

Stadt Bergisch Gladbach

Erstellung eines Wassergrundkonzeptes für das zukünftige Stadtviertel auf dem Zanders-Areal

Erläuterungsbericht
(Abgestimmter Entwurf - August 2023)



Projekt Zanders-Areal
Stadt Bergisch Gladbach

aquadrat ingenieure GmbH

Raiffeisenstraße 20 · 64347 Griesheim · aquadrat-ingenieure.de

Inhaltsverzeichnis

1.	Veranlassung und Zielsetzung	1
2.	Zanders-Areal.....	2
2.1.	Historie und Ist-Zustand.....	2
2.2.	Zukünftige Entwicklung Zanders-Areal	3
2.2.1.	Strukturplanung	3
2.2.2.	Entwicklungsfelder und Steckbriefe	5
2.2.3.	Trinkwasserverbrauch- und Schmutzwasseranfall	9
2.2.4.	Schmutzwasserbelastung	15
3.	Bestandsaufnahme – Zanders-Areal.....	17
3.1.	Wasserversorgung.....	17
3.1.1.	Bisherige Betriebswasserversorgung	17
3.1.2.	Bisherige Trinkwasserversorgung.....	18
3.2.	Abwasserentsorgung.....	19
3.2.1.	Niederschlagswasserableitung und -behandlung.....	19
3.2.2.	Abwasserableitung und Abwasserentsorgung	20
3.3.	Gewässernetz und Geländetopografie	22
3.3.1.	Strunde und Hochwassergefahr	22
3.3.2.	Fließweg- und Senkenanalyse.....	25
3.4.	Niederschlagsauswertung.....	27
3.4.1.	KOSTRA-DWD 2020	27
3.4.2.	Regenmessstationen.....	28
3.4.3.	Starkregengefahrenkarten	31
3.5.	Grundwasser und Boden	32
3.5.1.	Bodendurchlässigkeit.....	33
3.5.2.	Grundwasserhöhengleichen und Flurabstandsplan	34
3.5.3.	Bodengutachten und Gefährdungsabschätzung	35
4.	Bestandsaufnahme – Stadtgebiet Bergisch Gladbach.....	39
4.1.	Wasserversorgung.....	39
4.1.1.	Öffentliches Trinkwassernetz	39
4.2.	Abwasserentsorgung.....	40

4.2.1.	Niederschlagswasserableitung und -behandlung	41
4.2.2.	Abwasserableitung und -behandlung	43
5.	Zusammenfassung und Ableitung von Randbedingungen	49
5.1.	Wasserversorgung	49
5.2.	Ableitung und Behandlung von Niederschlagswasser und Schmutzwasser	49
5.3.	Gewässernetz und Geländetopografie	50
5.4.	Grundwasser und Boden	51
6.	Konzeptionelle Vorbetrachtungen	52
6.1.	Wasserversorgung	54
6.2.	Betriebswassernutzung	56
6.2.1.	Variante 1 – Niederschlagswassernutzung	58
6.2.2.	Variante 2 – Grauwassernutzung	60
6.2.3.	Variante 3 – Grundwassernutzung	63
6.2.4.	Variantendiskussion und Bewertung	64
6.3.	Niederschlagswasserableitung und -behandlung	71
6.3.1.	Grundlagen blau-grüne Infrastruktur	71
6.3.2.	Variante 1 – Gründächer mit nachfolgender Oberflächenableitung	73
6.3.3.	Variante 2 – Versickerungsanlagen	78
6.3.4.	Variante 3 – Retentionsanlagen und -räume	81
6.3.5.	Variante 4 – Ableitung über Regenkanalisation	83
6.3.5.1.	Variante 4.1: Ableitung über die Bestandskanäle	83
6.3.5.2.	Variante 4.2: Ableitung über neu gebaute Regenwasserkanäle	83
6.3.6.	Variante 5 – Ableitung an der Oberfläche	84
6.3.7.	Variantendiskussion und Bewertung	84
6.4.	Schmutzwasserableitung und -behandlung	92
6.4.1.	Variante 1 – Zentrale Schmutzwasserbehandlung auf der KA Beningsfeld	92
6.4.2.	Variante 2 – Dezentrale Schmutzwasserbehandlung auf dem Zanders-Areal	95
6.4.2.1.	Variante 2.1: Konventionelle Abwasserbehandlung	95
6.4.2.2.	Variante 2.2: Neuartige Sanitärsysteme	98
6.4.3.	Variante 3 – Vorbehandlung auf dem Zanders-Areal	101
6.4.4.	Variantendiskussion und Bewertung	102
6.5.	Grundwasserbewirtschaftung auf dem Zanders-Areal	105
6.5.1.	Variante 1 – Absenken des Grundwasserspiegels	105
6.5.2.	Variante 2 – Abdichten der Gebäude	106
6.5.3.	Variante 3 – Verfüllen der Keller	106

6.5.4.	Variantendiskussion und Bewertung	107
6.6.	Trassenverlauf Strunde auf dem Zanders-Areal	108
6.6.1.	Variante 1 – Verlauf über dem Hochwasserprofil.....	111
6.6.2.	Variante 2 – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas.....	112
6.6.3.	Variante 3 – Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark.....	114
6.6.4.	Variante 4 – Verlauf an Pfortnergebäude und Gleispark.....	115
6.6.5.	Variantendiskussion und Bewertung	116
7.	Konzeptentwicklung.....	123
7.1.	Konzept 1 „Business-as-usual“ – Konventionelle Ableitung	124
7.1.1.	Trinkwasserversorgung	124
7.1.2.	Schmutzwasserableitung und -behandlung	126
7.1.3.	Niederschlagswasserableitung und -behandlung	129
7.2.	Konzept 2 „Green City“ – Niederschlagswasserbewirtschaftung	131
7.2.1.	Niederschlagswasserableitung und -behandlung	131
7.2.2.	Aquapark.....	133
7.3.	Konzept 3 „Ressourcenorientiert“ – Green City + Betriebswassernutzung	137
7.3.1.	Trinkwasserversorgung	137
7.3.2.	Zusammenspiel energetisches Konzept	138
7.3.3.	Betriebswassernutzung	138
7.3.3.1.	Nutzung von Grundwasser.....	138
7.3.3.2.	Nutzung von Grauwasser und Niederschlagswasser	140
8.	Bewertung der Konzepte und Empfehlung einer Vorzugslösung	145
9.	Zusammenfassung.....	149
10.	Literaturverzeichnis	151

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Ausschnitt Flächennutzungsplan um das Zanders-Areal, Kartengrundlage: bergischglad-bach.maps.arcgis.com	2
Abbildung 2-2: Ausschnitt Zanders-Areal aus dem 3D-Modell nach [SEAD (2023)]	3
Abbildung 2-3: Strukturplanung des zukünftigen Zanders-Areals mit urbanen, blauen und grünen Achsen aus [Karres en Brands (2022)].....	4
Abbildung 2-4: Bewirtschaftung von Oberflächenwasser aus [Karres en Brands (2022)]	5
Abbildung 2-5: Entwicklungsfelder nach Nutzungsart und Bruttogeschosfläche in m ² , Kartengrundlage: [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)]	6
Abbildung 2-6: Zeitliche Umsetzung der Entwicklungsfelder nach 3 Entwicklungsphasen aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)].....	7
Abbildung 2-7: Zeitliche Entwicklung der Anwohner, Arbeits- und Bildungsplätze	8
Abbildung 2-8: Gebäude und Außenbereiche unter Denkmalschutz, Kartengrundlage: [Projektgruppe Zanders-Areal (2023d)]	9
Abbildung 2-9: Trinkwasserbedarf nach Nutzungskategorie (links) und Verwendungszweck (rechts) für das zukünftige Zanders-Areal	13
Abbildung 2-10: Abschätzung der räumlichen und zeitlichen Trinkwasserbedarfsverteilung, Kartengrundlage [Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)]	14
Abbildung 3-1: Lage der Löschwasserbehälter, Kartengrundlage [Projektgruppe Zanders-Areal (2022)]	17
Abbildung 3-2: Ausschnitt aus dem Betriebswassernetz aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023e)].....	18
Abbildung 3-3: Ausschnitt aus dem Trinkwassernetz aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023f)]	19
Abbildung 3-4: Ab- und Einleitung des Regenwassers auf dem Zanders-Areal im Bestand, Kartengrundlagen [Projektgruppe Zanders-Areal (2022)] und [Hydrotec (2021)].....	20
Abbildung 3-5: Lageplan der Betriebskläranlage, Kartengrundlage: [Stadt Bergisch Gladbach (2019)].....	21
Abbildung 3-6: Einzugsgebiet der Strunde am Abflusspunkt Zanders-Areal, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]	23
Abbildung 3-7: Festgesetzte Überschwemmungsgebiete im Bereich des Zanders-Areals, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]	24
Abbildung 3-8: Ein- und Auslauf der Strunde aus dem Hochwasserkanal nach [Fischer Ingenieurbüro (2015)] – links, rechts – [Hydrotec (2021)].....	24
Abbildung 3-9: Fließweganalyse auf dem Zanders-Areals, Datengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]	26
Abbildung 3-10: Senkenanalyse auf dem Zanders-Areals, Datengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]	27
Abbildung 3-11: Tagesniederschlag der Station Beningsfeld (Kläranlage)	29
Abbildung 3-12: Verteilung des Wochenniederschlags an der Messstation Beningsfeld.....	29
Abbildung 3-13: Mittlerer Monatsniederschlag der Station Refrath zwischen 1981 und 2010	30

