | |
| Abkopplungsgrad | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | |
| CLM 1 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 26% | 14% | 46% | 30% | 55% | 41% |
| 1 | 22,7% | -13% | -22% | 1% | -6% | 8% | 4% |
| 2 | 22,7% | -13% | -22% | -1% | -6% | 8% | 4% |
| 3 | 25,6% | -15% | -23% | -1% | -4% | 4% | 5% |
| 4 | 26,2% | -15% | -23% | -1% | -4% | 4% | 6% |
| 5 | 26,2% | -15% | -23% | -1% | -4% | 4% | 6% |
| 6 | 26,4% | -15% | -23% | -1% | -3% | 4% | 6% |
| CLM 2 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | -3% | -8% | -9% | -9% | -10% | -6% |
| 1 | 22,7% | -33% | -37% | -36% | -36% | -36% | -33% |
| 2 | 22,7% | -33% | -37% | -35% | -35% | -36% | -33% |
| 3 | 25,6% | -31% | -35% | -35% | -35% | -36% | -33% |
| 4 | 26,2% | -30% | -35% | -34% | -35% | -35% | -33% |
| 5 | 26,2% | -30% | -35% | -34% | -35% | -35% | -33% |
| 6 | 26,4% | -20% | -35% | -34% | -35% | -35% | -33% |

Tabelle 44: HQ-Differenz des Dellwiger Baches durch Abkopplungsmaßnahmen

Schmechtingsbach

Das Einzugsgebiet des Schmechtingsbachs weist von den vier untersuchten Gebieten den höchsten Befestigungsgrad und damit auch die größten Hochwasserabflüsse auf. Im Abkopplungsszenario 1 werden für dieses Teileinzugsgebiet von 19,8% der befestigten Flächen über Retention und Versickerung abgekoppelt. Hiermit kann der höhere Abfluss der Nahen Zukunft (CLM 1) gegenüber dem Referenzszenario von über 55 auf 19% reduziert werden (Abbildung 35, Tabelle 45). Durch die Abkopplung gewässernaher gewerblicher Flächen in einem Umkreis von 50 m vom Gewässer (Abkopplungsszenario 2) können weitere 3% Reduzierung erreicht werden. Die Abkopplung von Wohnstraßen (Abkopplungsszenario 3) lässt die Hochwasserabflüsse der Nahen Zukunft um weitere 5% sinken. Mit den in den Abkopplungsszenarien 4 bis 6 beschriebenen nRWB-Maßnahmen kann der erhöhte Abfluss der Nahen Zukunft gegenüber dem Referenzszenario auf 6 bis 8% verringert werden.

Die Auswirkung auf die Bemessungssicherheit des HRB Schmechtingsbach wird in Kapitel 7.4 erläutert.

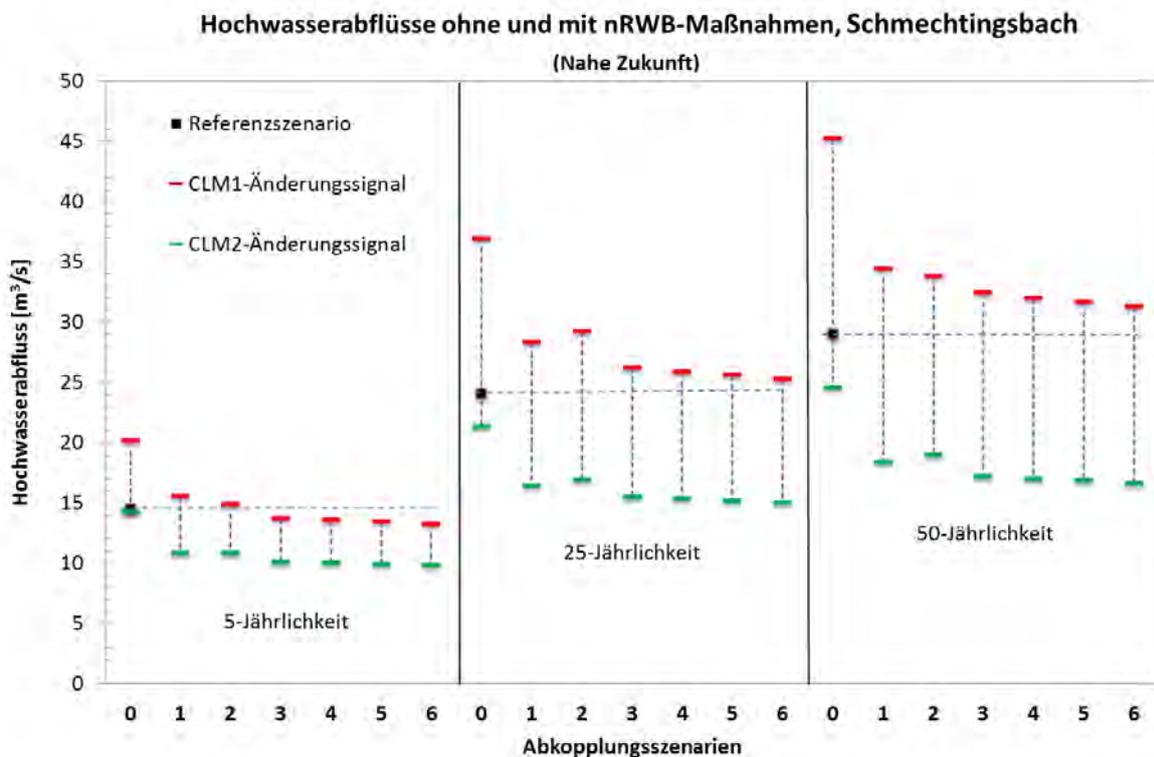


Abbildung 35: Projizierte HW-Abflüsse im Schmechtingsbach für die Nahe Zukunft (ohne und mit den Abkopplungsmaßnahmen)

| HQ-Referenzwert (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | | |
|--|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-------------------|--------------------|-----|
| | 14,5 | | 24,1 | | 29,0 | | |
| Abkopplungsgrad | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | Nahe Zu- kunft | Ferne Zu- kunft | |
| CLM 1 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 39% | 26% | 53% | 44% | 56% | 51% |
| 1 | 19,8% | 7% | -3% | 17% | 11% | 19% | 17% |
| 2 | 23,7% | 3% | -10% | 21% | 3% | 16% | 8% |
| 3 | 27,4% | -6% | -16% | 9% | -4% | 12% | 0% |
| 4 | 27,9% | -7% | -16% | 7% | -5% | 10% | -1% |
| 5 | 28,3% | -8% | -17% | 6% | -6% | 9% | -2% |
| 6 | 28,8% | -9% | -18% | 5% | -7% | 8% | -3% |

| CLM 2 | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 0,0% | -2% | 2% | -12% | -4% | -15% | -7% |
| 1 | 19,8% | -26% | -21% | -32% | -23% | -37% | -27% |
| 2 | 23,7% | -25% | -26% | -30% | -28% | -35% | -31% |
| 3 | 27,4% | -31% | -30% | -36% | -31% | -41% | -35% |
| 4 | 27,9% | -31% | -31% | -36% | -32% | -41% | -35% |
| 5 | 28,3% | -32% | -31% | -37% | -33% | -42% | -36% |
| 6 | 28,8% | -32% | -32% | -38% | -33% | -43% | -36% |

Tabelle 45: HQ-Differenz des Schmechtingsbaches durch Abkopplungsmaßnahmen

Oespeler Bach

Der Oespeler Bach entwässert ein relativ kleines Einzugsgebiet mit einem hohen Befestigungsgrad. Aufgrund des hohen Grundwasserstandes und unzureichender Durchlässigkeit des Bodens lassen sich lediglich 9,6% der befestigten Fläche durch dezentrale Versickerung abkoppeln. Entsprechend gering sind die Auswirkungen auf die Hochwasserabflüsse. In dem auch hier kritischsten Fall der Nahen Zukunft (CLM 1) lassen sich die um 62% höheren Abflüsse gegenüber dem Referenzszenario bei Tn = 50a lediglich um 20%-Punkte reduzieren (Abbildung 36, Tabelle 46). Die Abkopplung von 5% befestigter Fläche über direkte Ableitung der Abflüsse von Wohnstraßen zum Gewässer, wie sie in Abkopplungsszenario 3 verfolgt wird, verringert den Hochwasserabfluss um weitere 6 bis 9%. Durch die übrigen Abkopplungsszenarien wird keine weitere Reduzierung der Abflüsse mehr erreicht. So kann durch die mögliche Abkopplung von max. 19.3% der erhöhte Abfluss bei der Realisierung CLM 1 in der Nahen und Fernen Zukunft nicht kompensiert werden.

Die Auswirkung der höheren Hochwasserabflüsse auf die Bemessungssicherheit des HRB „In der Meile“ wird in Kapitel 7.4 erläutert.

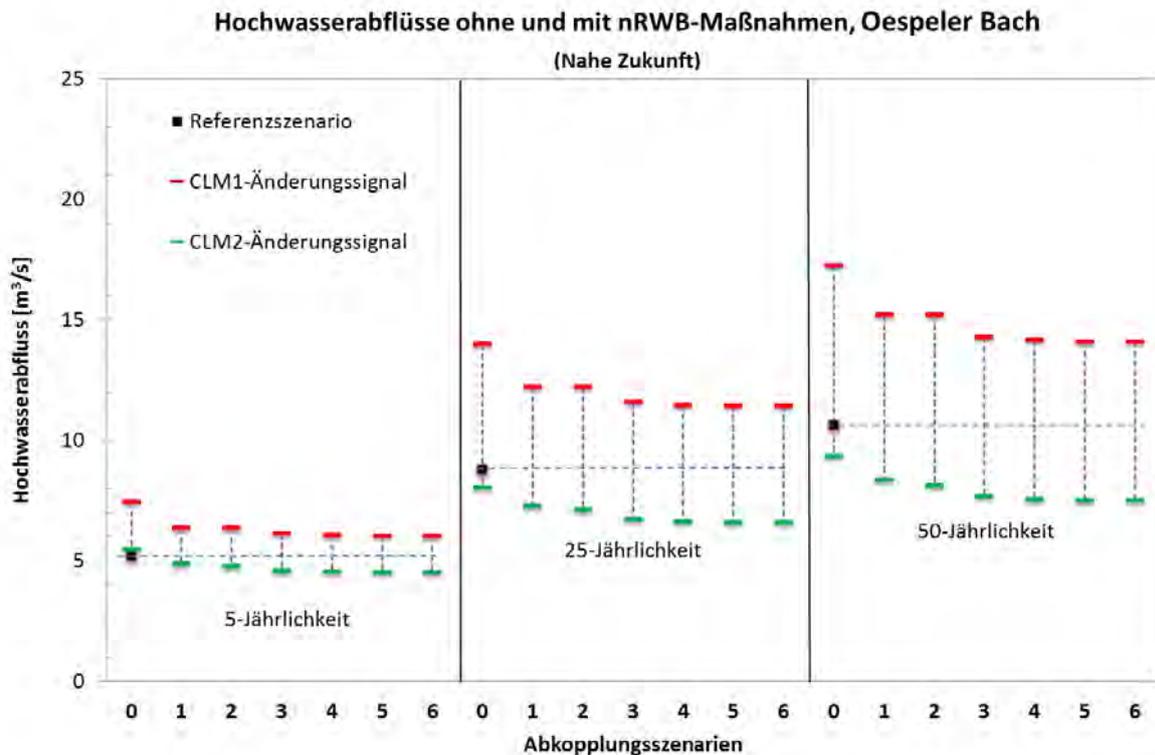


Abbildung 36: Projizierte HW-Abflüsse im Oespeler Bach für die Nahe Zukunft (ohne und mit Abkopplungsmaßnahmen)

| HQ-Referenzwert (m ³ /s) | 5-Jährlichkeit | | 25-Jährlichkeit | | 50-Jährlichkeit | | |
|--|----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|------|
| | 5,2 | | 8,8 | | 10,6 | | |
| Abkopplungsgrad | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | |
| CLM 1 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 44% | 24% | 59% | 42% | 62% | 49% |
| 1 | 9,6% | 22% | 7% | 39% | 23% | 43% | 29% |
| 2 | 12,1% | 22% | 5% | 39% | 21% | 43% | 27% |
| 3 | 17,3% | 18% | 1% | 32% | 16% | 34% | 22% |
| 4 | 19,1% | 17% | 0% | 30% | 15% | 33% | 21% |
| 5 | 19,3% | 16% | 0% | 30% | 15% | 32% | 21% |
| 6 | 19,3% | 16% | 0% | 30% | 15% | 32% | 21% |
| CLM 2 | | | | | | | |
| 0 | 0,0% | 5% | 13% | -9% | 2% | -12% | -4% |
| 1 | 9,6% | -6% | -2% | -17% | -11% | -21% | -16% |
| 2 | 12,1% | -8% | -4% | -19% | -12% | -24% | -17% |
| 3 | 17,3% | -12% | -7% | -23% | -15% | -28% | -20% |
| 4 | 19,1% | -13% | -7% | -25% | -16% | -29% | -20% |
| 5 | 19,3% | -13% | -8% | -25% | -16% | -29% | -21% |
| 6 | 19,3% | -13% | -8% | -25% | -16% | -29% | -21% |

Tabelle 46: HQ-Differenz des Oespeler Baches durch Abkopplungsmaßnahmen

Analyse der Abflussganglinien

Abbildung 37 zeigt die Ganglinien eines Hochwasserereignisses (CLM 1-Realisierung) der Nahen Zukunft für die vier ausgewerteten Modellknoten. Ihnen liegen das Abkopplungsszenario 0 (Ist-Zustand, blau), Abkopplungsszenario 1 (rot) und Abkopplungsszenario 6 (grün) (Tabelle 42) zugrunde. Dem dargestellten Hochwasserereignis, das eine Wiederkehrhäufigkeit von 20 Jahren hat, ist ein Ereignis mit 2-jährlicher Wiederkehrhäufigkeit unmittelbar (<24 h) vorangegangen. Trotz der kurzfristigen wiederholten Beaufschlagung der nRWB-Maßnahmen kann für das spätere, seltenere Ereignis in Abkopplungsszenario 1 eine Reduzierung des Hochwasserscheitels je nach Jährlichkeit um 15 bis 30% erreicht werden. Die zusätzliche Abkopplung durch die direkte Ableitung der Niederschlagsabflüsse gewässernaher Flächen sowie Regenwassernutzung (Abkopplungsszenarios 6) bewirkt eine weitere mäßige Scheitelabflachung. Das Abflussvolumen wird um 7% reduziert.

An diesem Beispiel wird deutlich, dass die Scheitelabflüsse von Hochwasserereignissen durch die dezentrale Bewirtschaftung von Regenwasser effizient verringert werden können. Es belegt zudem, dass nRWB-Maßnahmen, die auf Retentionsvolumen bemessen werden, in der Lage sind, aus Starkregen resultierende Abflüsse (>20 mm) kurzer Dauer zu reduzieren.

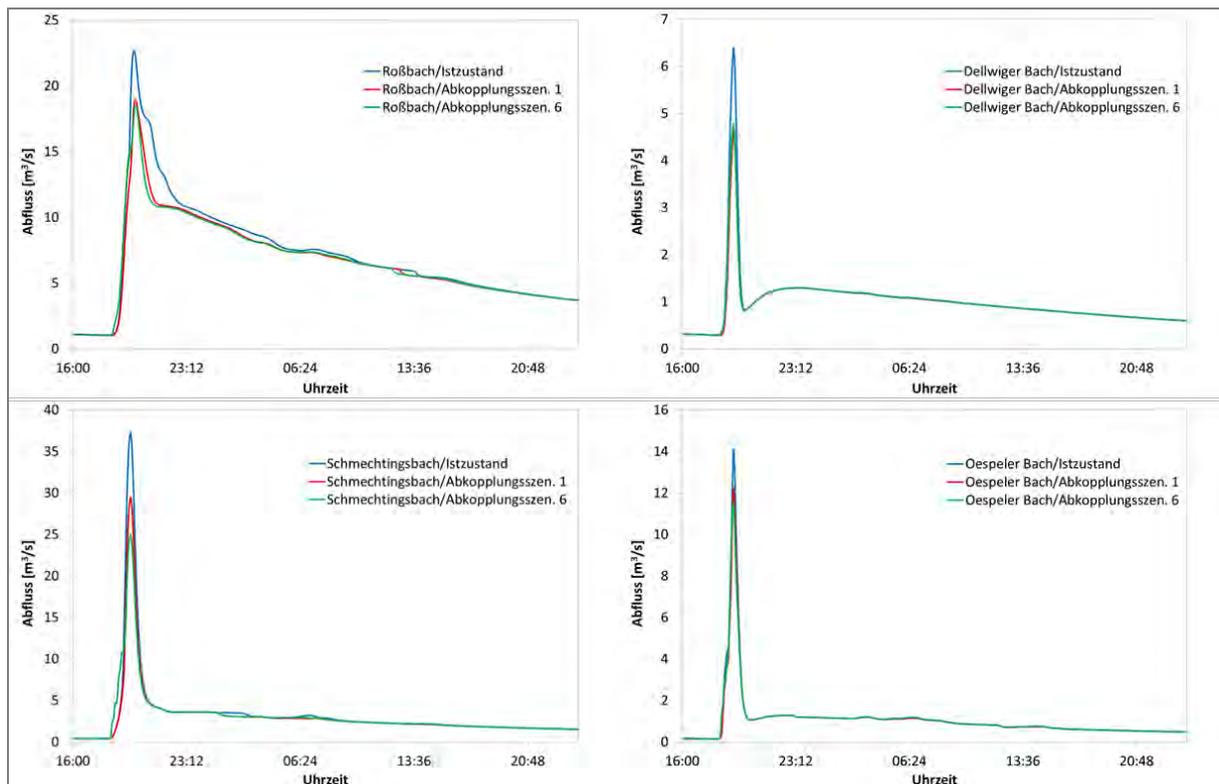


Abbildung 37: Abflussganglinie des Hochwasserereignisses aus projizierten Klimadaten CLM 1 am 04.07.2023 (Nahe Zukunft)

7.2.5 Zwischenfazit: Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftung

Um den Anstieg der Hochwasserabflüsse angesichts der unsicheren künftigen Klimabedingungen und dadurch entstehender stärker und häufiger auftretende Niederschlagsereignisse zu begrenzen bzw. zu kompensieren, sind „no-regret“ Maßnahmen notwendig, wie sie die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung darstellt. Die Untersuchungen und Ergebnisse belegen, dass für die beiden Realisierungen CLM 1 sowie CLM 2 die dezentrale Retention und Versickerung sowie die direkte Ableitung von Niederschlagsabflüssen in Gewässer zu einer relevanten Verringerung von Hochwasserabflüssen führt.

Die Abkopplung von 30% der befestigten Fläche im Direkteinzugsgebiet des Roßbachs über nRWB-Maßnahmen reduziert die klimawandelbedingte Zunahme des Hochwasserabflusses an der Roßbachmündung für den kritischsten Zeitraum „Nahe Zukunft, Realisierung CLM 1“ nahezu vollständig. Auch für das Einzugsgebiet des Schmechtingsbachs - das durch einen hohen Anteil befestigter Flächen und folglich auch entsprechend großen Hochwasserabflüssen charakterisiert ist - wurde über die Modellberechnungen nachgewiesen, dass mit nRWB-Maßnahmen der Hochwasserabfluss auch bei hohen Jährlichkeiten reduziert werden kann. Am Oespeler Bach, dessen Einzugsgebiet lediglich einen realisierbaren Abkopplungsgrad von 19% aufweist, kann die angestrebte Reduzierung des Hochwasserabflusses gemessen am Referenzabfluss, nicht erreicht werden. Generell lässt sich folgern, dass die Abkopplung von mindestens 30% der befestigten Flächen notwendig ist, um allein über Maßnahmen der nRWB den klimawandelbedingten Anstieg der Hochwasserabflüsse in der Nahen Zukunft zu kompensieren.

Bei Realisierung CLM 2 sind nur geringfügige Anstiege in den Hochwasserabflüssen zu erwarten, hier bewirken bereits 20% Abkopplung eine signifikante Unterschreitung der Abflüsse in der Nahen und Fernen Zukunft im Vergleich zum Referenzzeitraum.

Verfahren der Retention und Versickerung, die in Abkopplungsszenario 1 zum Einsatz kommen, bezüglich der Vermeidung großer Hochwasserabflüsse und -volumen sind effektiver als die direkte Einleitung von Niederschlagsabflüssen ins Gewässer (Abkopplungsszenarien 2, 4 und 6). Die Abkopplung über die direkte Einleitung des Regenwassers von Flächen in einem 50 m-Buffer hat keinen Einfluss auf Hochwasserabflüsse, weil die Fließzeiten und -wege für einen Retentionseffekt zu kurz sind. Deutlich effektiver ist die Abkopplung von Straßen über Gräben innerhalb eines Umkreises von 100 m um die Gewässer (Abkopplungsszenario 3).

7.3. Statistische Ermittlung der Niedrigwasserabflüsse

Nach den Untersuchungen zu den Auswirkungen des Klimawandels sind in der Emscher-Lippe Region [9] in Zukunft längere Perioden trockener Tage zwischen sommerlichen Niederschlagsereignissen zu erwarten, die sich auf die Niedrigwasserabflüsse (NW-Abflüsse) in den Gewässern auswirken. Zur Beurteilung der Auswirkungen werden auch die Niedrigwasserabflüsse an den vier Modellknoten für die verschiedenen Szenarien mit dem Hydrologischen Modell ermittelt.

Neben den Untersuchungen zur Veränderung der Niedrigwasserabflüsse in der Zukunft ist auch die längste jährliche Unterschreitungsdauer für die Gewässerentwicklung von zentraler Bedeutung.

Der Niedrigwasserabfluss ist definiert als geringster durchschnittlicher Abfluss einer 7-Tage-Periode eines Jahres (NMQ7). Die Unterschreitungsdauer ist definiert als längste Periode, in der der Niedrigwasserabfluss des Gewässers unterhalb eines zuvor bestimmten Schwellenwertes bleibt. Hierzu wird der NMQ7-Wert des Referenzszenarios herangezogen [DVWK-Regeln 120/1983].

Die statistische Analyse des Niedrigwasserabflusses basiert auf den Richtlinien der DVWK-Regeln 120/1983 und 121/1992. Die durchschnittliche Niedrigwasser-Häufigkeitsverteilung wurde aus der Anpassung der Normal-, Person-3- sowie der Weibull-Verteilung an die empirische Verteilung des jährlichen Niedrigwasserabflusses mit Hilfe der Software TimeView ermittelt (Abbildung 38). Im Folgenden werden die Ergebnisse der Analyse der Veränderungen im Niedrigwasserabfluss jeweils für die 1-, 5- und 10-jährliche Wiederkehrwahrscheinlichkeit sowie der durchschnittlich längsten Dauer des Niedrigwasserabflusses auf Basis der Veränderungen des Niederschlagsaufkommens bedingt durch den Klimawandel mit und ohne nRWB-Maßnahmen erläutert.

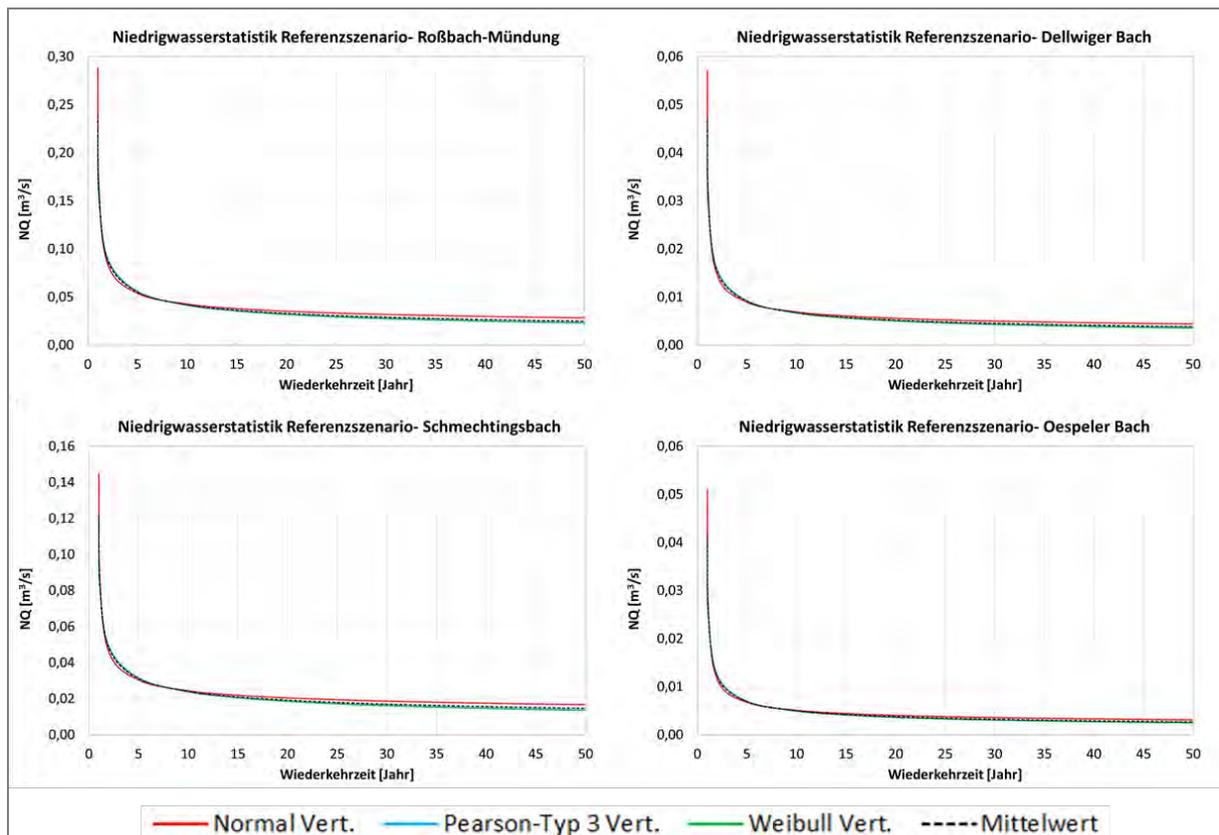


Abbildung 38: Verteilungsfunktionen der NW-Abflüsse im Roßbach und in den Nebenläufen (Referenzszenario)

7.3.1 Einfluss des Klimawandels auf den Niedrigwasserabfluss

Roßbach

Die Niedrigwasserabflüsse mit 1-, 5- und 10-jährlicher Wiederkehrwahrscheinlichkeit sowie die zugehörigen Veränderungen in der Nahen und Fernen Zukunft sind für die Roßbach-Mündung in Abbildung 39 und Tabelle 47 zusammengestellt. Für das Referenzszenario wurde der Niedrigwasserabfluss mit $0,24 \text{ m}^3/\text{s}$ für den 1-jährlichen Abfluss, $0,06 \text{ m}^3/\text{s}$ für den 5-jährlichen und $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ für den 10-jährlichen Abfluss ermittelt.