Abbildung 3-14: Jahresniederschlag in Bergisch Gladbach.....	30
Abbildung 3-15: Ausschnitt aus den Starkregengefahrenkarten: Seltener Starkregen (links) und extremer Starkregen (rechts), Kartengrundlage: [BKG (2021)]	31
Abbildung 3-16: Grundwasserentnahmebrunnen der Firma Zanders, Kartengrundlagen: [GEOportal.NRW (2023)] und [Bieske (2023a)]	32
Abbildung 3-17: GW- Messstellen mit ermittelten k_f -Werten, Datengrundlage: [Bieske (2023b)]	33
Abbildung 3-18: Mittlerer Grundwasserflurabstand Jahr 2022, Kartengrundlage: [Bieske (2023c)]	34
Abbildung 3-19: Altlasteneinstufung nach LAGA, Kartengrundlagen: [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)]	37
Abbildung 3-20: Gefährdungsabschätzung nach [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)].....	38
Abbildung 3-21: Überschreitung Schadstoffkonzentration nach Parameter nach [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)]	38
Abbildung 4-1: Öffentliches Trinkwasserversorgungsnetz um das Zanders-Areal, Kartengrundlage: [RheinEnergie (2023)]	40
Abbildung 4-2: Ausschnitt der Regenwasserkanalisation um das Zanders-Areal, Kartengrundlagen [Stadt Bergisch Gladbach (2022)] und [GEOportal.NRW (2023)].....	42
Abbildung 4-3: Skizze eines Regenklärbecken ohne Dauerstau nach [DWA-A 166:2013].....	43
Abbildung 4-4: Ausschnitt der Schmutzwasserkanalisation um das Zanders-Areal, Kartengrundlagen [Stadt Bergisch Gladbach (2022)] und [GEOportal.NRW (2023)].....	44
Abbildung 4-5: Auswertung der Durchflussmessung im Schmutzwasserkanal.....	45
Abbildung 4-6: Lageplan der Kläranlage Beningsfeld, Kartengrundlage: [Dr-Ing. Bernd Diering GmbH (2007)].....	46
Abbildung 6-1: Schematische Darstellung zur Vorgehensweise und Kapitelstruktur	53
Abbildung 6-2: Schematische Darstellung der Abhängigkeiten	54
Abbildung 6-3: Mögliches Verästelungsnetz (links) und Ringnetz (rechts) auf dem Zanders-Areal, Kartengrundlage: [RheinEnergie (2023)]	55
Abbildung 6-4: Schematische Darstellung einer Niederschlagswassernutzung in Anlehnung an [Senatsverwaltung (2007)].....	59
Abbildung 6-5: Regenwassernutzung mit kombinierter Versickerung oder zusätzlicher Rückhaltung nach [LfU (2023a)] – links und [Graf (2023)] – rechts	60
Abbildung 6-6: Schematische Darstellung einer Grauwassernutzung in Anlehnung an [Senatsverwaltung (2007), DWA-M 277:2017].....	63
Abbildung 6-7: Einsparungspotenzial von Trinkwasser für verschiedene Anwendungsfälle	65
Abbildung 6-8: Abschätzung des nutzbaren Niederschlagswassers - Gesamt.....	67
Abbildung 6-9: Abschätzung des nutzbaren Niederschlagswassers - Bildung.....	67
Abbildung 6-10: Herkunftsbereiche Niederschlagswasser nach Trennerlass, Kartengrundlage: [Hydrotec, (2021)]	73

Abbildung 6-11: Kombination der Dachnutzung aus Photovoltaik und extensivem Gründach aus [Solarenergie.de (2023)] – links und [Optigrün (2023)] – rechts.....	74
Abbildung 6-12: Wasserrückhalteelement beim Retentionsdach [Optigrün (2023)] – links und Oberflächenableitung des Dachabflusses [Sieker (2023)] – rechts.....	75
Abbildung 6-13: Dachflächennutzung bei zentraler und dezentraler Energievariante.....	76
Abbildung 6-14: Aufteilung der Dachflächennutzung bei einer zentralen Energievariante.....	76
Abbildung 6-15: Aufteilung der Dachflächennutzung bei einer dezentralen Energievariante.....	77
Abbildung 6-16: Mulden-Rigolen-System mit Überlauf aus [DWA-A 138:2005].....	79
Abbildung 6-17: Baumrigolen nach [LfU (2023a)] – links und [Sieker (2023)] – rechts.....	80
Abbildung 6-18: Dezentrale und zentrale Retentionsanlage aus [Graf (2023)] – links und [Hamburg Wasser (2023)] – rechts.....	81
Abbildung 6-19: Retentionsbodenfilter nach [DWA-A 178:2019] - links und [LfU (2023b)] - rechts.....	82
Abbildung 6-20: Offene Wasserwege aus [StEB Köln (2023)] – links und [Sieker (2023)] – rechts.....	84
Abbildung 6-21: Flächenaufteilung und Annahmen der Abflussbeiwerte.....	85
Abbildung 6-22: Abschätzung maximaler Gesamtabfluss – Zanders-Areal.....	86
Abbildung 6-23: Ermittlung des Speichervolumens nach DWA-A117:2013.....	87
Abbildung 6-24: Ergebnisse Speicherbemessung für verschiedene Untersuchungen.....	87
Abbildung 6-25: Bestehende Schmutzwasserkanalisation im Umkreis des Zanders-Areals mit fünf möglichen Schmutzwasseranschlüssen.....	93
Abbildung 6-26: Mögliche Schmutzwasserableitung am Zanders-Areal.....	94
Abbildung 6-27: Zusätzliche Schmutzwasserbelastung der KA Beningsfeld in Abhängigkeit der Entwicklungsphasen des Zanders-Areals.....	95
Abbildung 6-28: Abstände der Betriebskläranlage (exemplarisch als zentraler Punkt) zu Entwicklungsfeldern und vorhandener Bebauung, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)].....	97
Abbildung 6-29: Schmutzwasserbelastung der dezentralen Abwasserbehandlung unter Berücksichtigung der Entwicklungsphasen des Zanders-Areals.....	98
Abbildung 6-30: Ausschnitt genehmigter Trassenverlauf aus [Fischer Ingenieurbüro (2010)].....	109
Abbildung 6-31: Varianten für die Offenlegung der Strunde nach [Karres en Brands (2022), Strundeverband (2023)].....	110
Abbildung 6-32: Möglichkeit der Straßenunterquerung „An der Gohrsmühle“ angepasst nach [Fischer Ingenieurbüro (2015)].....	111
Abbildung 6-33: Längsschnitt Variante 1 – Verlauf über dem Hochwasserprofil.....	112
Abbildung 6-34: Längsschnitt Variante 2a – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas.....	113
Abbildung 6-35: Längsschnitt Variante 2b – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas.....	113
Abbildung 6-36: Verlauf der Stunde bei Variante 2 durch den Aquapark, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)].....	114

Abbildung 6-37: Längsschnitt Variante 3 – Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark.....	115
Abbildung 6-38: Längsschnitt Variante 4 – Verlauf an Pfortnergebäude und Gleispark	116
Abbildung 6-39: Beispiel Strundequerschnitt.....	116
Abbildung 6-40: Flächenaufteilung des Areals nach dem Gewässerverlauf	118
Abbildung 6-41: Variantendarstellung mit Luftbild und erhaltenswerter Infrastruktur, Kartengrundlagen [GEOportal.NRW (2023), Projektgruppe Zanders-Areal (2023d), Strundeverband (2023)]	119
Abbildung 7-1: Gliederung der Konzepte	123
Abbildung 7-2: Übersicht Trinkwasserbedarf – Konzept 1	124
Abbildung 7-3: Konzept einer zukünftigen Trinkwasserversorgung, Kartengrundlage [RheinEnergie (2023)]	125
Abbildung 7-4: Phasierung des Trinkwassernetzausbaus	126
Abbildung 7-5: Konzept einer zukünftigen Schmutzwasserableitung	127
Abbildung 7-6: Ermittelte Einbautiefen der Schmutzwasserkanäle aus dem DGM1.....	128
Abbildung 7-7: Mögliche Schmutzwasserableitung im Office-Bereich	128
Abbildung 7-8: Phasierung des Schmutzwassernetzausbaus (mit vier Anschlusspunkten).....	129
Abbildung 7-9: Bestehende Regenwasserkanäle mit den überlagerten Entwicklungsfeldern.....	130
Abbildung 7-10: Höhenpunkte offener Trassbach und Nachklärbecken – links und Auslauf Trassbachverrohrung nach [Hydrotec (2021)] – rechts	131
Abbildung 7-11: Mögliche Niederschlagswasserableitung über offene Wasserwege.....	133
Abbildung 7-12: Schematischer Aufbau eines Retentionsfilterbeckens mit Rigole.....	134
Abbildung 7-13: Niederschlagswasserbewirtschaftung Aquapark	136
Abbildung 7-14: Übersicht Trinkwasser- und Betriebswassernutzung.....	137
Abbildung 7-15: Konzept der multifunktionalen Grundwassernutzung	139
Abbildung 7-16: Niederschlagswasser- und Betriebswasserbewirtschaftung Aquapark.....	140
Abbildung 7-17: Schematische Darstellung einer zentralen und dezentralen Grauwasservariante	142
Abbildung 7-18: Jahrestrinkwasserbedarf je Entwicklungsfeld und Nutzungsart	143

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Ermittlung Trinkwasserverbrauch nach Nutzungskategorie	10
Tabelle 2-2:	Ermittlung der Spitzenfaktoren nach [DVGW W410: 2008].....	11
Tabelle 2-3:	Ermittlung der Verbrauchskennwerte zu unterschiedlichen Belastungen	12
Tabelle 2-4:	Verwendungszweck des Trinkwassers – „Wohnen“	12
Tabelle 2-5:	Verwendungszweck des Trinkwassers auf dem Zanders-Areal	13
Tabelle 2-6:	Schmutzwasserbelastung durch Erschließung des Zanders-Areals	15
Tabelle 2-7:	Zusätzliche Schmutzwasserbelastung der Kläranlage Beningsfeld durch Erschließung des Zanders-Areals	16
Tabelle 3-1:	Beckenvolumen der Betriebskläranlage	22
Tabelle 3-2:	Ausschnitt aus den KOSTRA Niederschlagshöhen für Bergisch Gladbach mit 2 Dauerstufen und 5 Wiederkehrintervallen	28
Tabelle 6-1:	Verwendungszwecke von Betriebswasser nach [VDI 2070 (2013)].....	56
Tabelle 6-2:	Qualitätsziele für die Betriebswassernutzung nach [Senatsverwaltung (2007), DWA-M 277:2017]	58
Tabelle 6-3:	Charakterisierung von Grauwasser nach DWA-M 277:2017	61
Tabelle 6-4:	Auszug aus der Grundwasseranalytik an 3 Messpunkten	64
Tabelle 6-5:	Bewertung der Betriebswassernutzungsvarianten	71
Tabelle 6-6:	Bewertung der Niederschlagswasserrückhaltevarianten	91
Tabelle 6-7:	Bewertung der Niederschlagswasserableitungsvarianten	91
Tabelle 6-8:	Unterteilung in Systemgruppen aus DWA-A 272:2014	99
Tabelle 6-9:	Mögliche Behandlungsverfahren für verschiedene Stoffströme mit Behandlungsziel aus DWA-A 272:2014 gem. [DWA 2008].....	100
Tabelle 6-10:	Bewertung der Schmutzwasserableitungs- und -behandlungsvarianten.....	105
Tabelle 6-11:	Bewertung der Grundwasserbewirtschaftungsvarianten	108
Tabelle 6-12:	Profilabmessungen bei variierenden Parametern nach Manning-Strickler	117
Tabelle 6-13:	Bewertung der Gewässervarianten	122
Tabelle 8-1:	Bewertung der Konzepte	147

1. Veranlassung und Zielsetzung

Auf dem Areal der ehemaligen Papierfabrik Zanders in Bergisch Gladbach soll in den nächsten Jahren ein attraktiver, ressourceneffizienter und vor allem nachhaltiger Wohn-, Arbeits- und Bildungsstandort errichtet werden, der die historische Bedeutung der Papierfabrik für die Stadt aufrechterhält und in das neue Quartierskonzept integriert. Zur Erreichung eines optimalen und nachhaltigen Ressourceneinsatzes für zukünftige Stadtquartiere müssen interdisziplinäre Themenfelder frühzeitig berücksichtigt und bearbeitet werden, die sich zum Teil überschneiden, sich gegenseitig beeinflussen und teilweise sogar ausschließen können. Dabei geht es nach dem Leitfaden für ressourceneffiziente Stadtquartiere um die Betrachtung der Beiträge aus den Themenbereichen Flächen-, Wasser-, Energie-, Stoffressourcen und Grün [DIN SPEC 91468: 2022]. Vor diesem Hintergrund wurden die in diesem Bericht vorgestellten Konzepte zu den Themenschwerpunkten Wasserressourcen und Grün eng mit den Konzepten aus der parallellaufenden Energiestudie [Happold (2023)] abgestimmt.