Bezogen auf die Realisierung CLM 1 weisen die Ergebnisse der Nahen und Fernen Zukunft im Vergleich zum Referenzszenario auf eine geringfügige ($\approx \pm 10\%$) Veränderung des Niedrigwasserabflusses hin. Bei Realisierung CLM 2 können die Niedrigwasserabflüsse in der Nahen Zukunft um bis zu 30% steigen, jedoch sinken sie in der Fernen Zukunft um 24% unter die des Referenzszenarios. Der Niedrigwasserabfluss für die 5- bzw. 10-jährliche Wiederkehrwahrscheinlichkeit wird sich für die Nahe Zukunft nicht signifikant verändern, in der Fernen Zukunft aber um nahezu 40% abnehmen.

Als Mittelwert der längsten jährlichen Unterschreitungsdauer [13] ergeben sich für den Referenzzeitraum 11 Tage (Tabelle 47). Die Berechnungen basierend auf der Realisierung CLM 1 ergeben eine Verlängerung auf 14 Tage für die Nahe und 27 Tage für die Ferne Zukunft. Bei der Realisierung CLM 2 verringert sich die Unterschreitungsdauer für die Nahe Zukunft auf 8 Tage und verlängert sich für die Ferne Zukunft auf 23 Tage.

Die Ergebnisse für $T_n = 1a$ lassen zwar für die Nahe Zukunft, CLM 2 sogar eine leichte Verbesserung der Niedrigwassersituation erkennen, für die Ferne Zukunft können sich aber über sehr lange Zeitspannen Niedrigwasserabflüsse unter NM7Q einstellen.

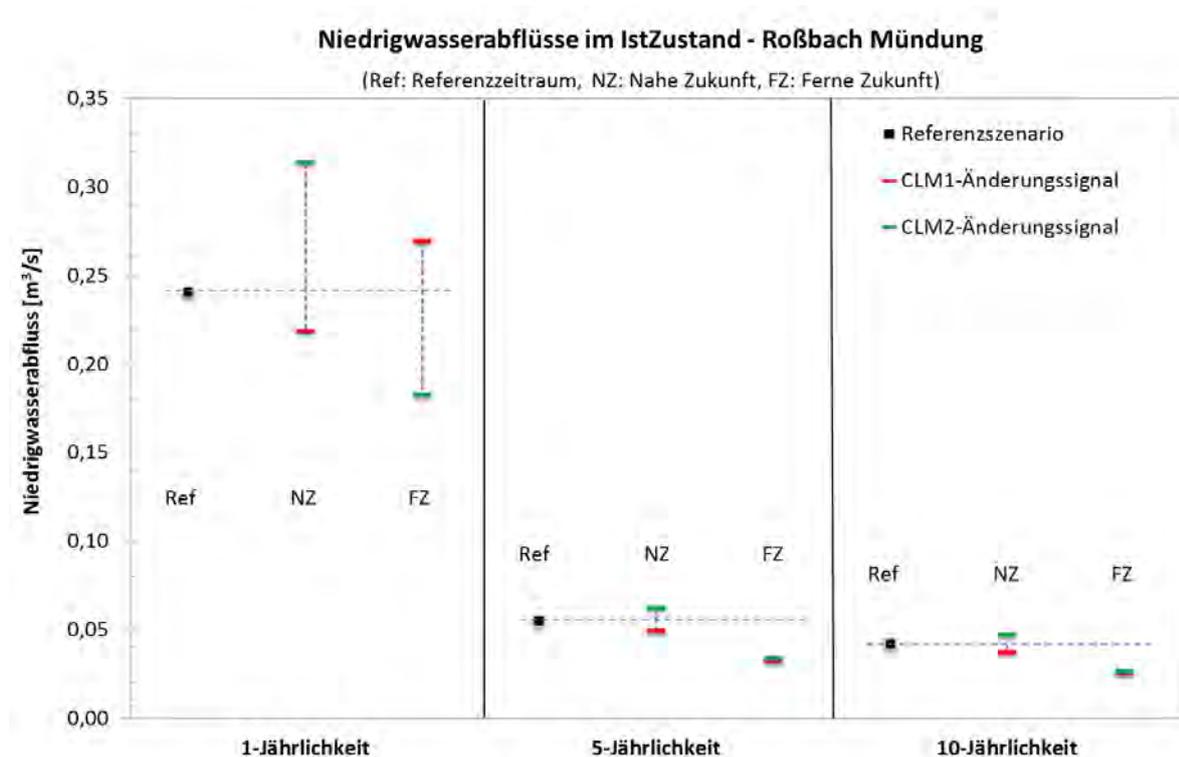


Abbildung 39: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung

| | Referenz-szenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|------------------------|--------------|----------------|--------------|----------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zu-kunft | Nahe Zukunft | Ferne Zu-kunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,24 m ³ /s | -9% | 12% | 30% | -24% |
| 5-Jährlichkeit | 0,06 m ³ /s | -10% | -41% | 13% | -38% |
| 10-Jährlichkeit | 0,04 m ³ /s | -12% | -40% | 11% | -38% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-Jahre Durchschnitt | 11 | 14 | 27 | 8 | 23 |

Tabelle 47: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer an der Roßbach-Mündung

Dellwiger Bach

Die Niedrigwasserabflüsse des Dellwiger Bachs liegen zwischen 50 – 7 l/s je nach Wiederkehrwahrscheinlichkeit (Abbildung 40, Tabelle 48).

Die Veränderungen des Niedrigwasserabflusses weisen am Dellwiger Bach die gleichen Tendenzen wie an der Roßbach-Mündung auf. Deutlich gravierender wirkt der prognostizierte Klimawandel der Fernen Zukunft auf die längste Unterschreitungsdauer im Dellwiger Bach. Die Zeiträume verlängern sich um das 2,5 bis 3fache.

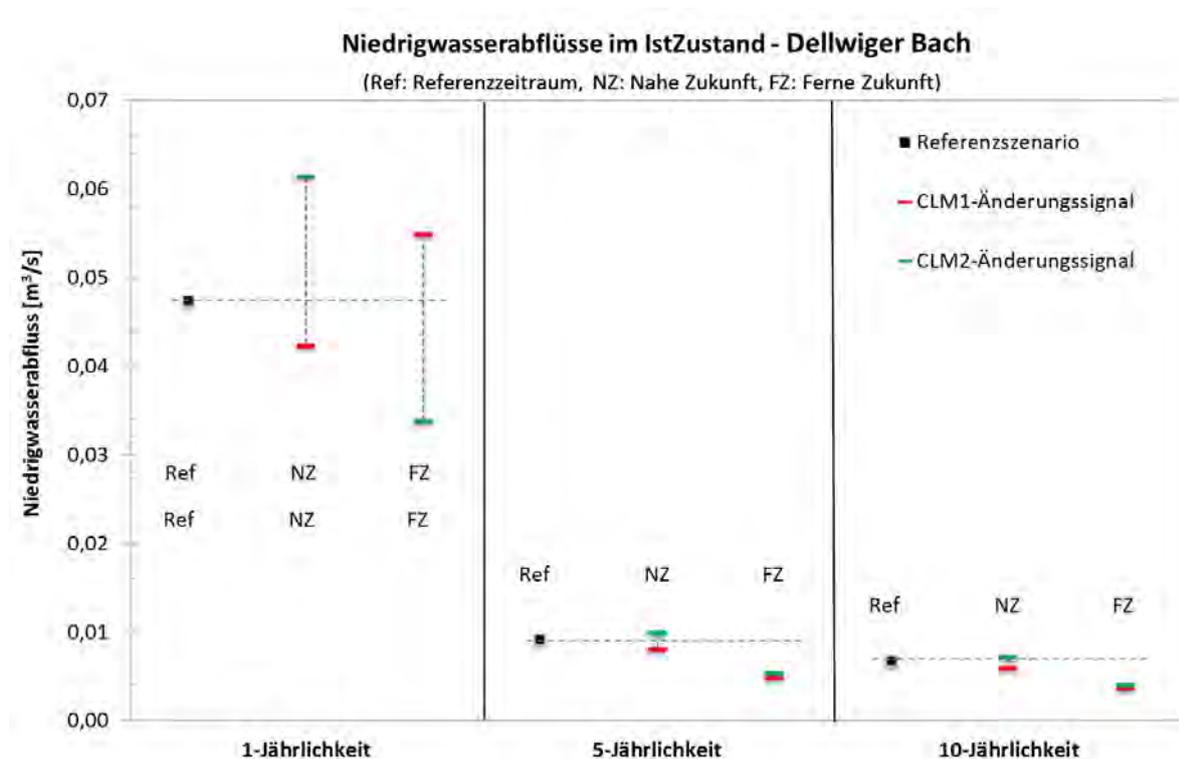


Abbildung 40: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse im Dellwiger Bach

| | Referenz-szenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|-------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zu-kunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,05 m ³ /s | -11% | 16% | 30% | -29% |
| 5-Jährlichkeit | 0,009 m ³ /s | -12% | -48% | 9% | -42% |
| 10-Jährlichkeit | 0,007 m ³ /s | -13% | -47% | 5% | -41% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-JahreDurchschnitt | 17 | 20 | 49 | 14 | 40 |

Tabelle 48: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Dellwiger Bach

Schmechtingsbach

Für den Schmechtingsbach (Abbildung 41, Tabelle 49) sind gemäß Realisierung CLM 1 geringe Veränderungen des jährlichen Niedrigwasserabflusses zu erwarten, die tendenziell aber für die Nahe und Ferne Zukunft rückläufig sind. Die Realisierung CLM 2 führt für die Nahe Zukunft eine Zunahme der Niedrigwasserabflüsse um 17 bis 24% und für die Ferne Zukunft eine Abnahme um 23 bis 35%.

Für das Referenzszenario beträgt die durchschnittliche längste Unterschreitungsdauer im Schmechtingsbach 13 Tage. Wenngleich sich dies bei beiden Realisierungen in der Nahen Zukunft kaum ändert, kann die Dauer in der Fernen Zukunft auf bis zu 30 Tage ansteigen.

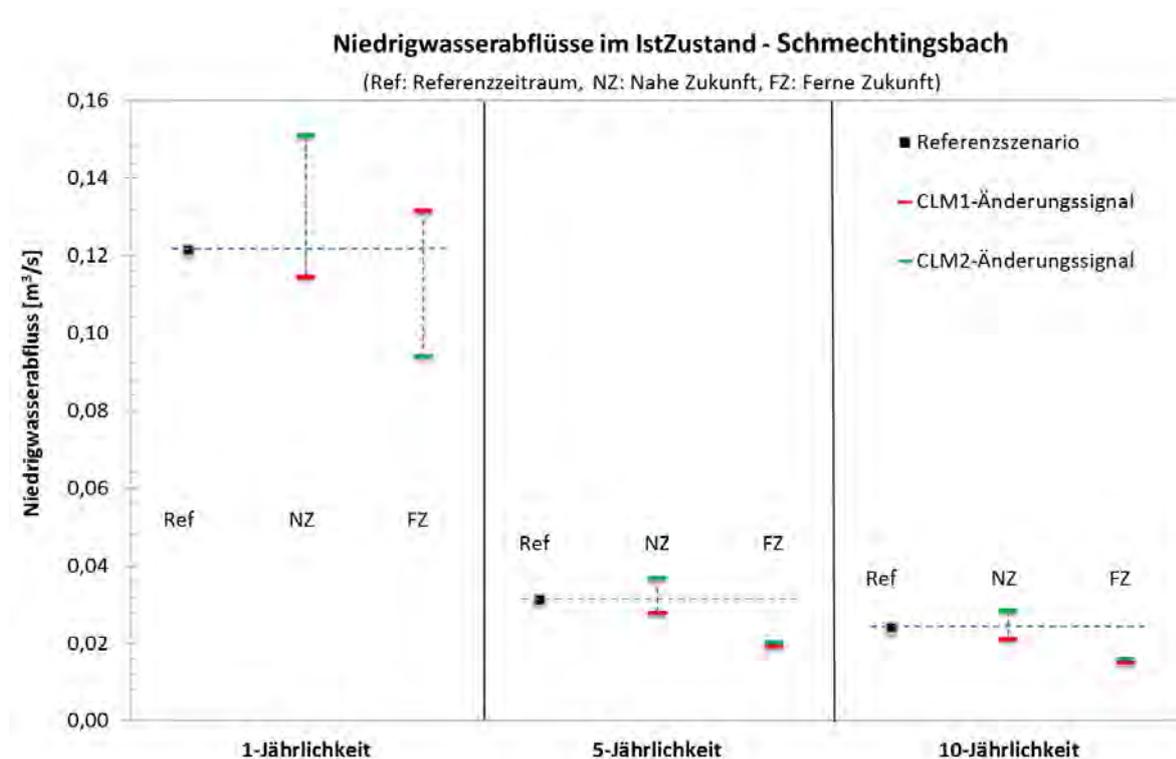


Abbildung 41: Ensemble-Projektion der NW-Abflüsse im Schmechtingsbach

| | Referenz-szenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|-------------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zu-kunft | Ferne Zu-kunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,121 m ³ /s | -6% | 8% | 24% | -23% |
| 5-Jährlichkeit | 0,031 m ³ /s | -11% | -39% | 18% | -35% |
| 10-Jährlichkeit | 0,024 m ³ /s | -13% | -37% | 17% | -35% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-JahreDurchschnitt | 13 | 15 | 29 | 8 | 28 |

Tabelle 49: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Schmechtingsbach

Oespeler Bach

Von allen betrachteten Gewässerabschnitten weist der Oespeler Bach die schwächste Niedrigwasserführung auf (Abbildung 42, Tabelle 50). Gemäß den Ergebnissen basierend auf der Realisierung CLM 1 ist für die Nahe Zukunft keine Veränderung der Niedrigwasserabflüsse im Oespeler Bach zu erwarten, für die Ferne Zukunft wird eine Zunahme um 14% vorhergesagt. Für seltenere Wiederkehrhäufigkeiten wird eine Abnahme auf 20 bis 50% berechnet. Gemäß Realisierung CLM 2 ist für die Nahe Zukunft von einer Steigerung des Niedrigwasserabflusses um 15 bis 33% und eine Abnahme um 30 bis 45% in der Fernen Zukunft auszugehen.

Wie an den anderen Gewässerabschnitten ändert sich auch am Oespeler Bach die Unterschreitungsdauer für die Niedrigwasserabflüsse in der Nahen Zukunft marginal, wogegen für die Ferne Zukunft von einer Zunahme auf mehr als das Doppelte gegenüber dem Referenzszenario ausgegangen wird.

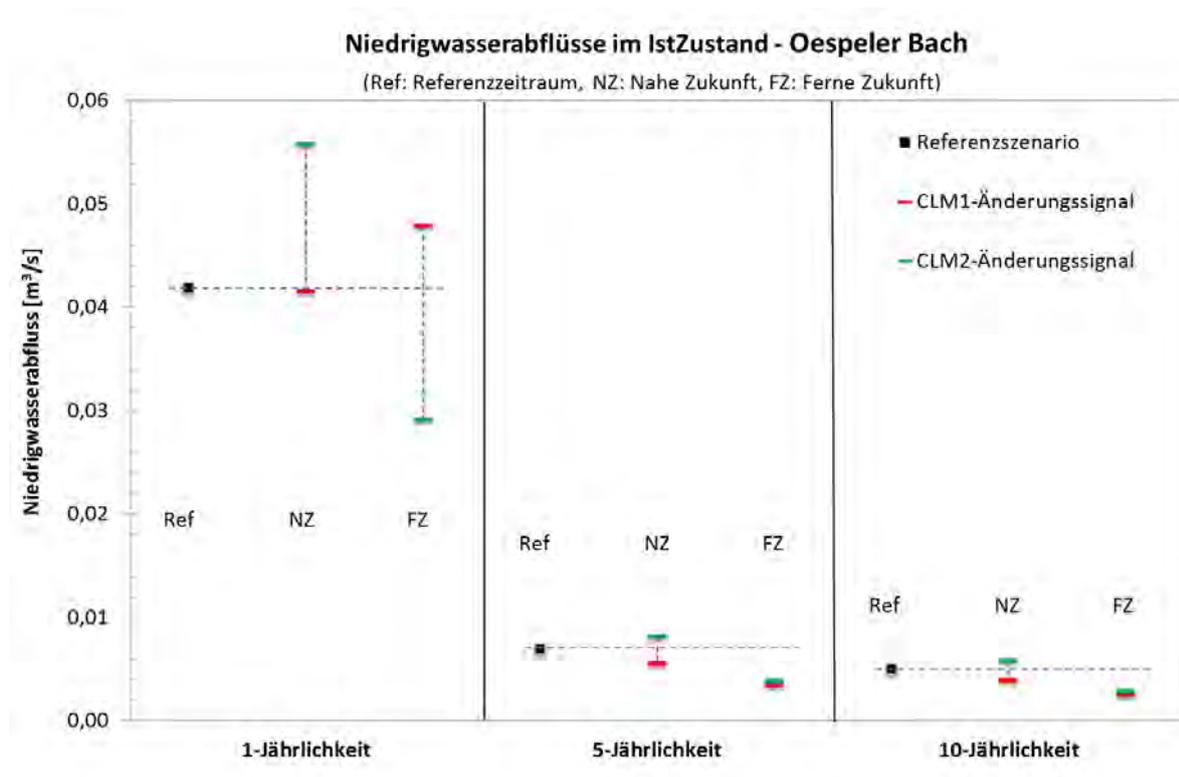


Abbildung 42: Ensemble-Projektion für die NW-Abflüsse im Oespeler Bach

| | Referenzszenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|-------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,042 m ³ /s | -1% | 14% | 33% | -31% |
| 5-Jährlichkeit | 0,007 m ³ /s | -20% | -51% | 17% | -45% |
| 10-Jährlichkeit | 0,005 m ³ /s | -23% | -50% | 15% | -44% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-JahreDurchschnitt | 8 | 11 | 18 | 6 | 18 |

Tabelle 50: Projizierte Änderungen der NW-Abflüsse und NW-Dauer im Oespeler Bach

7.3.2 Zwischenfazit: Auswirkung des Klimawandels auf Niedrigwasser

Die Untersuchungen zum Einfluss des Klimawandels auf die Niedrigwassersituation der Gewässer in der Emscherregion [9] zeigen, dass die Trockenwetterphasen zwischen sommerlichen Niederschlagsereignissen zukünftig länger sein werden als heute. Basierend auf der Realisierung CLM 1 wird eine Zunahme zusammenhängender Trockentage im Sommer von rund 20% erwartet.

In der Nahen Zukunft wird sich bei Realisierung CLM 1 gegenüber dem Referenzszenario bei den höheren Jährlichkeiten eine marginale Abnahme der Niedrigwasserabflüsse sowie eine geringfügige Verlängerung der Niedrigwasserdauer einstellen. Im Gegensatz dazu wird bei Realisierung CLM 2 eine Zunahme der Niedrigwasserabflüsse in der Nahen Zukunft, die von kürzeren Niedrigwasserdauern begleitet wird, diagnostiziert. In der Fernen Zukunft stellen sich bei beiden Realisierungen insbeson-

dere für höhere Wiederkehrzeiten (>5 Jahre) deutlich geringere Niedrigwasserabflüsse ein (40%). Gravierend sind die Folgen des Klimawandels in der Fernen Zukunft auf die Niedrigwasserhältnisse in den Gewässern. Für beide Realisierungen wird die Unterschreitung der Niedrigwasserdauern dann mehr als doppelt so lang sein wie im Referenzszenario.

Die längeren Niedrigwasserzeiträume, deren Unterschreitung und die damit verbundene geringere Wasserverfügbarkeit während sommerlicher Trockenzeiten können erheblichen Einfluss auf die Gewässerökologie haben. Durch die mangelhafte Wasserverfügbarkeit über lange Zeiträume sind Flora und Fauna in den Gewässern und entlang der Ufer wahrscheinlich in ihrer Existenz bedroht. Die Notwendigkeit, in den Gewässern über entsprechende Anpassungsmaßnahmen - wie dezentrale Versickerungsmaßnahmen - ein ausreichendes Wasserdargebot während Trockenzeiten sicherzustellen, ist somit offensichtlich.

7.3.3 Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsverfahren auf zukünftige Niedrigwasserabflüsse

Über die Versickerung der Niederschlagsabflüsse befestigter Flächen in Mulden und / oder Rigolen wird eine Steigerung der Grundwasserneubildung erreicht, die auch einen Beitrag zur Stärkung der Niedrigwasserabflüsse in trockenen Zeiten leisten kann. Vor diesem Hintergrund wird erwartet, dass die dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen gemäß Abkopplungsszenario 1 (s. Kapitel 6.2, Tabelle 28) die Niedrigwassersituation im Roßbach und seinen Nebenläufen auch für die Zukunft verbessert. Ob und in welchem Umfang diese Verbesserungen eintreten, wird im Folgenden anhand eines Vergleichs zukünftiger Niedrigwasserabflüsse und –dauern für die Realisierungen CLM 1 und CLM 2 mit und ohne Berücksichtigung der nRWB-Maßnahmen beschrieben.

Roßbach

In Abbildung 43 und Tabelle 51 sind die Ergebnisse der Niedrigwassersimulation an der Roßbach-Mündung mit und ohne nRWB-Maßnahmen gegenüber gestellt. Es wird deutlich, dass die nRWB-Maßnahmen (20% Abkopplung) unabhängig von der Realisierung nur einen begrenzt positiven Einfluss (max. 10%) auf die Niedrigwassersituation haben. Betrachtet man die längste Unterschreitungsdauer der Niedrigwasserabflüsse (Tabelle 47), so können die nRWB-Maßnahmen die Unterschreitungsdauer von 8 (CLM 1) bzw. 14 (CLM 2) Tagen in der Nahen Zukunft auf 12 bis 5 Tage verkürzen. In der Fernen Zukunft ist die Verkürzung der Unterschreitungsdauer von 3 bzw. 4 Tagen zu gering, um den Klimawandelfolgen effektiv entgegen zu wirken.

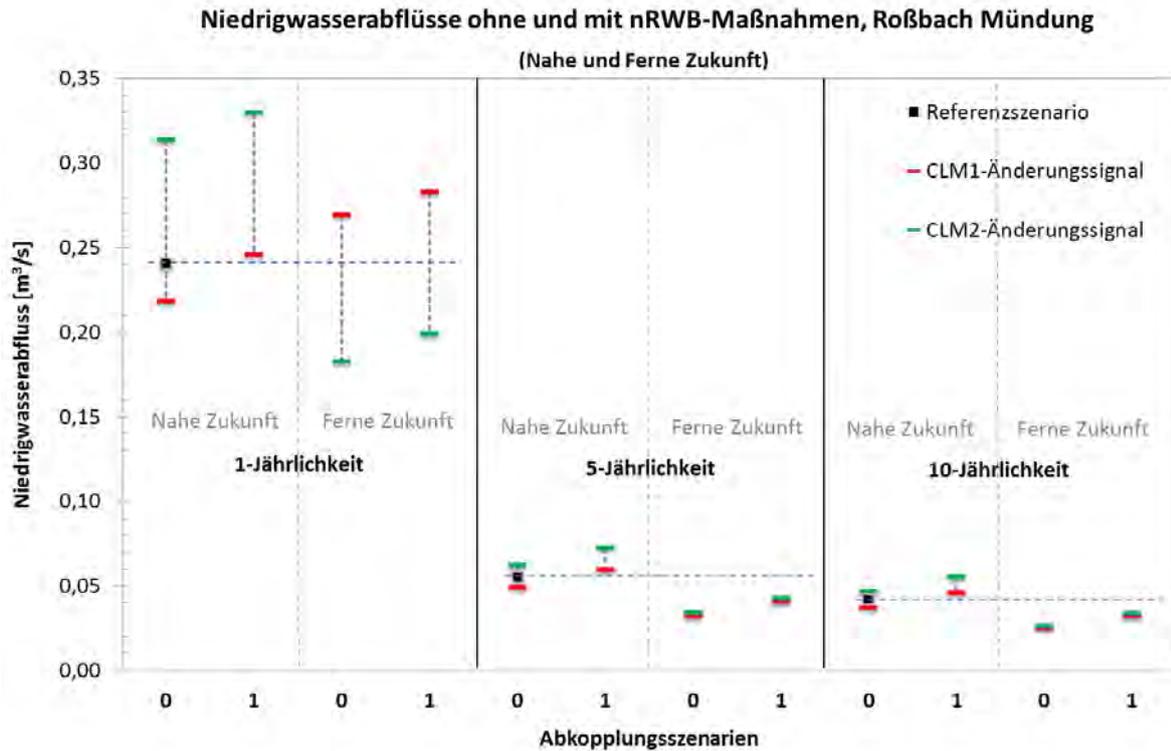


Abbildung 43: Zukünftige NW-Abflüsse an der Roßbach-Mündung, mit und ohne nRWB-Maßnahmen

| | Referenz-szenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,24 m ³ /s | 2% | 18% | 37% | -17% |
| 5-Jährlichkeit | 0,06 m ³ /s | 8% | -26% | 31% | -23% |
| 10-Jährlichkeit | 0,04 m ³ /s | 10% | -23% | 32% | -20% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-Jahresdurchschnitt | 11 | 12 | 23 | 5 | 20 |

Tabelle 51: NW-Differenz und NW-Dauer an der Roßbach-Mündung (Abkopplungsszenario 1)

Dellwiger Bach

Im Einzugsgebiet des Dellwiger Baches ist die Möglichkeit die Grundwasserneubildung über die Versickerung von Regenwasser befestigter Flächen gering, da das Einzugsgebiet ohnehin nur einen geringen Befestigungsgrad hat. Tendenziell verhalten sich die Niedrigwasserabflüsse und die Unterschreitungsdauern gestärkt durch Versickerung bei beiden Realisierungen (Abbildung 44, Tabelle 52) analog zu denen des Roßbaches.

Die nRWB-Maßnahmen verringern die 40- bzw. 49-tägige Unterschreitungsdauer des Niedrigwasserabflusses in der Fernen Zukunft (Tabelle 48) um 3 bzw. 4 Tage, was für eine Kompensation der Klimawandelfolgen dieses Zeitraums nicht ausreicht.