Die Entwicklung des zukünftigen Zanders-Areals wurde im Vorfeld dieser Studie von einem Strukturplanungsteam durchgeführt und in einem Strukturatlas festgehalten [Karres en Brands (2022)]. Folgende Ziele wurden im Zusammenhang mit dem Thema „Wasser“ und „Grün“ genannt:

- Verbesserung des Mikroklimas, u.a. durch die Offenlegung der Strunde
- Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung nach dem Prinzip der Schwammstadt
- Berücksichtigung von „grünen“ und „blauen“ Achsen im Stadtgebiet mit Schaffung von Erholungsräumen sowie Retentions- und Überflutungsflächen
- Substitution von Trinkwasser durch Regen- und Grauwasser
- Nutzung von Grundwasser zur Energiegewinnung

In dieser Studie werden basierend auf einer Bestandsanalyse konzeptionelle Lösungen zur Wasserversorgung, zum Niederschlags- und Abwassermanagement und zur Grundwasser- und Gewässerbewirtschaftung untersucht und bewertet, um Grundsatzentscheidungen zum zukünftigen Wassermanagement zu treffen.

2. Zanders-Areal

2.1. Historie und Ist-Zustand

Durch seine lange und bedeutende Geschichte in der Papierherstellung entwickelte sich das Zanders-Areal im zwanzigsten Jahrhundert zum Herzstück der Stadt Bergisch Gladbach. Die Firma Zanders hat die Stadtgeschichte seit ihrer Gründung im Jahr 1829 geprägt. Aufgrund von finanziellen Schwierigkeiten der Zanders GmbH wurde das Zanders-Areal in den Jahren 2017 und 2018 durch die Stadt Bergisch Gladbach erworben und von einem Insolvenzverwalter betrieben. Der Betrieb wurde im Jahr 2021 durch diesen endgültig eingestellt [Karres en Brands (2022)].

Abbildung 2-1 zeigt einen Ausschnitt aus dem Flächennutzungsplan im Umkreis des Zanders-Areals. Um das Gewerbegebiet des Zanders-Areals befinden sich hauptsächlich gemischte Bauflächen und Wohnbauflächen. Im Norden und Osten wird das Areal von zwei Hauptverkehrsstraßen begrenzt. Der Abstand zur Stadtmitte beträgt nur wenige hundert Meter.

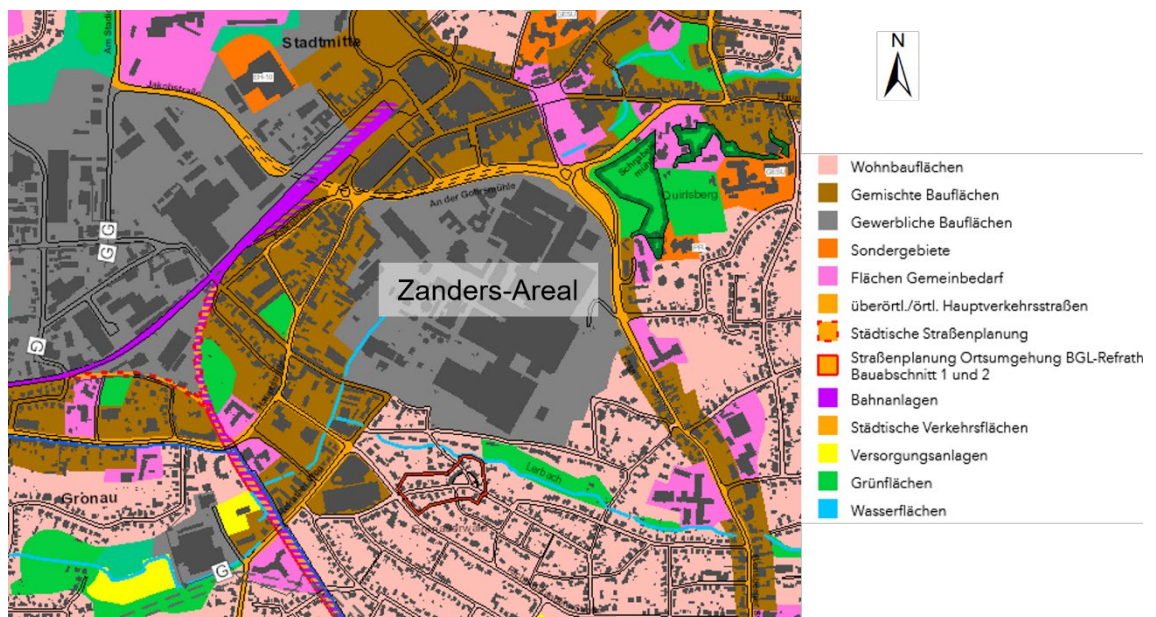


Abbildung 2-1: Ausschnitt Flächennutzungsplan um das Zanders-Areal, Kartengrundlage: bergischglad-bach.maps.arcgis.com

Obwohl der Industriekomplex, vor allem durch die beiden markanten Schornsteine, bereits von Weitem ersichtlich ist (siehe Abbildung 2-2) und die Stadtentwicklung von Bergisch Gladbach maßgeblich beeinflusst hat, ist das Innenleben des Zanders-Areals den meisten Bewohnern bisher verborgen geblieben. In der im Strukturatlas formulierten Zukunftsvision ist die Öffnung dieser „verborgenen Stadt“ einer der entscheidenden Punkte für die Konversion der ehemaligen

Papierfabrik, um einmal mehr eine herausragende Stellung mit überregionaler Bedeutung einzunehmen.



Abbildung 2-2: Ausschnitt Zanders-Areal aus dem 3D-Modell nach [SEAD (2023)]

2.2. Zukünftige Entwicklung Zanders-Areal

2.2.1. Strukturplanung

Durch die zentrale Lage des Zanders-Areals zur Innenstadt von Bergisch Gladbach ergibt sich eine ausgezeichnete Möglichkeit, das abgeschirmte und größtenteils autark betriebene Gelände zu öffnen und für alle Stadtbewohner erlebbar zu machen. Im Strukturatlas Zanders-Areal ist die dynamische Strukturplanung des Areals beschrieben [Karres en Brands (2022)].

Abbildung 2-3 zeigt eine Darstellung des zukünftigen Areals mit den wichtigsten Infrastrukturachsen. Die „blaue Achse“ kennzeichnet den Verlauf der offengelegten Strunde. Die „grünen Achsen“ zeigen Bereiche, in denen eine klimaadaptive Entwicklung von Grünflächen im Zusammenspiel mit Oberflächenwassermanagement verstärkt vorgesehen ist. Die beiden urbanen Achsen „Mainstreet“ (rot dargestellt) und „Werkstraße“ (gelblich dargestellt) stellen die öffentlichen Raumverbindungen, z.B. über Fuß- und Radewegverbindungen sowie öffentlicher Nahverkehrsnetze, zur Umgebung dar.



Abbildung 2-3: Strukturplanung des zukünftigen Zanders-Areals mit urbanen, blauen und grünen Achsen aus [Karres en Brands (2022)]

Abbildung 2-4 skizziert neben der offengelegten Strunde („blaue Achse“) zusätzliche offene Wasserwege für die Ableitung von Niederschlagswasser. Das abzuleitende Wasser von bebauten Flächen soll nach Möglichkeit möglichst lokal und naturnah nach dem „Prinzip der Schwammstadt“ und Elementen der „blau-grünen“ Infrastruktur verdunstet, versickert und/oder zurückgehalten werden. Im Bereich der ehemaligen Industriekläranlage soll ein „Aquapark“ mit multifunktionalen Nutzungsmöglichkeiten und Überflutungsflächen entstehen (blau dargestellte Becken) [Karres en Brands (2022)].

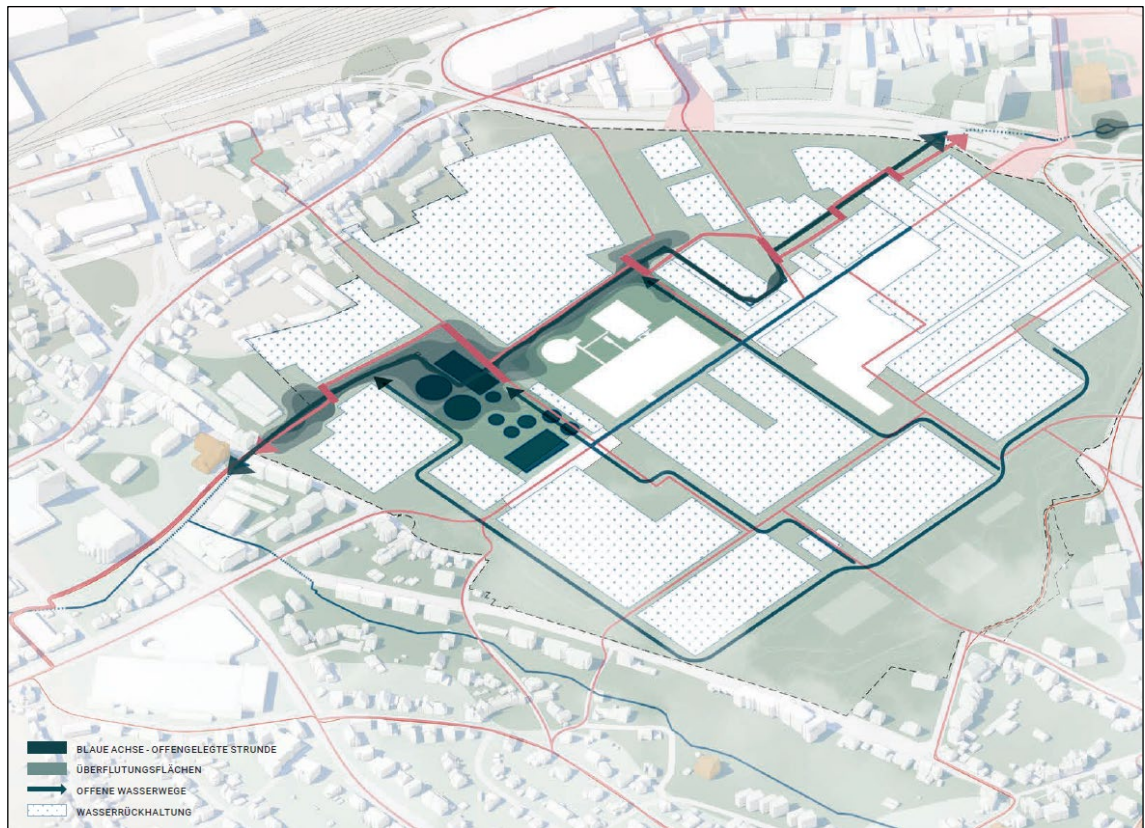


Abbildung 2-4: Bewirtschaftung von Oberflächenwasser aus [Karres en Brands (2022)]

2.2.2. Entwicklungsfelder und Steckbriefe

Für die zukünftige Erschließung des Zanders-Areals wurden 33 Entwicklungsfelder definiert. Zu jedem Entwicklungsfeld existiert ein Steckbrief, der u.a. folgende Informationen zu den geplanten Bauobjekten beinhaltet [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)]:

- Größe, Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ),
- Bruttogeschossfläche (BGF) unterteilt in Neubau und Bestand,
- zu erhaltende Bestandsgebäude mit Angabe zu Denkmalschutz,
- erwartbare Nutzungsverteilung,
- 12 Referenzgebäudetypen und deren Verteilung, sowie
- eine zeitliche Entwicklung der Entwicklungsfelder.