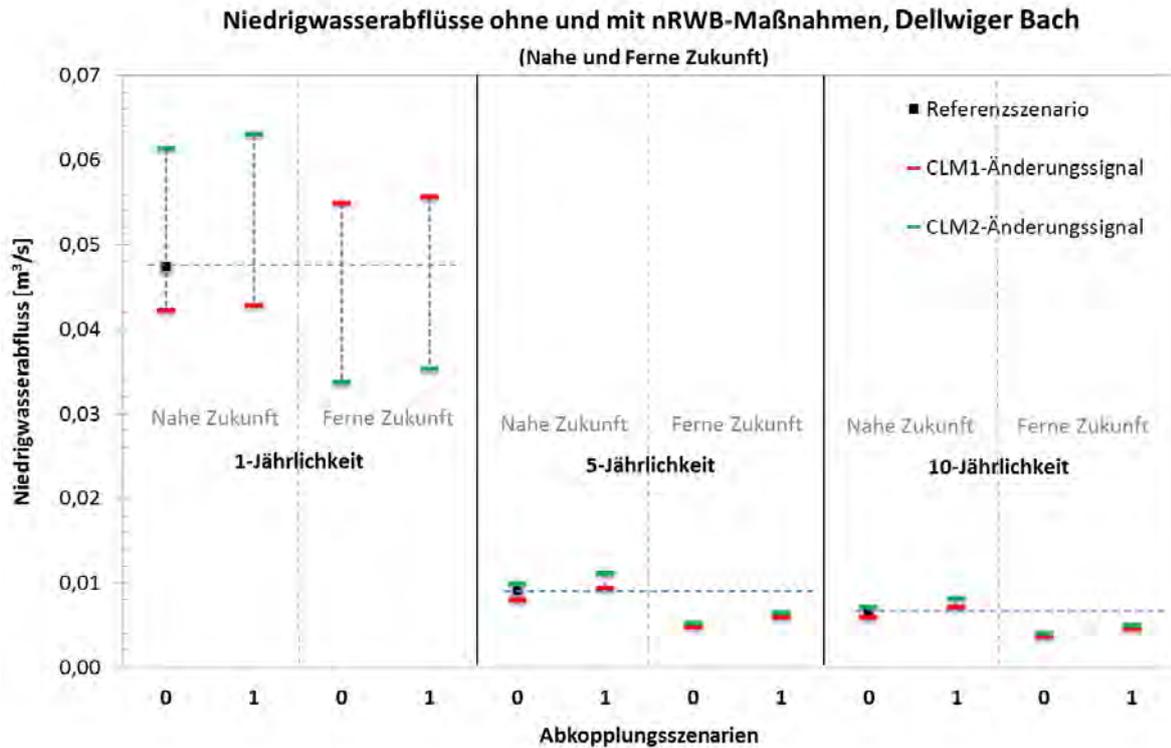


Abbildung 44: Zukünftige NW-Abflüsse im Dellwiger Bach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen

| | Referenz-szenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|-------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,05 m ³ /s | -10% | 17% | 33% | -25% |
| 5-Jährlichkeit | 0,009 m ³ /s | 3% | -35% | 23% | -30% |
| 10-Jährlichkeit | 0,007 m ³ /s | 5% | -32% | 21% | -27% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-Jahresdurchschnitt | 17 | 17 | 46 | 12 | 36 |

Tabelle 52: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Dellwiger Bach (Abkopplungsszenario 1)

Schmechtingsbach

Die Effekte der nRWB-Maßnahmen auf den Niedrigwasserabfluss des Schmechtingsbachs sind analog denen im Roßbach sowie Oespeler Bach und Abbildung 45 und Tabelle 53 zu entnehmen. Die Versickerung der Niederschlagsabflüsse von nahezu 20% der befestigten Flächen bringt eine Veränderung des 1-jährlichen Niedrigwasserabflusses von -1 bis 15% für Realisierung CLM 1 und +31 bis -15% für die Realisierung CLM 2 in den beiden Zukunftsszenarien gegenüber dem Referenzszenario. Somit bewirken die nRWB-Maßnahmen eine 5 bis 8%ige Steigerung der Niedrigwasserabflüsse. Die 5- und 10-jährlichen Niedrigwasserabflüsse können durch die Versickerung um 17 bis 21% erhöht werden, so dass sich das Defizit aufgrund des Klimawandels in der Fernen Zukunft von 35 bzw. 39% auf 17 bzw. 24% verringert.

Die erhöhte Grundwasserneubildung aufgrund der Versickerung verkürzt die Niedrigwasserzeiträume um 2 bis 5 Tage, hat aber damit kaum Einfluss auf die klimawandelbedingte Verschlechterung der Niedrigwasserdauer der Fernen Zukunft.

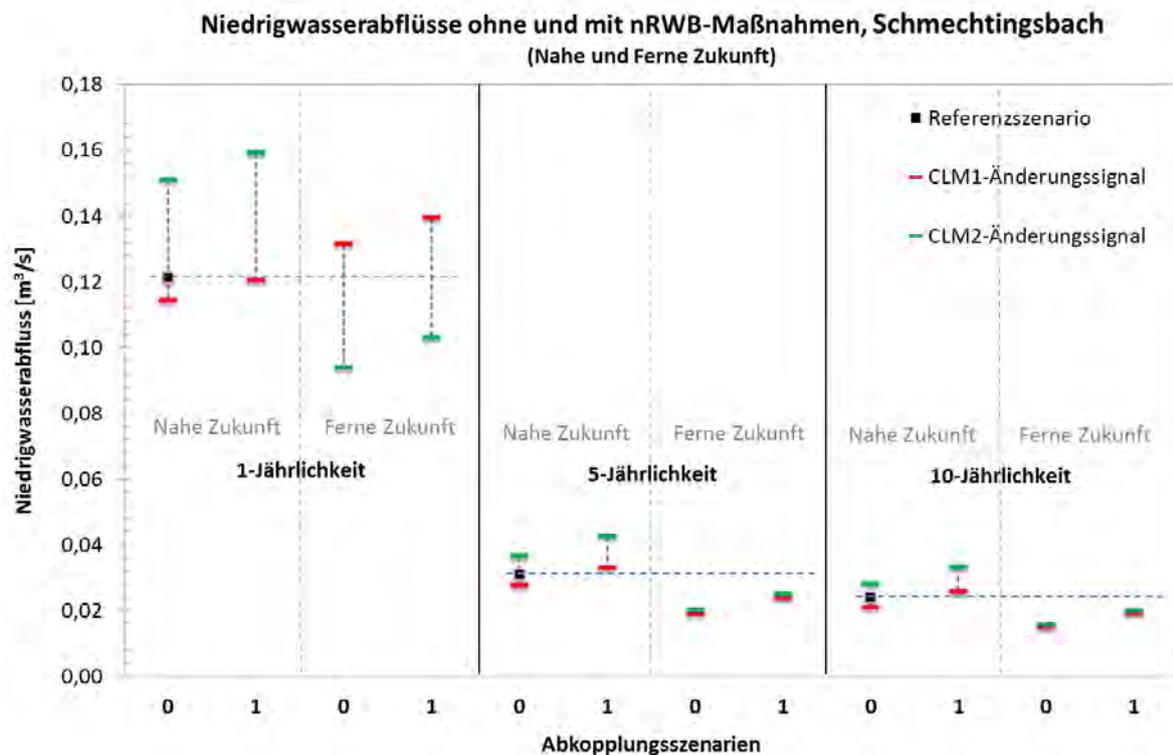


Abbildung 45: Zukünftigen NW-Abflüsse im Schmechtingbach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen

| | Referenzszenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,121 m³/s | -1% | 15% | 31% | -15% |
| 5-Jährlichkeit | 0,031 m³/s | 6% | -24% | 37% | -19% |
| 10-Jährlichkeit | 0,024 m³/s | 7% | -20% | 38% | -17% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-Jahresdurchschnitt | 13 | 13 | 27 | 5 | 23 |

Tabelle 53: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Schmechtingbach (Abkopplungsszenario 1)

Oespeler Bach

Aufgrund des geringeren Befestigungsgrades (9%) am Oespeler Bach ist der Effekt der Retentions- und Versickerungsmaßnahmen relative gering (Abbildung 46, Tabelle 54). Es ist nahezu kein Einfluss auf den 1-jährlichen Niedrigwasserabfluss zu beobachten. Für seltenere Jährlichkeiten können die Abkopplungsmaßnahmen Steigerung von 8 bis 10% für Realisierung CLM 1 und 8 bis 11% für die Realisierung CLM 2 gegenüber den Niedrigwasserabflüssen ohne Abkopplungsmaßnahmen bewirken. Dies reicht jedoch nicht aus, um dem nahezu 50%igen Defizit der Niedrigwasserabflüsse der Fernen Zukunft entgegenzuwirken.

Auch auf die Niedrigwasserdauer haben die Abkopplungsmaßnahmen keinen messbaren Effekt.

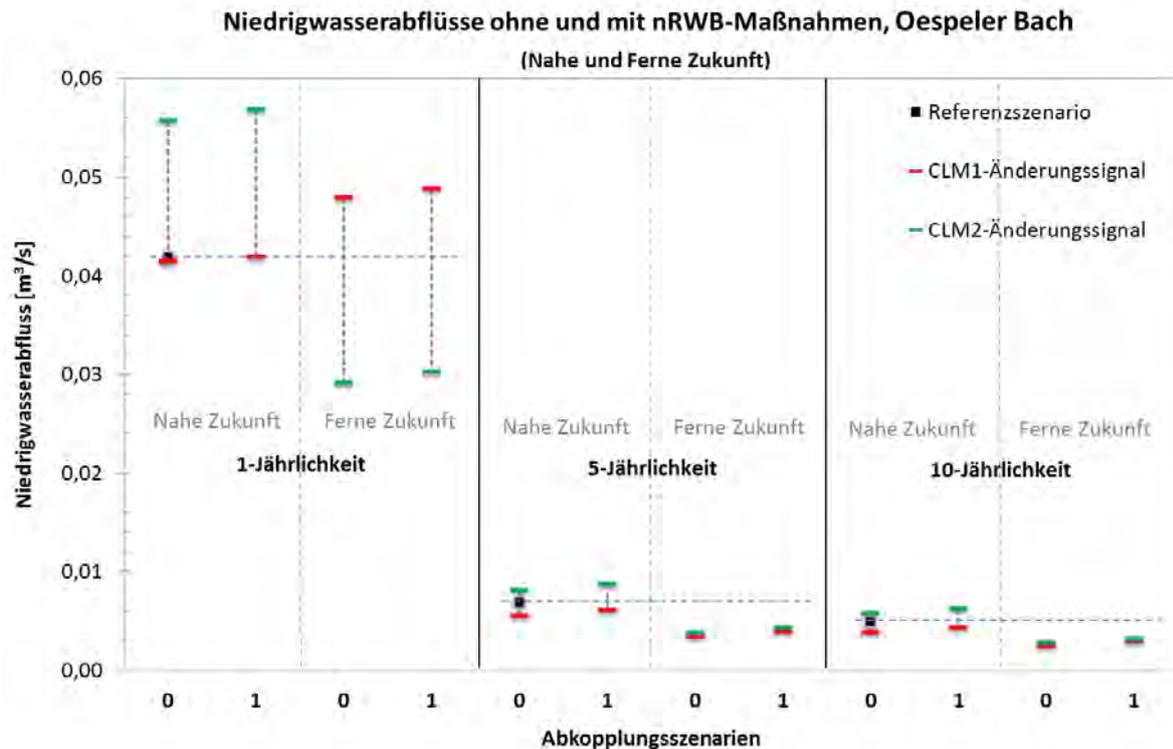


Abbildung 46: Zukünftigen NW-Abflüsse im Oespeler Bach, mit und ohne nRWB-Maßnahmen

| | Referenzszenario | CLM 1 | | CLM 2 | |
|--|-------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| | | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft | Nahe Zukunft | Ferne Zukunft |
| Niedrigwasserabflüsse, NM7Q | | | | | |
| 1-Jährlichkeit | 0,042 m ³ /s | 0% | 17% | 36% | -28% |
| 5-Jährlichkeit | 0,007 m ³ /s | -11% | -43% | 27% | -37% |
| 10-Jährlichkeit | 0,005 m ³ /s | -13% | -41% | 26% | -36% |
| Mittlere Längste Unterschreitungsdauer je Jahr [Tage] | | | | | |
| 30-Jahresdurchschnitt | 8 | 10 | 18 | 5 | 17 |

Tabelle 54: NQ-Differenz und NQ-Dauer im Oespeler Bach (Abkopplungsszenario 1)

7.3.4 Zwischenfazit: Einfluss dezentraler Regenwasserbewirtschaftung

Die Analyse der Niedrigwasserabflüsse unter Berücksichtigung der Wirkung von nRWB-Maßnahmen stützt die Hypothese, dass die hieraus resultierende zusätzliche Grundwasserneubildung die Niedrigwasserabflüsse stärkt.

Im Einzugsgebiet des Roßbachs ist eine Abnahme des Niedrigwasserabflusses von 10 – 20% für die Nahe Zukunft (CLM 1) und sogar einer Abnahme von 35 – 45% für die Ferne Zukunft zu erwarten. In der Nahen Zukunft lassen sich in beiden Realisierungen die Folgen des Klimawandels durch die nRWB-Maßnahmen (20% Abkopplung) kompensieren, in der Fernen Zukunft ist dies nur bei der Realisierung CLM 1 und 1-jährlichen Niedrigwasserabflüssen möglich. Die Unterschreitungsdauern werden durch Abkopplung in Höhe von 20% in der Nahen Zukunft kompensiert (CLM 1) bzw. sogar verringert (CLM 2).

7.4. Nachweis der Bemessungssicherheit der Hochwasserrückhaltebecken

Die Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Schmechtingsbach und „In der Meile“ sind gemäß DIN 19700-12/2004 zur Rückhaltung und Reduzierung der Hochwasserabflüsse auf eine 100-jährliche Wiederkehrhäufigkeit bemessen. Da Referenzzeitraum, Nahe und Ferne Zukunft jeweils nur über einen Zeitraum von 30 Jahren vorliegen, ist eine Extrapolation auf 100 Jahre nicht zulässig. Daher werden die hydrologischen Untersuchungen für eine 50-Jährlichkeit durchgeführt, unter der Annahme, dass eine generelle Übertragbarkeit der Ergebnisse (Auslastung, Überlastung) auf die 100-Jährlichkeit möglich ist. Wesentliche Kenngrößen der Becken sind der Tabelle 55 zu entnehmen. Aufgrund des Anstiegs der Hochwasserabflüsse (s. Kapitel 7.2.1) insbesondere in der Nahen Zukunft (kritischster Zeitraum), ist eine höhere Belastung der Hochwasserrückhaltebecken zu erwarten.

| HRB Name | Gewässer | Speicher-volumina [m ³] | Drossel-abfluss [m ³ /s] | Hochwasserentlastung [m ³ /s] |
|------------------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| „In der Meile“ | Oespeler Bach | 58000 | 1,2 | 5,5 |
| Schmechtingsbach | Schmechtingsbach | 125000 | 10,5 | - |

Tabelle 55: Bemessungsdaten der Hochwasserrückhaltebecken

7.4.1 Ermittlung der 50-jährlichen Abflussganglinien

Die aus den Simulationen abgeleitete 30-jährliche Abflusszeitreihe der Nahen Zukunft für den Oespeler Bach und den Schmechtingsbach enthält kein Hochwasserereignis, das nach der statistischen Auswertung der empirischen Verteilungen (s. Kapitel 7.2) einen Ausreißer deutlich höherer Jährlichkeit darstellt. Daher erfolgte die Ermittlung der Abflusskurven für das 50-jährliche Abflussereignis der Nahen Zukunft auf Grundlage des 50-jährlichen Hochwasserereignisses des Referenzzeitraumes. Hierfür wurde die prozentuale Änderung (Klimaänderungssignal) des 50-jährlichen HW-Abflusses (Tabelle 37 und Tabelle 38) auf die Abflussganglinie des 50-jährlichen Hochwasserereignisses übertragen. Entsprechend wurde auch die Zuflussganglinie der Hochwasserrückhaltebecken unter Berücksichtigung der Abkopplungsszenarien (AbkSzen) 1 und 6 ermittelt (Tabelle 45 und Tabelle 46). Diese empirisch erstellten Abflusskurven wurden in das hydrologische Modell implementiert.

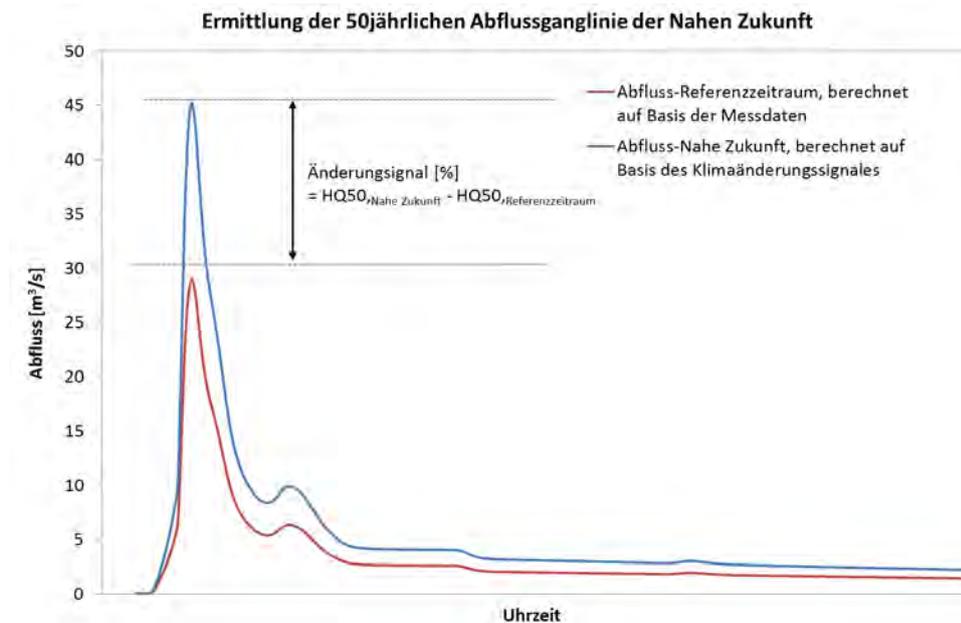


Abbildung 47: Ermittlung der 50jährigen Abflussganglinie der Nahen Zukunft auf Grundlage der Abflussganglinie des Referenzzeitraumes

7.4.2 Ergebnisse

In Tabelle 56 sind die maximalen Zuflüsse, der Drosselabfluss und die Hochwasserentlastungsmengen der Becken bei einem 50-jährlichen Hochwasserereignis für das Referenzszenario und die Nahe Zukunft in der CLM 1-Realisierung, für die den höchsten Anstieg des Hochwasserabflüsse zu erwarten ist, jeweils ohne und mit nRWB-Maßnahmen zusammengefasst

| | Zufluss [m ³ /s] | Drosselabfluss [m ³ /s] | HW-Entlastung [m ³ /s] | Max. Auslastung | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|------|
| | | | | [m ³] | [%] |
| HRB „In der Meile“ | | | | | |
| Referenzszenario | 10,6 | 1,2 | 0,0 | 26786 | 46% |
| Nahe Zukunft/Istzustand | 17,2 | 1,2 | 0,4 | 60044 | 104% |
| Nahe Zukunft/ AbkSzen 1 | 16,2 | 1,2 | 0,3 | 59456 | 103% |
| Nahe Zukunft/ AbkSzen 6 | 15,5 | 1,2 | 0,3 | 59652 | 103% |
| HRB Schmechtingsbach | | | | | |
| Referenzszenario | 29,0 | 8,5 | 0,0 | 63908 | 51% |
| Nahe Zukunft/Istzustand | 45,2 | 10,1 | 0,0 | 109062 | 87% |
| Nahe Zukunft/AbkSzen 1 | 34,5 | 9,2 | 0,0 | 82248 | 66% |
| Nahe Zukunft/ AbkSzen 6 | 29,9 | 9,1 | 0,0 | 77684 | 62% |

Tabelle 56: Modellierete Maximale Auslastungen in den HRB „In der Meile“ und Schmechtingsbach für ein 50-jährliches Ereignis

HRB „In der Meile“

In Abbildung 48 sind Zufluss-, Abflusskurve sowie Wasserstand im Becken bei einem 50-jährlichen Hochwassers der Nahen Zukunft am HRB „In der Meile“ dargestellt. In der Nahen Zukunft werden max. 0,4 m³/s entlastet. Demnach beträgt die Abflussspitze unmittelbar unterhalb des Beckens in der Nahen Zukunft etwa 1,6 m³/s (Drosselabfluss + HW-Entlastung) gegenüber 1,2 m³/s im Referenzszenario. Die Hochwasserentlastung des Beckens mit 0,4 m³/s fällt im Vergleich zum maximal möglichen Überlauf von 5,5 m³/s (Tabelle 55) vergleichsweise gering aus. Der höchste Wasserstand im Becken liegt im Referenzszenario bei 2,8 m, dies entspricht einer Beckenauslastung von nur zu 46%. Aufgrund der Tatsache, dass bereits bei einem 50-jährlichen Hochwasserereignis der Nahen Zukunft das HRB „In der Meile“ überlastet wird, ist davon auszugehen, dass das HRB „In der Meile“ durch den Einfluss des Klimawandels nicht mehr die geforderten Hochwasserschutzziele erfüllt.

Da der Abkopplungsgrad im Einzugsgebiet des HRB „In der Meile“ deutlich unter 30% liegt, zudem die nRWB-Maßnahmen (AbkSzen 1 und 6) bei Ereignissen dieser Jährlichkeit nur noch eine begrenzte Retentionswirkung haben, ist der Einfluss auf den Abfluss gering.

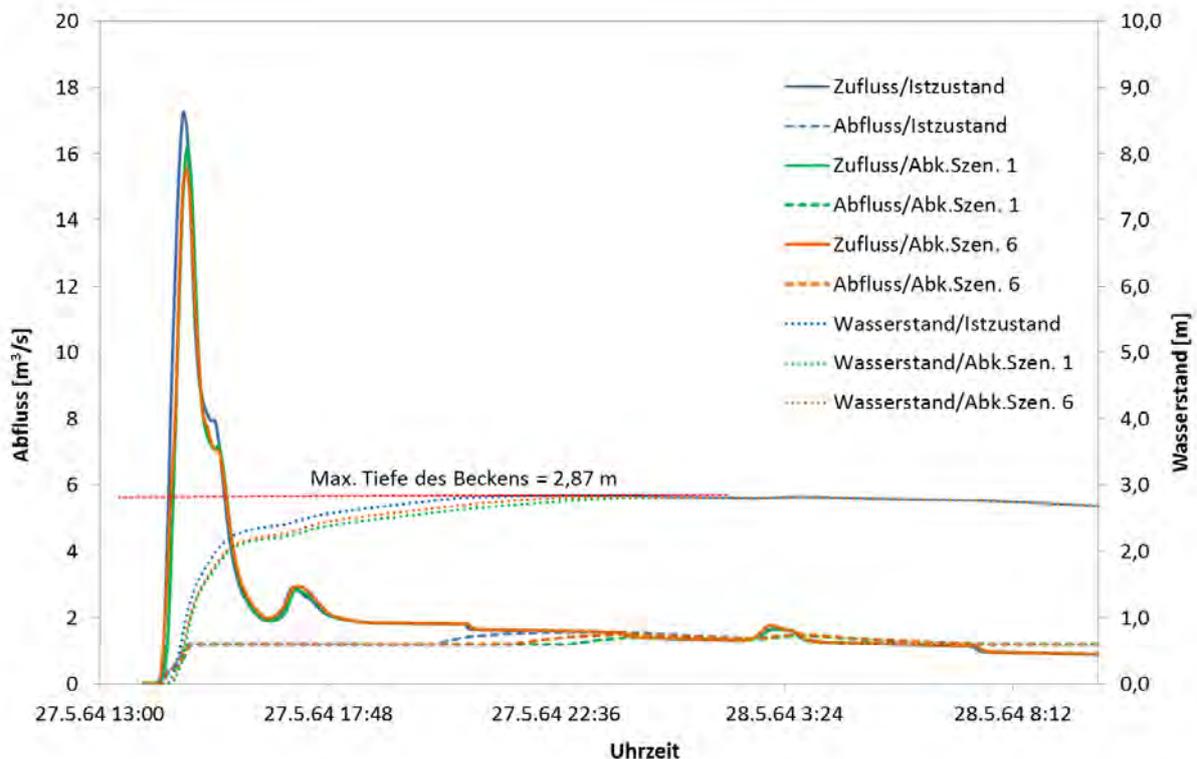


Abbildung 48: Modellierter Betriebsganglinien des HRB „In der Meile“ für ein 50-jährliches Ereignis

HRB Schmechtingsbach

Für das HRB Schmechtingsbach (Abbildung 49) liegt der maximale Abfluss für ein 50-jährliches Hochwasserereignis bei rd. 8,5 m³/s für das Referenzszenario und bei rd. 10,1 m³/s in der Nahen Zukunft. Obwohl der Zufluss in der Nahen Zukunft um mehr als 20% höher ist als im Referenzszenario, entlastet das Becken bis zu einer 50-Jährlichkeit nicht. Der höchste im HRB erreichte Wasserstand der Nahen Zukunft ist mit 4,4 m geringfügig unter dem maximal möglichen Füllstand von 4,8 m, was einer Beckenauslastung von 87% entspricht. Im Ergebnis ist festzuhalten, dass ein 50-jährliches Hochwasserereignis auch zukünftig nicht zu einem Überlaufen des HRB Schmechtingsbach führt. Jedoch ist unter Berücksichtigung des hohen Auslastungsgrades bei T_n = 50a nicht auszuschließen, dass das HRB bei einem 100-jährlichen Hochwasserereignis überlastet wird.

Die Abkopplung (AbkSzen 1 und 6) reduziert den maximalen Zufluss um 25 – 33%, damit reduziert sich der maximale Abfluss um rd. 10% und die Auslastung um 20 – 25%.