Abbildung 2-5 zeigt die Verteilung der Nutzungsart bezogen auf die einzelnen Entwicklungsfelder. Die farbliche Abstufung bezieht sich auf die geplante Bruttogeschossfläche (BGF). Aus der Abbildung ist ersichtlich, dass eine gemischte Flächennutzung auf dem Zanders-Areal vorgesehen ist. Die Bildungs- und Mobilitätszentren befinden sich am Rand des Zanders-Areals. Im Norden des Areals ist ein Bildungscampus vorgesehen, im Süden und Osten sollen Schulen errichtet

werden. Durch die Randlage der Mobilitätshubs wird ein verkehrsberuhigtes Stadtquartier angestrebt. Das alte Kraftwerk mit den Schornsteinen und die Zentralwerkstatt sind Teil der denkmalgeschützten Gebäude, welche erhalten und im zukünftigen Stadtbild eingegliedert werden. Letztere soll zukünftig einem öffentlichen Nutzen, z.B. als Kulturveranstaltungsort, dienen [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)].

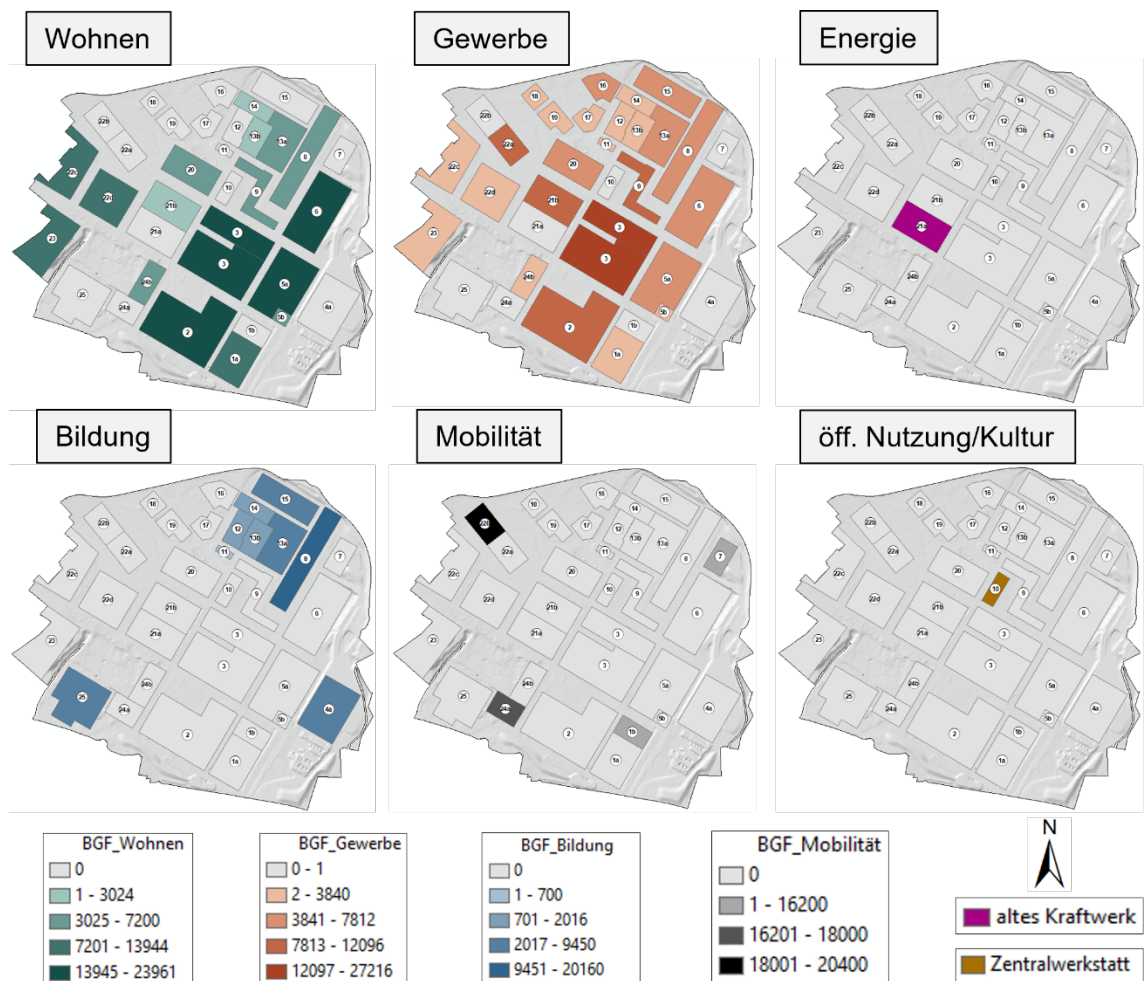


Abbildung 2-5: Entwicklungsfelder nach Nutzungsart und Bruttogeschossfläche in m², Kartengrundlage: [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)]

Insgesamt sollen auf dem Zanders-Areal 1.645 Wohneinheiten für ca. 3.290 Einwohner errichtet werden. Zusätzlich sind ca. 3.166 Arbeitsplätze und 3.840 Bildungsplätze vorgesehen. Letztere setzen sich aus 600 Grundschul-, 3.000 Berufsschul- und 240 Kitaplätzen zusammen [Projektgruppe Zanders-Areal (2023b)].

Die zeitliche Umsetzung der Entwicklungsfelder ist nach einer 3-stufigen Phasierung definiert und in Abbildung 2-6 dargestellt. In Entwicklungsphase 1 ist ein 8-jähriger Umsetzungszeitraum vom Jahr 2025 bis zum Jahr 2033 vorgesehen (gelbe Felder). Die Umsetzung der Entwicklungsphase

2 (rote Felder) ist zwischen den Jahren 2030 und 2038 geplant. Die dritte und letzte Entwicklungsphase (blau) ist zwischen den Jahren 2035 und 2043 vorgesehen [Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)]. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass ein Teil des Bestandes (graue Felder) bereits heute als Office-Bereich genutzt wird. Dem Entwicklungsfeld 18 wurde zum derzeitigen Projektstand noch keine Entwicklungsphase zugeordnet. Aus diesem Grund wird das Entwicklungsfeld in den nachfolgenden Betrachtungen der Phase 0 (Bestand) zugeordnet. Diese zeitliche Phasierung wird bei der Planung der Ver- und Entsorgungsinfrastruktur berücksichtigt, um die Funktionalität der Systeme zu jeder Phase zu garantieren.



Abbildung 2-6: Zeitliche Umsetzung der Entwicklungsfelder nach 3 Entwicklungsphasen aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)]

In Abbildung 2-7 ist die zeitliche Entwicklung mit Bezug auf die vorgesehenen Anwohner, Arbeits- und Bildungsplätze dargestellt. Die Umsetzung des Bildungscampus in der Entwicklungsphase 2 (Jahr 2030 bis 2038) ist am Zuwachs der 3.076 Bildungsplätze deutlich zu erkennen.

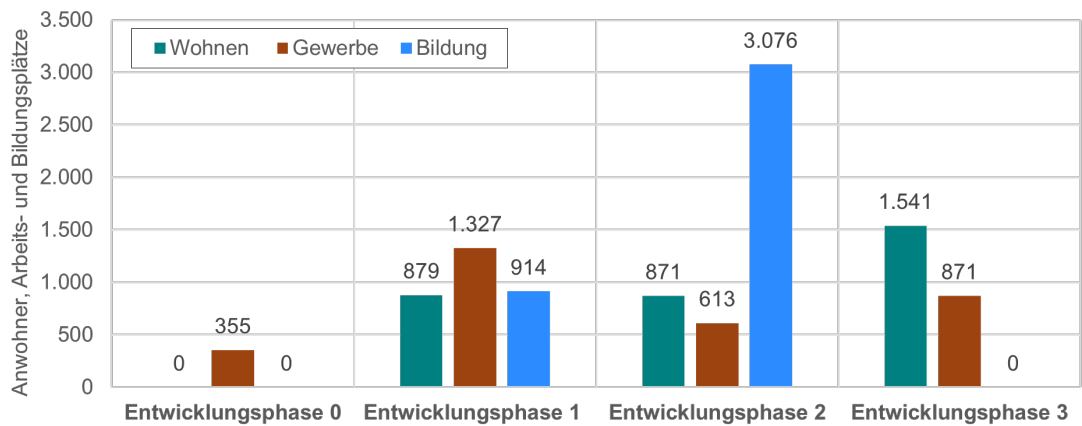


Abbildung 2-7: Zeitliche Entwicklung der Anwohner, Arbeits- und Bildungsplätze

Aufgrund der historischen Bedeutung und des Denkmalschutzes wird ein Teil der alten Bausubstanz beibehalten und ggf. saniert. Abbildung 2-8 zeigt eine Übersicht der denkmalgeschützten Gebäude und Außenflächen (rot markiert) sowie jene Gebäude und Flächen, die als historisch wertvoll gelten und derzeit diskutiert werden (violett markierte Flächen).

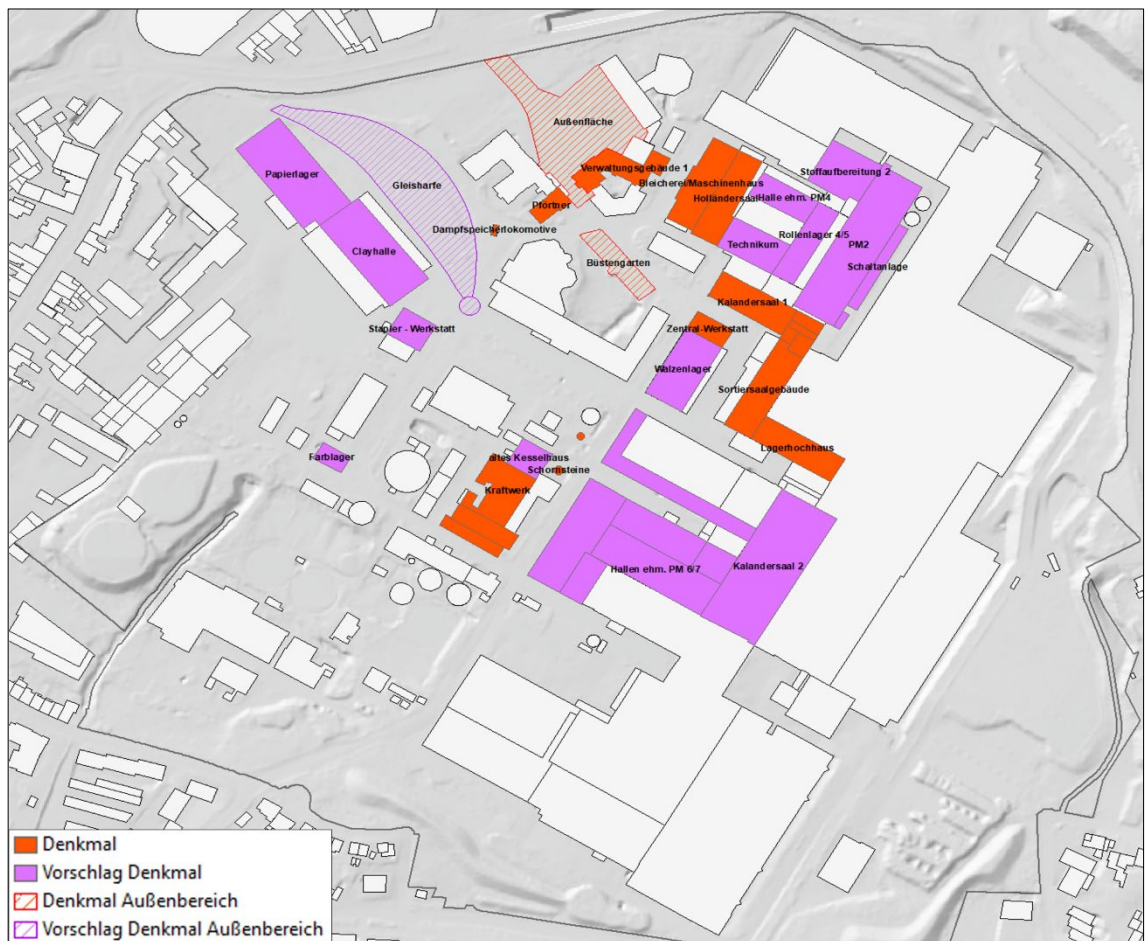


Abbildung 2-8: Gebäude und Außenbereiche unter Denkmalschutz, Kartengrundlage: [Projektgruppe Zanders-Areal (2023d)]

2.2.3. Trinkwasserverbrauch- und Schmutzwasseranfall

Auf Basis der in Abschnitt 2.2.2 genannten Entwicklungsgrößen zu Einwohner-, Gewerbe- und Bildungszahlen lässt sich mit statistischen Durchschnitts- und Literaturwerten ein zukünftiger Trinkwasserbedarf für das Zanders-Areal abschätzen [BDEW (2023), BMWSB (2023), DVGW W410 (2008), Fritsch et al. (2011), Karger et al. (2008)]. Die getroffenen Annahmen gehen von durchschnittlichen Gebrauchshäufigkeiten aus und sollen eine Vergleichbarkeit des Trinkwasserbedarfs herbeiführen und können nicht den tatsächlichen zukünftigen Wasserverbrauch abbilden und dienen hier einer ersten orientierenden Einordnung.

Tabelle 2-1 listet die Kenngrößen je nach Nutzungsart zur Ermittlung des Trinkwasserverbrauchs auf. In Summe ergibt sich ein konservativ abgeschätzter Trinkwasserverbrauch von 246.781 m³ pro Jahr. In einer ersten Annäherung kann dieser Wert auch dem Schmutzwasseranfall gleichgesetzt werden.

Tabelle 2-1: Ermittlung Trinkwasserverbrauch nach Nutzungskategorie

Nutzung	Kenngroße(n)	mittl. Kenngroße	Jahresverbrauch
Wohnen inkl. Kleingewerbe	365 d, 3.290 EW	127 l/EW/d	152.508 m ³
Wohnen			Σ = 152.508 m³
Büro - Alltag	210 d, 1.425 P	34,25 l/P/d	10.249 m ³
<i>Waschtischarmatur</i>	<i>6,75 l/P/d</i>	-	-
<i>WC-Spartaste</i>	<i>3 l/P/d</i>	-	-
<i>WC</i>	<i>9 l/P/d</i>	-	-
<i>Urinal</i>	<i>3 l/P/d</i>	-	-
<i>Armatur Dusche</i>	<i>7,5 l/P/d</i>	-	-
<i>Armatur Teeküche</i>	<i>5 l/P/d</i>	-	-
Büro - Reinigung	28.494 m ²	14,6 l/m ² /a	416 m ³
<i>Verkehrsfläche</i>	<i>18,75 l/m²/a</i>	-	-
<i>Büros</i>	<i>12,5 l/m²/a</i>	-	-
Gemischtes Gewerbe	252 d	50 l/AP/d	13.961 m ³
Einzelhandel Lebensmittel	318 d	50 l/A/d	1.256 m ³
Einzelhandel sonstiges	318 d	50 l/A/d	1.256 m ³
Produzierendes Gewerbe	365 d	15 % vom Gesamtbedarf (Annahme)	32.189 m ³
Gastronomie und Kultur	318 d		
<i>Gastronomiearbeiter</i>	111 GA	50 l/GA/d	1.765 m ³
<i>Gastronomiegäste</i>	1.000 GA	50 l/GA/d	15.900 m ³
<i>Kultur</i>	47 GA	50 l/GA/d	747 m ³
Gewerbe			Σ = 77.739 m³
Bildung - Allgemein	180 d		
<i>Schüler/Kinder</i>	<i>3.840 S</i>	<i>21,9 l/S/d</i>	15.163 m ³
<i>Lehrer/Erziehende</i>	<i>150 L</i>	<i>25,7 l/L/d</i>	694 m ³
Bildung - Reinigung	40.640 m ²	16,7 l/m ² /a	677 m ³

Nutzung	Kenngroße(n)	mittl. Kenngroße	Jahresverbrauch
Verkehrsfläche	18,75 l/m ² /a	-	-
Unterrichtsräume	12,5 l/m ² /a	-	-
Bildung			$\Sigma = 16.534 \text{ m}^3$
Gesamtsumme			246.781 m ³

Hinweis: Bei der Ermittlung des gesamten Trinkwasserjahresverbrauches wurde die Bewässerung von öffentlichen Gärten und Grünflächen nicht berücksichtigt, da diese Flächen zum derzeitigen Projektstand nicht abgeschätzt werden können. Für die Garten- bzw. Grünflächenbewässerung kann ein Wert von 5 bis 10 l/m² angesetzt werden [Karger et al. (2008)]. Nach LfU (2023a) werden für die Bewässerung von Rasen- und Parkflächen typischerweise ca. 60 l/m² und Jahr und für den Bedarf eines Nutzgartens ca. 20 l/m² und Woche veranschlagt. Die Werte sind jedoch stark abhängig von den Pflanzenarten, dem Boden, der Lage und dem Niederschlagsaufkommen. Der Trinkwasserbedarf des produzierenden Gewerbes wurde vereinfacht mit 15 % des Gesamtverbrauchs festgelegt, da zum derzeitigen Projektstand keine näheren Angaben dazu möglich sind. Bei deutlichen Abweichungen ist eine Neuberechnung notwendig.

Im Anschluss an die Ermittlung des mittleren Jahresverbrauches wurden typische Spitzenfaktoren in Anlehnung an das DVGW Arbeitsblatt W410 festgelegt (siehe Tabelle 2-2).

Tabelle 2-2: Ermittlung der Spitzenfaktoren nach [DVGW W410: 2008]

	Spizentag f_d	Spitzenstunde f_h	Löschwasser f_h/f_d
Wohnen (3.290 Einwohner)	2,1	4,6	2,2
Bildung/Schule	1,7	7,5	4,4
Verwaltung/Büro	1,8	5,6	3,1
Hotels	1,4	4,4	3,1
Gemisches Gewerbe	1,8	5,6	3,1

Mit den festgelegten Tages- und Stundenspitzenfaktoren können aus dem mittleren jährlichen Gesamtverbrauch weitere charakteristische Verbräuche ermittelt werden, die beispielsweise für die Dimensionierung und Nachweisführung von Trinkwasserversorgungsnetzen notwendig sind (siehe Tabelle 2-3). Zur Spitzenstunde am Spizentag $Q_{h_{\max}, d_{\max}}$ wurde ein Verbrauch von 170 m³/h berechnet.

Tabelle 2-3: Ermittlung der Verbrauchskennwerte zu unterschiedlichen Belastungen

Wasserverbräuche	Einheit in m ³ /h	Einheit in l/s
Durchschnittlicher Verbrauch (im Jahresmittel) – $Q_{h,m}$	28,2 m ³ /h	7,8 l/s
Durchschnittlicher Verbrauch (an Werk- und Schultagen)	32,6 m ³ /h	9,1 l/s
Durchschnittlicher Verbrauch am Spitzentag Q_{dmax}	62,8 m ³ /h	17,5 l/s
¹ Verbrauch zur Spitzenstunde am Spitzentag $Q_{hmax,dmax}$	170 m ³ /h	47,2 l/s
² Verbrauch zur Spitzenstunde am Durchschnittstag $Q_{hmax,m}$	91 m ³ /h	25,2 l/s

¹ Nachweis für den Spitzenlastfall nach DVGW W 410, ² Nachweis für den Löschwasserfall nach DVGW W 410

Der Trinkwasserbedarf kann nach dem Verwendungszweck weiter unterteilt werden. Tabelle 2-4 stellt beispielhaft den Verwendungszweck des Trinkwassers für den Nutzungsbereich Wohnen dar. Die Daten wurden vom durchschnittlichen Verbrauchsverhalten in Deutschland aus dem Jahr 2021 abgeleitet [BDEW (2023)].