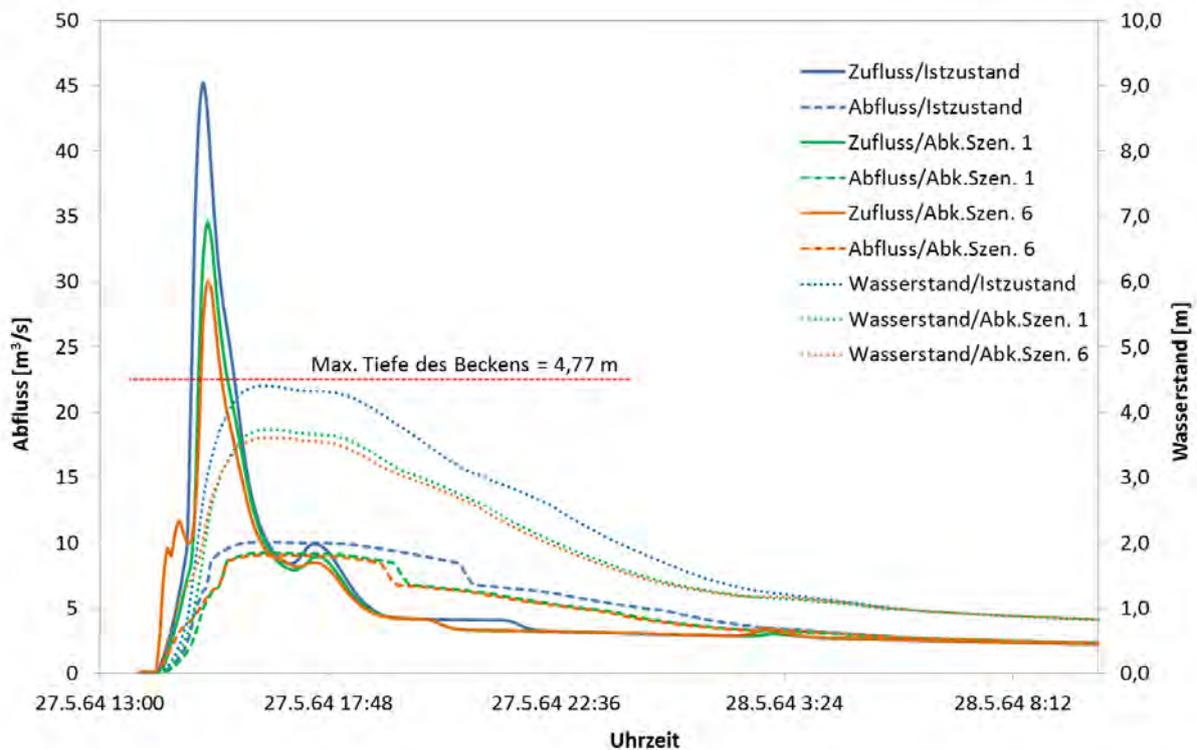


Abbildung 49: Modellierte Betriebsganglinien des HRB Schmechtingbach für ein 50-jährliches Ereignis

7.4.3 Zwischenfazit

Auch wenn die Hochwasserrückhaltebecken für ein Hochwasserereignis mit 100-jährlicher Wiederkehrhäufigkeit bezogen auf das Referenzszenario bemessen sind, deuten die Berechnungsergebnisse darauf hin, dass in der Zukunft diese Hochwassersicherheit nicht mehr garantiert ist. Es wird auch deutlich, dass die nRWB-Maßnahmen im Gebiet entlastend auf den Zufluss des zentralen Hochwasserrückhaltebeckens wirken. Um jedoch das in der Nahen Zukunft verstärkte Aufkommen von Starkregenereignissen zu kompensieren, wäre einerseits ein deutlich höherer Abkopplungsgrad erforderlich, andererseits auch volumenmäßig größer ausgelegte dezentrale nRWB-Maßnahmen. An den unterschiedlichen Auslastungsgraden der beiden Hochwasserrückhaltebecken für die Nahe Zukunft wird zudem deutlich, welche Auswirkungen die hohe räumliche Auflösung und Variabilität des projizierten Niederschlags hat.

7.5. Nachweis der nRWB-Maßnahmen auf Basis der projizierten Niederschlagsbelastung

7.5.1 Untersuchungen im gesamten Gebiet des Roßbaches

Ziel der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung ist u. a. die Reduzierung der klimawandelinduzierten Hochwasserabflüsse in den Gewässern und damit direkt verbunden die Reduzierung der Abflüsse in der Kanalisation. Hierzu wurden mit dem Hydrologischen Modell STORM die Überlaufhäufigkeiten der Anlagen über einen Zeitraum von 30 Jahren sowohl für den Referenzzeitraum als auch für die Nahe bzw. Ferne Zukunft auf Basis der projizierten Niederschlagsdaten der Realisierungen CLM 1 und CLM 2 ermittelt. Die entsprechenden Überlaufwahrscheinlichkeiten (T_n) sind in Tabelle 57 zusammengefasst.

| Anlagentyp | Anzahl im Modell | Tn [a] | | | | | |
|------------------------|------------------|--------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|
| | | Nahe Zukunft | | | Ferne Zukunft | | |
| | | 10%-Quantil | Mittel | 90%-Quantil | 10%-Quantil | Mittel | 90%-Quantil |
| CLM 1 | | | | | | | |
| Mulden | 39 | 6 | 3 | 2 | 11 | 4 | 3 |
| Mulden-Rigolen-Element | 42 | 10 | 3 | 2 | 8 | 3 | 2 |
| Mulden-Rigolen-System | 15 | 15 | 6 | 3 | 30 | 8 | 4 |
| CLM 2 | | | | | | | |
| Mulden | 39 | 6 | 4 | 3 | 15 | 4 | 3 |
| Mulden-Rigolen-Element | 42 | 8 | 4 | 2 | 10 | 4 | 2 |
| Mulden-Rigolen-System | 15 | 15 | 8 | 5 | 30 | 8 | 4 |

Tabelle 57: Überlaufwahrscheinlichkeit der nRWB-Maßnahmen (Nahe und Ferne Zukunft)

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Mulden und Mulden-Rigolen-Elemente in der Zukunft häufiger überlaufen als es ihrer Bemessung (s. Kapitel 6.4) entspricht. Es wird aber auch deutlich, dass die Überlaufhäufigkeiten der dezentralen Anlagen, deren Bemessung gleichmäßig anhand der Mittelwerte von drei Regenstationen erfolgte, mit den hoch aufgelösten Daten des Klimamodells eine breite Spanne der Überlaufwahrscheinlichkeit aufweisen. Aufgrund der unterschiedlichen räumlichen Verteilung der hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der Realisierung CLM 1 und CLM 2 werden die Anlagen während eines Ereignisses nicht gleichmäßig belastet.

Für die Realisierung CLM 1 der Nahen Zukunft weisen Mulden und Mulden-Rigolen-Elemente im Mittel eine Überlaufhäufigkeit von 1-mal in 3 Jahren aus. In der Fernen Zukunft verbessert sich die Überlaufhäufigkeit der Mulden geringfügig. Bei Realisierung CLM 2 erhöht sich die Überlaufhäufigkeit gegenüber dem Referenzszenario für die Nahe Zukunft auf 1 Mal in 4 Jahren, ohne Veränderung in der Fernen Zukunft.

Die Mulden-Rigolen-Systeme weisen dagegen in keiner der beiden Realisierungen eine größere Überlaufhäufigkeit aus. Mulden-Rigolen-Systeme bestehen aus mehreren untereinander verbundenen Elementen mit einem kontrollierten Drosselabfluss. Offensichtlich bewirkt die „Verschiebung“ der Abflüsse in nicht ausgelastete Elemente eine hohe Flexibilität und somit Anpassungsfähigkeit.

7.5.2 Untersuchungen im Lupengebiet Kleyer Straße

Wie in Kapitel 6.4 beschrieben ist die detaillierte Abbildung jeder einzelnen dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im Hydrologischen Modell nicht möglich. Um das Verhalten von dezentralen Anlagen unter zukünftigen Niederschlagsbelastungen näher zu untersuchen, wurde ein kleiner Bereich, ein sogenanntes Lupengebiet von 2,1 ha Größe näher untersucht (Abbildung 50). Der Anteil der befestigten Fläche beträgt 15.000 m². Außer der Straße lassen sich nach der Abkopplungspotenzialkarte alle befestigten Flächen abkoppeln. Auf eine Abkopplung der Straße wird aufgrund der verkehrsbedingten Abflussbelastung verzichtet.

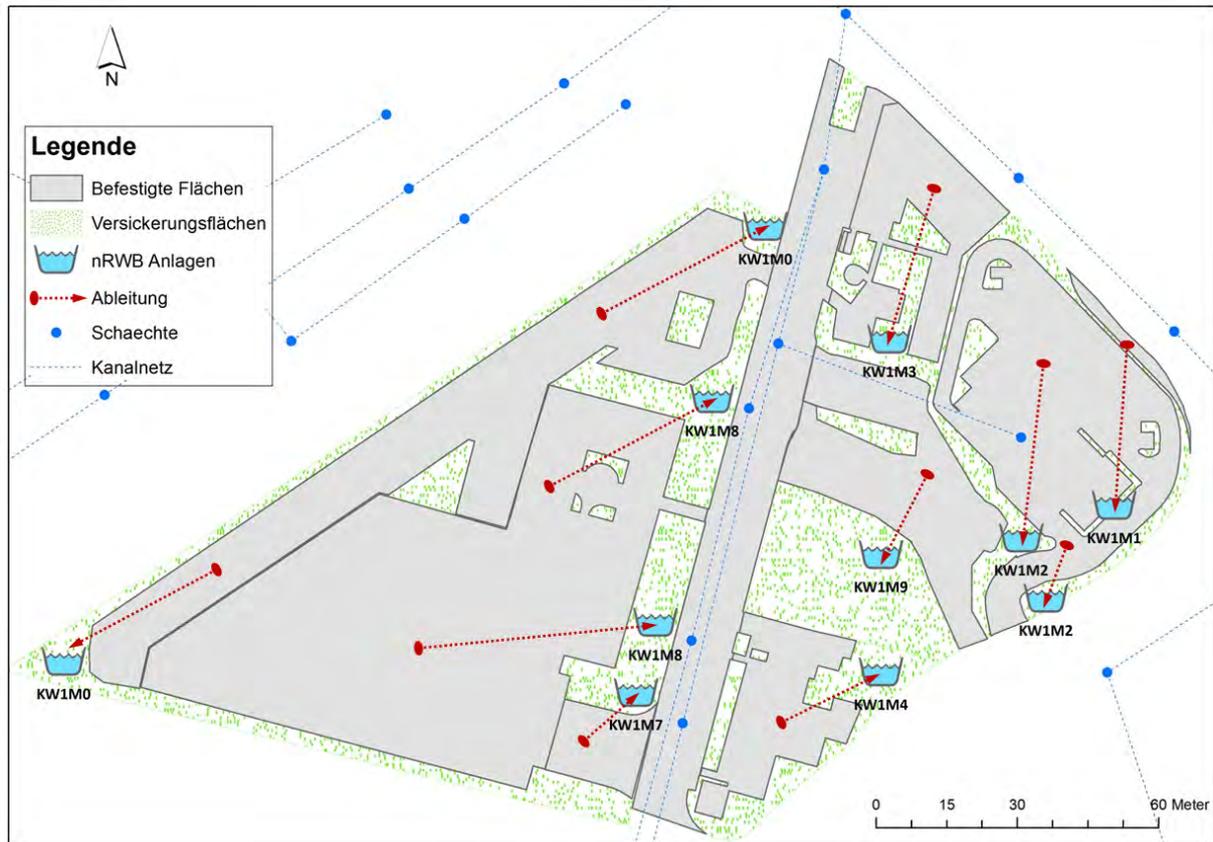


Abbildung 50: Übersicht der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet Kleyer Straße

Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung sieht 11 Mulden vor, die auf Grundlage der Regenwasserbewirtschaftungskarte und nach einer Ortsbesichtigung geplant wurden. Die Mulden sind gemäß DWA-A 138 für ein 5-jährliches Regenereignis überlaufrei dimensioniert und gemäß DIN 1986-100 für ein 30-jährliches Regenereignis einer Überflutungsprüfung unterzogen. Niederschlags-Abfluss-Untersuchungen wurden für den Referenzzeitraum sowie die Nahe und Ferne Zukunft unter Verwendung der vier nächsten Raster der hoch aufgelösten CLM 1- und CLM 2-Daten durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Überlaufwahrscheinlichkeit gemäß der CLM 1-Realisierung in der Nahen Zukunft von 5-jährlich auf 2- bis 4-jährlich erhöht (Tabelle 58). In der Fernen Zukunft sinkt die Überlaufwahrscheinlichkeit dagegen unter den Bemessungswert. Das heißt bei Berücksichtigung der CLM 2-Realisierung werden die Mulden in der Nahen Zukunft all 8 bis 9 Jahre überlaufen, in der Fernen Zukunft all 6 bis 8 Jahre.

| Muldenbezeichnung | Referenzzeitraum | Nahe Zukunft | | Ferne Zukunft | |
|---------------------|------------------|--------------|-------|---------------|-------|
| | Mess | CLM 1 | CLM 2 | CLM 1 | CLM 2 |
| KW1M0W | 5 | 3 | 8 | 5 | 6 |
| KW1M1 | 5 | 4 | 9 | 8 | 8 |
| KW1M2_5 | 5 | 2 | 4 | 3 | 4 |
| KW1M3 | 5 | 4 | 9 | 7 | 7 |
| KW1M4 | 5 | 4 | 9 | 7 | 7 |
| KW1M7 | 5 | 4 | 8 | 7 | 7 |
| KW1M8_22 | 5 | 3 | 8 | 6 | 6 |
| KW1M9 | 5 | 4 | 9 | 7 | 7 |
| KW1M2_6 | 5 | 4 | 9 | 7 | 7 |
| KW1M8_14 | 5 | 3 | 8 | 6 | 6 |
| KW1M0E | 5 | 3 | 8 | 5 | 6 |
| Durchschnitt | 5 | 3 | 8 | 6 | 6 |

Tabelle 58: Überlaufwahrscheinlichkeit (Tn [J]) der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet

In Tabelle 59 sind die durchschnittlichen Überlaufvolumina der betrachteten Untersuchungszeiträume zusammengefasst. Für beide Realisierungen sinkt das Überlaufvolumen sowohl in der Nahen als auch in der Fernen Zukunft deutlich gegenüber dem Referenzzeitraum. Dies gilt auch für die Realisierung CLM 1 der Nahen Zukunft, obwohl sich hier die Überlaufhäufigkeit erhöht. Wie im Klimamodell prognostiziert, zeichnen sich die Niederschlagsereignisse der Zukunft durch eine hohe Niederschlagsintensität und eine kurze Dauer aus [9]. Die hohen Intensitäten verursachen schnell ein Überlaufen der Anlagen, aufgrund der kurzen Regendauer verursachen sie aber kein großes Überlaufvolumen.