Tabelle 2-4: Verwendungszweck des Trinkwassers – „Wohnen“

Wohnen – Trinkwasserbedarf	Kenngröße	Anteil
Gesamt	127 l/EW/d	100 %
Baden/Duschen/Körperpflege	45,7 l/EW/d	36 %
Toilettenspülung	34,3 l/EW/d	27 %
Wäsche waschen	15,2 l/EW/d	12 %
Kleingewerbeanteil	11,4 l/EW/d	9 %
Geschirrspülen	7,6 l/EW/d	6 %
Raumreinigung/Garten	7,6 l/EW/d	6 %
Essen/Trinken	5,1 l/EW/d	4 %

Tabelle 2-5 und Abbildung 2-9 zeigen den Trinkwasserbedarf je Nutzungskategorie und Verwendungszweck für das Zanders-Areal. Der Wasserbedarf im Bereich Wohnen ist mit einem Gesamtanteil von 62 % dominierend. Dabei ist der Bedarf für „Baden, Duschen und Körperpflege“ mit insgesamt 22 %, gefolgt von Toilettenspülung mit 17 %, am höchsten. Aus Übersichtlichkeitsgründen sind im Kreisdiagramm nur die Kategorien „Baden/Duschen/Körperpflege“ und „Toilettenspülung“ dargestellt. Im Bereich Gewerbe kann zum derzeitigen Projektstand der Verwendungszweck nur für die Büroarbeitsplätze abgeschätzt werden.

Tabelle 2-5: Verwendungszweck des Trinkwassers auf dem Zanders-Areal

Nutzung/Verwendungszweck	Trinkwasserbedarf Zanders	Anteil
Wohnen	152.508 m³	62 %
Baden/Duschen/Körperpflege	54.903 m³	22 %
Toilettenspülung	41.177 m³	17 %
Wäsche waschen	18.301 m³	7 %
Kleingewerbeanteil	13.726 m³	6 %
Geschirrspülen	9.150 m³	4 %
Raumreinigung/Garten	9.150 m³	4 %
Essen/Trinken	6.100 m³	2 %
Gewerbe	77.739 m³	32 %
Duschen/Körperpflege (Büro)	4.264 m³	2 %
Toilettenspülung (Büro)	4.489 m³	2 %
Raumreinigung (Büro)	416 m³	0 %
nicht zugeordnet (Gewerbe)	68.570 m³	28 %
Bildung	16.534 m³	7 %
Körperpflege	3788 m³	2 %
Toilettenspülung	8.080 m³	3 %
Raumreinigung	677 m³	0 %
nicht zugeordnet	3.989 m³	2 %

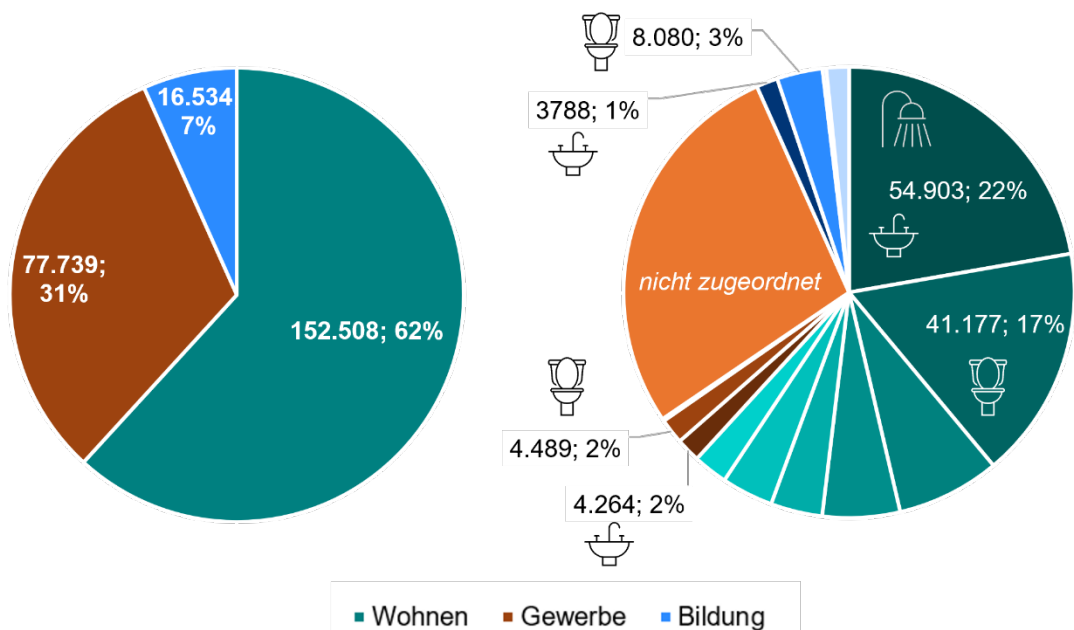


Abbildung 2-9: Trinkwasserbedarf nach Nutzungskategorie (links) und Verwendungszweck (rechts) für das zukünftige Zanders-Areal

Abbildung 2-10 stellt die räumliche Verteilung des ermittelten Trinkwasserbedarf für die drei Nutzungskategorien Wohnen, Gewerbe und Bildung und den Entwicklungsphasen gegenüber. Es wird darauf hingewiesen, dass der Verteilung des Trinkwasserbedarfs im Gewerbe stark vereinfacht über die vorgesehenen Arbeitsplätze im jeweiligen Entwicklungsfeld vorgenommen wurde. Eine genauere Verteilung der Gewerbenutzung nach Büro, Handwerk, produzierendem Gewerbe, Einzelhandel, Gastronomie und Kultur sowie sonstigen Dienstleistungen ist zum derzeitigen Projektstand nicht möglich. Für die vier Mobilitätshubs (Entwicklungsfeld 1b, 7, 22b, 24a), die neu zu errichtende Energiezentrale (Entwicklungsfeld 21a) sowie die Zentralwerkstatt (Entwicklungsfeld 10) fällt kein Trinkwasserbedarf an oder kann im Rahmen dieser Wasserstudie nicht abgeschätzt werden.

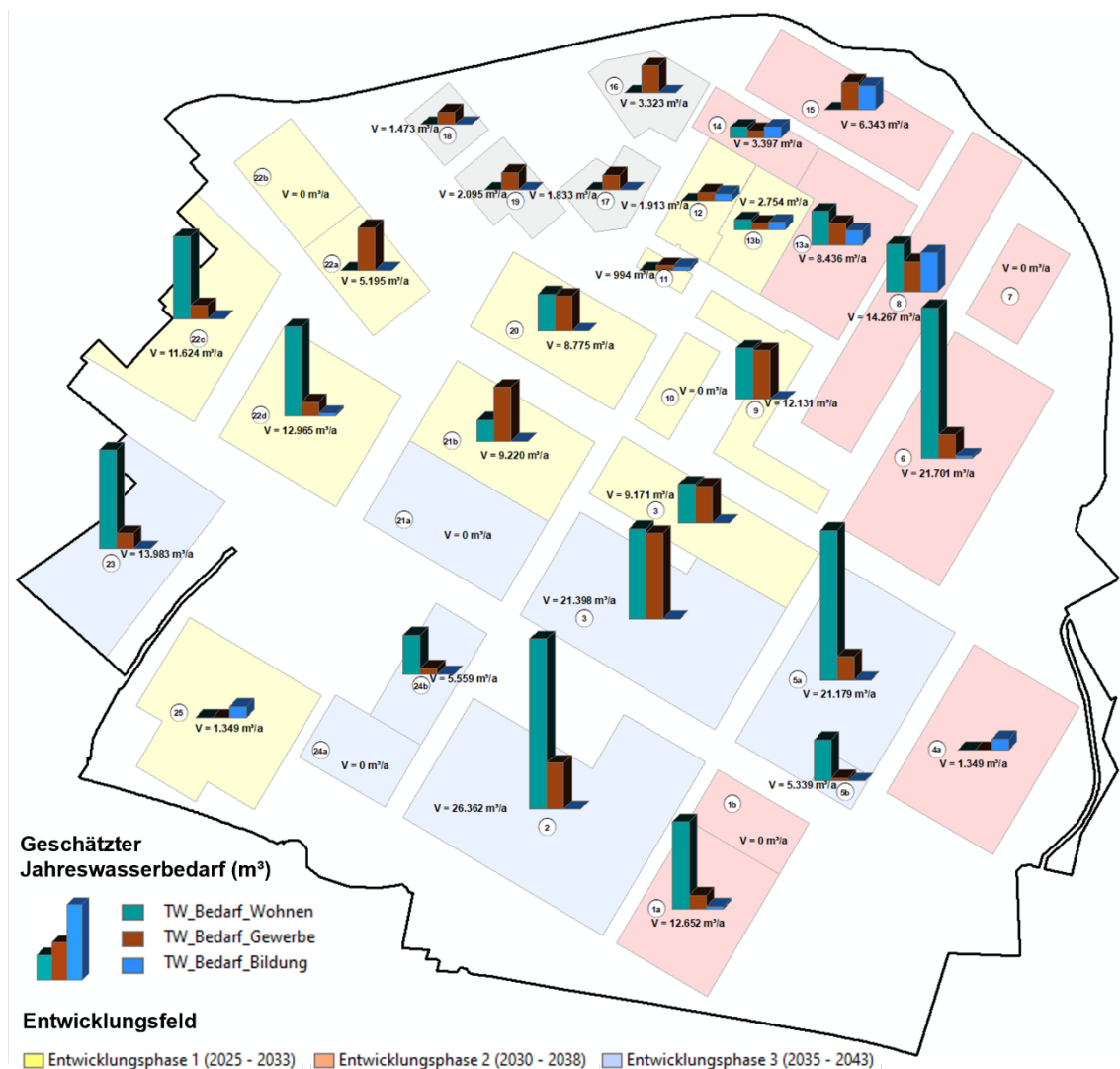


Abbildung 2-10: Abschätzung der räumlichen und zeitlichen Trinkwasserbedarfsverteilung, Kartengrundlage [Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)]

2.2.4. Schmutzwasserbelastung

Auf Basis der geplanten Entwicklungsgrößen zu Einwohner-, Gewerbe- und Bildungszahlen lässt sich die Schmutzwasserbelastung dem aktuellen Planungsstand entsprechend vereinfacht und orientierend anhand von Einwohnerzahlen (EZ) und Einwohnerequivalenten (EGW) abschätzen, was in Summe die Belastung in Einwohnerwerten (EW = EZ + EGW) ergibt. Die EGW werden anhand der dargestellten Arbeitsplätze im Bereich Gewerbe sowie der Bildungs- und Arbeitsplätze im Bereich Bildung ermittelt. In Tabelle 2-6 sind die Berechnungen zusammengefasst. Die Ansätze für die angegebenen EGW orientieren sich an statistischen Erhebungen im deutschsprachigen Raum [AfU (2017)]. In einer ersten Annäherung werden für alle Arbeitsplätze (AP) im Bereich Gewerbe die gleichen spezifischen Ansätze gewählt. Um eine gewissen Reserve zu berücksichtigen, wird ein niedriger und ein hoher Ansatz gewählt. Zusätzlich werden im Bereich Gewerbe Sitzplätze (SP) in der Gastronomie/Kultur berücksichtigt. Zu diesem frühen Zeitpunkt ist eine entsprechende Betrachtung für produzierendes Gewerbe nicht möglich. Um hier mögliche Kapazitäten vorzusehen, wird die Schmutzwasserbelastung mit 15 % der ermittelten Gesamtbelastung abgeschätzt. Die hier getroffenen Annahmen sind mit fortschreitender Planung anzupassen und dienen derzeit einer ersten Einordnung der zu erwartenden Schmutzwasserbelastung. Basierend auf diesen Annahmen fällt auf dem zukünftigen Zanders-Areal eine Schmutzwasserbelastung von rd. 6.000 bis 8.000 EW an. Diese Betrachtung ist bspw. für eine dezentrale Abwasserbehandlung auf dem Zanders-Areal relevant (Insellösung).

Tabelle 2-6: Schmutzwasserbelastung durch Erschließung des Zanders-Areals

Bereich	Kenngröße	Entwicklung	Spezifischer Ansatz		Schmutzwasserbelastung		
			für EGW		von	bis	Einheit
		Einheit	von	bis	von	bis	Einheit
Wohnen	3.290	EZ	1	1	3.290	3.290	EZ
Gewerbe	3.166	AP	0,3	0,5	950	1.583	EGW
	1.000	SP	0,05	0,1	50	100	EGW
Bildung	3.990	BP	0,25	0,45	998	1.796	EGW
Summe					5.288	6.769	EW
Kapazität für produzierendes Gewerbe, + 15 %*					793	1.015	EGW
Gesamtbelastung					6.081	7.784	EW
Gerundete Gesamtbelastung					6.000	8.000	EW

*Basierend auf einer Grobannahme

Wird das gesamte Stadtgebiet Bergisch Gladbach betrachtet, ist zu berücksichtigen, dass im Zanders-Areal bspw. Arbeitende oder Schüler/innen im Stadtgebiet wohnen. Demnach fällt für diese Personen keine zusätzliche Schmutzwasserbelastung an. Es wird angenommen, dass 30 % der

Arbeitenden sowie 10 % der Schüler/innen außerhalb des Stadtgebiets Bergisch Gladbach wohnen. Demnach fällt nur für diesen Anteil eine zusätzliche Schmutzwasserbelastung an. In diesem Fall reduziert sich die Schmutzwasserbelastung auf rd. 4.500 EW bis 5.000 EW, vgl. Tabelle 2-7. Diese Betrachtung ist für den Anschluss an die zentrale Kläranlage relevant.

Tabelle 2-7: Zusätzliche Schmutzwasserbelastung der Kläranlage Beningsfeld durch Erschließung des Zanders-Areals

Bereich	Ansatz für zusätzliche Belastung	Schmutzwasserbelastung (gerundete Werte)		
	%	von	bis	Einheit
Wohnen	100	3.290	3.290	EZ
Gewerbe	30*	300	505	EGW
Bildung	10*	100	180	EGW
Summe EW		3.690	3.975	EW
Kapazität für produzierende Gewerbe + 15 %*		793	1.015	EGW
Gesamtbelastung		4.483	4.990	EW
Gerundete Gesamtbelastung		4.500	5.000	EW

* Basierend auf einer Grobannahme

3. Bestandsaufnahme – Zanders-Areal

Dieses Kapitel beschreibt die durchgeführten Analysen und Auswertungen von vorhandenen Studien, Planunterlagen und Datensätzen, die für die Bearbeitung dieser Wasserstudie erforderlich sind und sich unmittelbar auf das Gebiet des Zanders-Areals beziehen. Für jeden Abschnitt wird ein kurzer Ausblick gegeben, wie die Bestandsanalysen in die Konzeptplanung einfließen werden.

3.1. Wasserversorgung

Die bisherige Wasserversorgung auf dem Zanders-Areal während des Industriebetriebs erfolgte über zwei getrennte Versorgungsnetze, dem Betriebswassernetz und dem Trinkwassernetz.

3.1.1. Bisherige Betriebswasserversorgung

Das Betriebswassernetz verteilte das abgepumpte Grundwasser aus der Innenstadt sowie jenes aus dem Strundetal auf die einzelnen Anlagen der Papierfabrik (siehe Kapitel 3.5). Das Wasser wurde neben der Papierherstellung auch als Kühlwasser genutzt. Ebenso bestand eine Anbindung zu den drei Löschwasserbehältern auf dem Gelände. Abbildung 3-1 zeigt die Lage der Löschwasserbehälter auf dem Zanders-Areal, die für den Objektschutz der Papierfabrik Zanders dienten. Die drei Behälter weisen ein gesamtes Speichervolumen von ca. 13.000 m³ auf. Nach den Aussagen der Projektgruppe Zanders-Areal ist bekannt, dass einer der südlichen Behälter undicht ist.

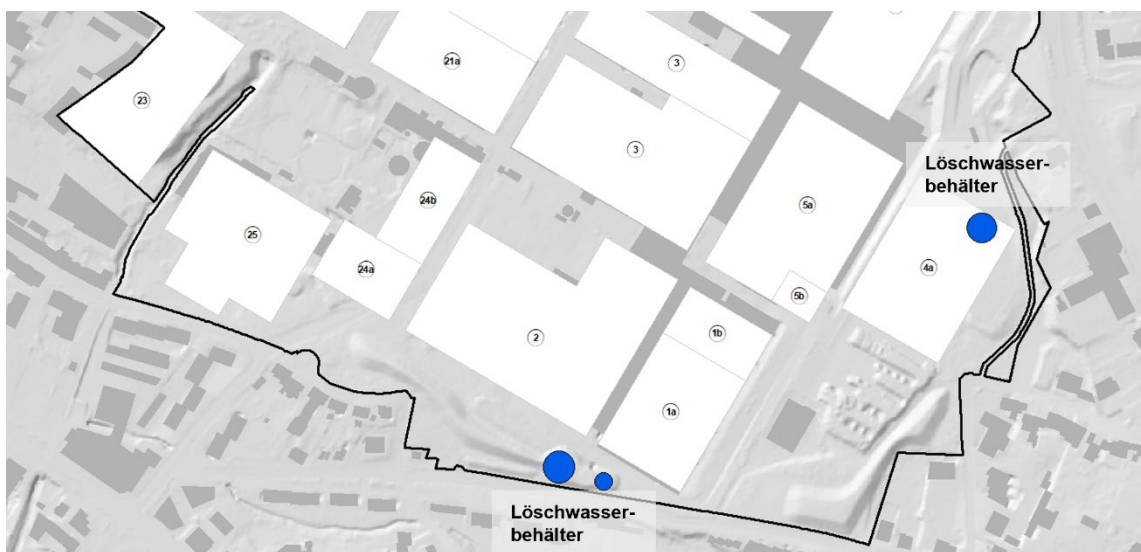


Abbildung 3-1: Lage der Löschwasserbehälter, Kartengrundlage [Projektgruppe Zanders-Areal (2022)]

Als zentraler Einspeisepunkt diente der Wasserturm Quirlsberg. Zudem bestand eine Notverbindung für Zusatzwasser zum öffentlichen Wasserversorgungsnetz der BELKAW GmbH, welche jedoch nach der Betriebsstilllegung der Fabrik abgetrennt und zurückgebaut wurde. Die Dimensionen der Betriebswasserleitung reichen bis zu einem Nenndurchmesser von DN600 [Projektgruppe Zanders-Areal (2023e)]. Derzeit wird das Betriebswassernetz noch zu Reinigungsarbeiten (z.B. Beckenreinigung) genutzt. Abbildung 3-2 zeigt einen Ausschnitt aus dem Betriebswassernetz im Nordosten des Areals mit der Einspeisung über den Wasserturm Quirlsberg und der grün markierten Notverbindung „Zusatzwasser BELKAW“ zum öffentlichen Trinkwassernetz von Bergisch Gladbach.

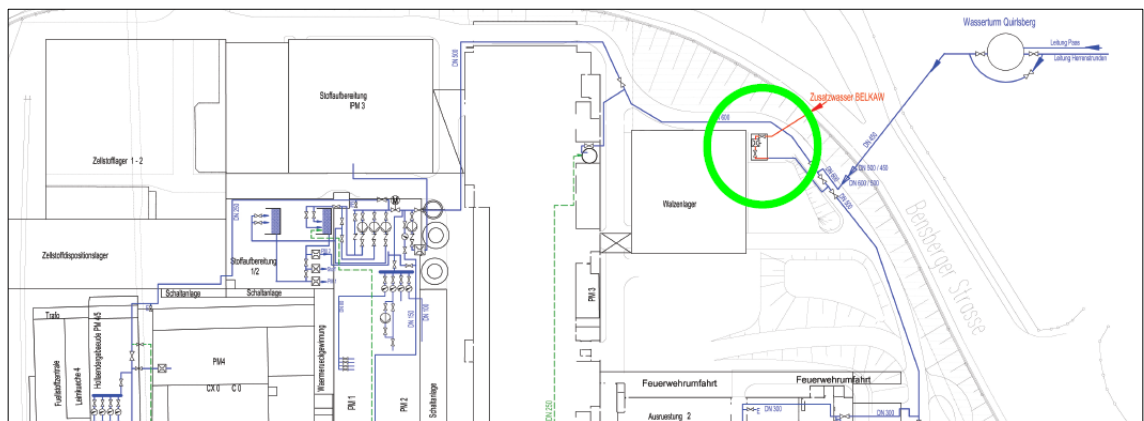


Abbildung 3-2: Ausschnitt aus dem Betriebswassernetz aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023e)]

3.1.2. Bisherige Trinkwasserversorgung

Das Trinkwassernetz des Zanders-Areals hatte zwei Anschlüsse zum öffentlichen Trinkwassernetz. In Abbildung 3-3 ist der westliche Trinkwasseranschluss im Bereich des Papierlagers 1B markiert. Die Leitungsdimensionen des Verteilungsnetzes reichen bis zu einem Nenndurchmesser von DN300. Neben dem Trinkwasser wurde auch Löschwasser über Unterflur-, Überflur- und Wandhydranten bereitgestellt [Projektgruppe Zanders-Areal (2023f)]. Nach Aussagen der Projektgruppe Zanders wurden die Zuleitungen außer Betrieb genommen und das Leitungsnetz kann lt. TrinkwV nicht wieder in Betrieb gesetzt werden

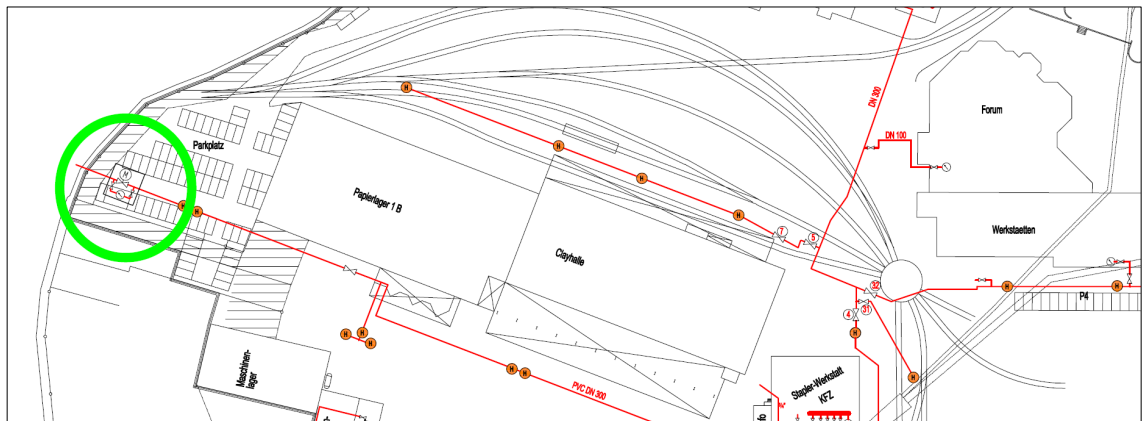


Abbildung 3-3: Ausschnitt aus dem Trinkwassernetz aus [Projektgruppe Zanders-Areal (2023f)]

3.2. Abwasserentsorgung

Auf dem Zanders-Areal wurden Niederschlagswasser, Produktionsabwässer sowie Schmutzwasser (Toilettennutzung) separat abgeleitet und behandelt. Entsprechend werden nachfolgend die Niederschlagswasserableitung und -behandlung separat von der Abwasserableitung und -behandlung betrachtet.