| Name | Referenzzeitraum | Nahe Zukunft | | Ferne Zukunft | |
|---------------------|------------------|--------------|-------|---------------|-------|
| | Mess | CLM 1 | CLM 2 | CLM 1 | CLM 2 |
| KW1M0W | 19,1 | 5,3 | 11,8 | 4,8 | 5,3 |
| KW1M1 | 1,0 | 0,3 | 0,5 | 0,4 | 0,3 |
| KW1M2_5 | 6,7 | 3,2 | 3,1 | 2,8 | 2,7 |
| KW1M3 | 12,0 | 3,9 | 7,1 | 3,8 | 3,5 |
| KW1M4 | 9,9 | 2,8 | 5,8 | 3,2 | 2,9 |
| KW1M7 | 4,3 | 1,3 | 2,5 | 1,4 | 1,0 |
| KW1M8_22 | 35,1 | 8,8 | 21,4 | 9,6 | 8,9 |
| KW1M9 | 16,6 | 5,3 | 9,8 | 5,2 | 4,7 |
| KW1M2_6 | 24,2 | 7,0 | 14,4 | 7,8 | 7,1 |
| KW1M8_14 | 33,8 | 8,6 | 20,7 | 9,4 | 8,7 |
| KW1M0E | 19,1 | 5,3 | 11,8 | 4,8 | 5,3 |
| Durchschnitt | 16,5 | 4,7 | 9,9 | 4,8 | 4,6 |

Tabelle 59: Mittleres Überlaufvolumen [m3] pro Überlaufereignis der nRWB-Maßnahmen im Lupengebiet

Da die hoch aufgelösten CLM-Daten eine hohe räumliche Variabilität der Niederschläge aufweisen, ist der erwartete Anstieg der Niederschlagsintensitäten nicht im gesamten Roßbachgebiet gleichermaßen zu erwarten. Der grundsätzliche Trend des Überstau- und Überflutungsverhaltens der Mulden, den die Berechnungsergebnisse für das Gesamteinzugsgebiet (s. Kapitel 7.5.1) aufzeigen, wird auch bei dieser kleinräumigen Betrachtung bestätigt. Deutlich wird aber auch hier die große Differenz der Ergebnisse der beiden Realisierungen.

7.5.3 Zwischenfazit

Im Einzugsgebiet des Roßbachs wurden bei 20% der befestigten Fläche mittels dezentraler Retentions- und Versickerungsmaßnahmen und weitere 10% durch direkte Ableitung der Niederschlagsabflüsse in ein Gewässer von der Kanalisation abgekoppelt. Die Retentions- und Versickerungsmaßnahmen reduzieren die Spitzenabflüsse in der Kanalisation ebenso deutlich wie die Hochwasserabflüsse in den Gewässern.

Die Untersuchungen zur Überlaufhäufigkeit von dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen belegen, dass die Überlaufhäufigkeit in der Zukunft gegenüber heute zunehmen wird. Insbesondere in der Nahen Zukunft steigt die Überlaufhäufigkeit deutlich an, so dass die Bemessungssicherheit nicht mehr gewährleistet ist. Diese Zunahme wird durch die Untersuchungen im Lupengebiet Kleyer Straße bestätigt. Zugleich zeigen die Untersuchungen gegenüber dem Referenzzeitraum deutlich verringerte Überlaufvolumina der Ereignisse der Nahen und Fernen Zukunft. Dies könnte darin begründet sein, dass trotz der Zunahme der Niederschlagsintensitäten die Menge des während eines Starkregens fallenden Niederschlags nicht größer wird als heute. Allerdings können die Ergebnisse aus dem Lupengebiet aufgrund der hoch variablen räumlichen Verteilung der Niederschläge nicht verallgemeinert werden.

Unter den dezentralen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen weisen die Mulden-Rigolen-Systeme das beste Anpassungspotenzial an höhere Beaufschlagungen auf. Durch ihre Vernetzung und die Kombination aus Versickerung und Ableitung werden die Abflüsse bestmöglich im System verteilt, wodurch das Überlaufen im Starkregenfall weitestgehend verhindert werden kann. Für Mulden und Mulden-Rigolen-Elemente kann eine Dimensionierung auf eine 10-jährliche Überstausicherheit die Retentionswirkung für den Starkregenfall verbessern.

8 Zusammenfassung

Nach den aktuellen wissenschaftlichen Untersuchungen bringt der Klimawandel neben temperaturmäßig moderateren, aber nasseren Wintern insbesondere heißere Sommer, die gekennzeichnet sind durch längere Trockenperioden und häufigere Starkregenereignisse. Dies hat Auswirkungen auf die Bauwerke der Siedlungswasserwirtschaft aber auch auf das Abflussregime der Gewässer.

Gemeinhin gilt die dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung als „no-regret-Maßnahme“.

Im Rahmen des Untersuchungsvorhabens *dynaklim* wurde eine Methodik zu systematischen Ermittlung dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen entwickelt. Mit Hilfe eines Hydrologischen Gebietsmodells wurde die Wirkung dieser no-regret-Maßnahmen auf das Abflussregime der Gewässer - Niedrigwasser und Hochwasser – im Pilotgebiet des Roßbaches einem Nebenlauf der Emscher in Dortmund, untersucht. Hierzu wurde das Hydrologische Modell mit den räumlich hoch aufgelösten Niederschlagsdaten der beiden Realisierungen des regionalen Klimamodells CLM der Zeiträume 1961 bis 1990 (Referenzzeitraum), 2021 bis 2050 (Nahe Zukunft) und 2071 bis 2100 (Ferne Zukunft) belastet.

Hierzu lässt sich folgendes festhalten:

Abkopplungspotenzial befestigter Flächen und Regenwasserbewirtschaftungsart

- Die Daten zur Ermittlung des Abkopplungspotenzials befestigter Flächen sind i.d.R. flächendeckend vorhanden, lassen sich mit Hilfe von Geografischen Informationssystemen ergebnisorientiert verschneiden und liefern verlässliche Ersteinschätzungen.
- Die Daten zur Ermittlung der möglichen Bewirtschaftungsarten für die vom Mischsystem abkoppelten Regenwassermengen liegen i.d.R. flächendeckend vor. Auch hier ist mit Unterstützung Geografischer Informationssysteme eine sehr gute Ersteinschätzung möglich.

Für das Einzugsgebiet des Roßbaches wurde auf dieser Basis ein Abkopplungsgrad von 20% ermittelt. Über die direkte Einleitung des Regenwassers gewässernaher befestigter Flächen in einem 50m – Buffer lassen sich weitere 10% befestigte Flächen abkoppeln, so dass in der Summe 30% des auf die befestigten Flächen fallenden Regenwassers dezentral bewirtschaftet werden können.

Hydrologische Modellierung der Hoch- und Niedrigwasserabflüsse in den Gewässern

- Sämtliche Abflussberechnungen mit den beiden Realisierungen CLM 1 und CLM 2 zeigen einerseits eine deutliche Spannweite bei Niedrig- und Hochwasser sowohl in der Nahen wie in der Fernen Zukunft. Andererseits sind die Abweichungen vom Referenzzustand sehr unterschiedlich, während die projizierten Niederschlagsdaten der Realisierung CLM 2 zu annähernd gleich großen Abflüssen wie im Referenzzeitraum führen, werden basierend auf der Realisierung CLM 1 in der Nahen Zukunft bis zu 30% größere Hochwasserabflüsse ermittelt. Diese lassen sich im Pilotgebiet durch die Abkopplung von bis zu 30% befestigter Fläche in der Nahen und Fernen Zukunft auf die Abflüsse im Referenzzeitraum reduzieren. Mit den Ergebnissen wird aufgezeigt, dass im Kontext des Klimawandels naturnahe Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen, also dezentrale Retentions- und Versickerungsmaßnahmen sowie direkte Ableitung in Gewässer mit retendierender Wirkung eine effektive und nachhaltige Vorsorgemöglichkeit zur Verminderung von Hochwasserabflüssen in urbanen Gewässern darstellen.
- Inwieweit die auf eine 100-Jährlichkeit bemessenen Hochwasserrückhaltebecken „In der Meile“ und Schmechtingsbach auch in der Zukunft diesen Hochwasserschutz gewährleisten können, lässt sich aufgrund der vorliegenden 30-jährlichen Niederschlagsdaten der verschiedenen Zeiträume nicht statistisch einwandfrei ermitteln. Die durchgeführten Berechnungen

für ein 50 jährliches Bemessungsereignis deuten jedoch darauf hin, dass alleine durch Abkopplung in der genannten Größenordnung der 100 jährliche Hochwasserschutz nicht mehr gewährleistet wird.

Auch bei den künftigen Niedrigwasserabflüssen werden die Auswirkungen des Klimawandels deutlich. Diese werden sich insbesondere bei Jährlichkeiten $T_n > 5a$ auch bei 20% Abkopplung leicht verschlechtern. Die Unterschreitungsdauer des Schwellwertes Q_s erfährt wird mit den dezentralen Maßnahmen in der Nahen Zukunft sogar eine leichte Verbesserung gegenüber dem Referenzzeitraum, in der Fernen Zukunft reichen 20% Abkopplung nicht aus um die Verhältnisse des Referenzzeitraumes zu erreichen.

Überstau- und Überflutungssicherheit der no-regret-Maßnahmen

Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Mulden und Mulden-Rigolen-Elemente in der Zukunft häufiger überlaufen als es ihrer Bemessung (s. Kapitel 6.4) entspricht. Es wird aber auch deutlich, dass die Überlaufhäufigkeiten der dezentralen Anlagen, deren Bemessung gleichmäßig anhand der Mittelwerte von drei Regenstationen erfolgte, mit den hoch aufgelösten Daten des Klimamodells eine breite Spanne der Überlaufwahrscheinlichkeit aufweisen.

Die Mulden-Rigolen-Systeme weisen dagegen in keiner der beiden Realisierungen eine größere Überlaufhäufigkeit aus. Mulden-Rigolen-Systeme bestehen aus mehreren untereinander verbundenen Elementen mit einem kontrollierten Drosselabfluss. Offensichtlich bewirkt die „Verschiebung“ der Abflüsse in nicht ausgelastete Elemente eine hohe Flexibilität und somit Anpassungsfähigkeit.

Die Untersuchungen bestätigen, dass dezentrale Bewirtschaftung von Regenwasser als no-regret-Maßnahme aufgrund ihrer Flexibilität und vor dem Hintergrund, dass sie kurzfristig und der örtlichen Situation angepasst realisiert werden können, als Reaktion auf den Klimawandel absolut geeignet sind. Dementsprechend ist es vor dem Hintergrund der Unsicherheiten nicht gerechtfertigt, die Anlagen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung bereits heute größer auszulegen.

Darüber hinaus liefern naturnahe Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen einen positiven Beitrag zur Stärkung des natürlichen Wasserhaushaltes sowie zur Stadtgestaltung (Wasser in der Stadt).

LITERATUR

- [1] Quirnbach, Markus; Einfalt, Thomas (2014): Aufbereitung von Niederschlagsdaten regionaler Klimamodelle für wasserwirtschaftliche Modellanwendungen: Verfahren und Bandbreiten. *Dynaklim*-Publikation Nr. 50, Mai 2014.
- [2] Altlastenkataster Stadt Dortmund
- [3] Erläuterungsbericht Bau der Abwasserkanäle und der Regenwasserbehandlung am Roßbach
- [4] Regionalverband Ruhr (2010): Flächennutzungskartierung www.metropoleruhr.de/
- [5] Modellbeschreibung STORM, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, www.sieker.de
- [6] Baugrunderkundung HRB Bönen, Bericht EA Herdecke
- [7] Ideenwettbewerb Boye, Bericht IPS
- [8] Quirnbach, M.; Freistühler, E.; Jessen, M. (2012): Bereitstellung hoch aufgelöster Niederschlagsdaten für wasserwirtschaftliche Modellanwendungen, *dynaklim*-Kompakt, No.09, März 2012, www.dynaklim.de
- [9] Quirnbach, M.; Freistühler, E.; Papadakis, I. (2012): „Auswirkungen des Klimawandels in der Emscher-Lippe-Region- Analysen zu den Parametern Lufttemperatur und Niederschlag“, *dynaklim*-Publikation, No.30, November 2012, www.dynaklim.de
- [10] Stemplewski, J., Becker, M., Raasch, U. (2010): Niederschlagswasser bewirtschaften statt beseitigen- ökologisch und wirtschaftlich sinnvoll. KA Korrespondenz Abwasser, Abfall, Heft 2010 (57) Nr. 10, S. 1011-1019
- [11] Maniak (2010): Hydrologie und Wasserwirtschaft: Eine Einführung für Ingenieure, Springer-Verlag, ISBN 978-3-642-05395-5.
- [12] DVWK-Regeln 120/1983: Niedrigwasseranalyse Teil I: Statistische Untersuchung des Niedrigwasser-Abflusses, ATV-DVWK Regelwerk, ISBN 3-490-12097-3.
- [13] DVWK-Regeln 121/1992: Niedrigwasseranalyse Teil II: Statistische Untersuchung der Unterschreitungsdauer und des Abflussdefizits, ATV-DVWK Regelwerk, ISBN 3-935067-41-0.
- [14] DIN 19700-12/2004: Stauanlagen Teil 12: Hochwasserrückhaltebecken, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), DIN 19700-12:2004-07.

Ansprechpartner

Jens Hasse
hasse@fiw.rwth-aachen.de

Michaela Stecking
stecking@fiw.rwth-aachen.de

Projektbüro *dynaklim*

Forschungsinstitut für Wasser- und
Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen (FiW) e.V.
Kackertstraße 15 – 17
52056 Aachen
Tel.: +49 (0)241 80 266 06

www.dynaklim.de