3.2.1. Niederschlagswasserableitung und -behandlung

Das auf versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser wurde und wird derzeit in Regenwasserkanälen gesammelt und auf dem Areal an vier Stellen in die Strunde eingeleitet. Eine Behandlung oder Verzögerung des Abflusses findet nicht statt. Einige durch den Produktionsbetrieb stark belastete Flächen (1.226 m²) sind an den Schmutzwasserkanal angeschlossen. Derzeit besteht eine Duldung zur direkten Niederschlagswassereinleitung in die Strunde bis zum Jahr 2026. Der hydraulische Nachweis $HQ_{2,Prognose} \leq HQ_{2,pnat}$ nach BWK M7 wurde erbracht [Hydrotec, 2021].

Abbildung 3-4 stellt die groben Verläufe der Regenwasserkanäle im Zanders-Areal und die vier Einleitstellen E6, E10, E11 und E12 in die Strunde dar. Die Kanäle sind aus Übersichtsgründen nach deren Rang eingefärbt, der eine qualitative Einstufung basierend auf Durchmesser und angeschlossener Fläche darstellt. Außerdem ist ersichtlich, dass einige Teilflächen, wie z.B. das „Weig-Gelände“ und Parkflächen im Osten des Areals, nicht (mehr) in den Trassbach und die Strunde, sondern in die öffentliche Regenwasserkanalisation entwässern.



Abbildung 3-4: Ab- und Einleitung des Regenwassers auf dem Zanders-Areal im Bestand, Kartengrundlagen [Projektgruppe Zanders-Areal (2022)] und [Hydrotec (2021)]

3.2.2. Abwasserableitung und Abwasserentsorgung

Das anfallende Schmutzwasser durch die Beschäftigten (bspw. Toilettenabwasser, Duschen und Bürobereich) wurde in Klärgruben gesammelt und über ein Holsystem zwecks Behandlung zur Kläranlage Beningsfeld transportiert.

Das bei den Produktionsprozessen anfallende Abwasser wurde zur betriebseigenen Kläranlage abgeleitet. Diese war verfahrenstechnisch auf die Behandlung von Abwässern aus der Papierproduktion ausgelegt. Die Betriebskläranlage wurde 1965 errichtet und umfasste zunächst die Absetzbecken 1 und 2, Vorklärung 1 und 2, Biologie 1 und 2 sowie Nachklärung 1 und 2 (siehe Abbildung 3-5). Im Jahr 1992 wurde die Betriebskläranlage um die Vorklärung 3, Biologie 3, Nachklärung 3 und das dazugehörige Pumpwerk erweitert. Ein Großteil der Bautechnik weist demnach

ein hohes technisches Alter von 58 Jahren auf. Angaben zum Sanierungsbedarf bzw. zu bisher umgesetzten Sanierungsmaßnahmen liegen nicht vor. Ausgehend von einer betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer der Bautechnik von 40 Jahren, angelehnt an das Arbeitsblatt DWA-A 133:2019, ist bei einer Weiter- oder Umnutzung der Becken von einem hohen Sanierungsbedarf auszugehen. Der Klärschlamm wurde vor Ort entwässert und thermisch verwertet. Dabei umfasste die Schlammbehandlung mehrere Eindicker (Volumen jeweils ca. 600 m³ aus den 1960er Jahren) sowie eine Entwässerung und Schlammverbrennung (aus den 1990er Jahren).

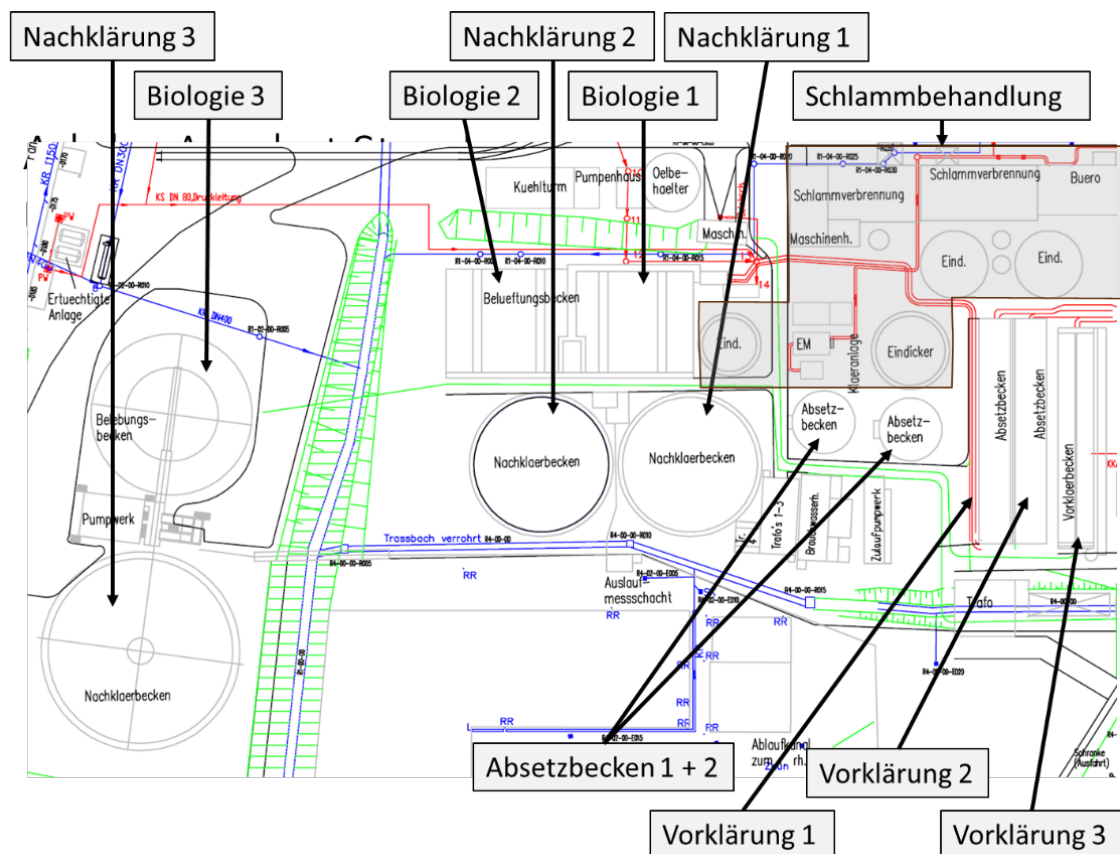


Abbildung 3-5: Lageplan der Betriebskläranlage, Kartengrundlage: [Stadt Bergisch Gladbach (2019)]

Darüber hinaus sind zur ehemaligen Betriebskläranlage folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Die Nachklärbecken sind nicht auftriebssicher. Dies ist bei Entleerung oder Teilfüllung zu berücksichtigen.
- Verwertbare Anlagenteile (Maschinenteknik) wurden im Rahmen des Insolvenzverfahrens abgebaut oder weisen ein hohes Alter auf. Demnach ist im Wesentlichen davon auszugehen, dass keine nutzbare Maschinenteknik mehr vorhanden ist.
- Zur Behandlung in der Biologie 3 und dem Nachklärbecken 3 musste das Abwasser über ein Pumpwerk über mehrere Meter angehoben werden.

- Bei der Aufschüttung der Biologie 3 und dem Nachklärbecken 3 wurde belastetes Material verbaut (Altlasten, siehe Kapitel 3.5.3)
- Die Betriebskläranlage befindet sich teilweise im Überschwemmungsgebiet (siehe Kapitel 3.3.1, Abbildung 3-7)
- Es gab kein Labor für Abwasseranalysen
- Eine Steuerung der Betriebskläranlage (wie sie heute üblich ist) gab es nicht

Tabelle 3-1 fasst die vorhandenen Beckenvolumina der Betriebskläranlage zusammen.

Tabelle 3-1: Beckenvolumen der Betriebskläranlage

Bauwerk	Volumen [m ³]
Vorklärbecken 1	690
Vorklärbecken 2	690
Vorklärbecken 3	1.058
Absetzbecken 1	< 500
Absetzbecken 2	< 500
Biologie 1	2.350
Biologie 2	2.350
Biologie 3	7.500
Nachklärbecken 1	3.000
Nachklärbecken 2	3.000
Nachklärbecken 3	5.000

3.3. Gewässernetz und Geländetopografie

3.3.1. Strunde und Hochwassergefahr

Das Zanders-Areal wird von der Strunde durchflossen. Zum Teil verläuft sie durch einen verrohrten Hochwasserkanal, im Süden des Areals verläuft sie in einem offenen Graben. Das Einzugsgebiet der Strunde beträgt am Betrachtungspunkt des Zanders-Areals ca. 19,15 km². Das gesamte Einzugsgebiet beträgt ca. 31 km². Im natürlichen Einzugsgebiet liegen zudem der Hebborner Bach mit den Zuflüssen Kuckelberger Bach und Holzer Bach, Dombach, Rosenthaler Bach, Asselborner Bach und der Hombach mit dem Kierdorfer Bach. Südlich des Zanders-Areals verläuft der Lerbach mit einer Länge von ca. 5,5 km, welcher in der Strunde mündet (siehe Abbildung 3-6). Im weiteren Verlauf münden der Rodenbach/Scheidtbach, der Hasselbach, der Kemperbach und der Umbach in die Strunde. Im Anschluss kreuzt die Strunde den Flehbach (Faulbach) und mündet in einem künstlich geschaffenen Profil in den Rhein.

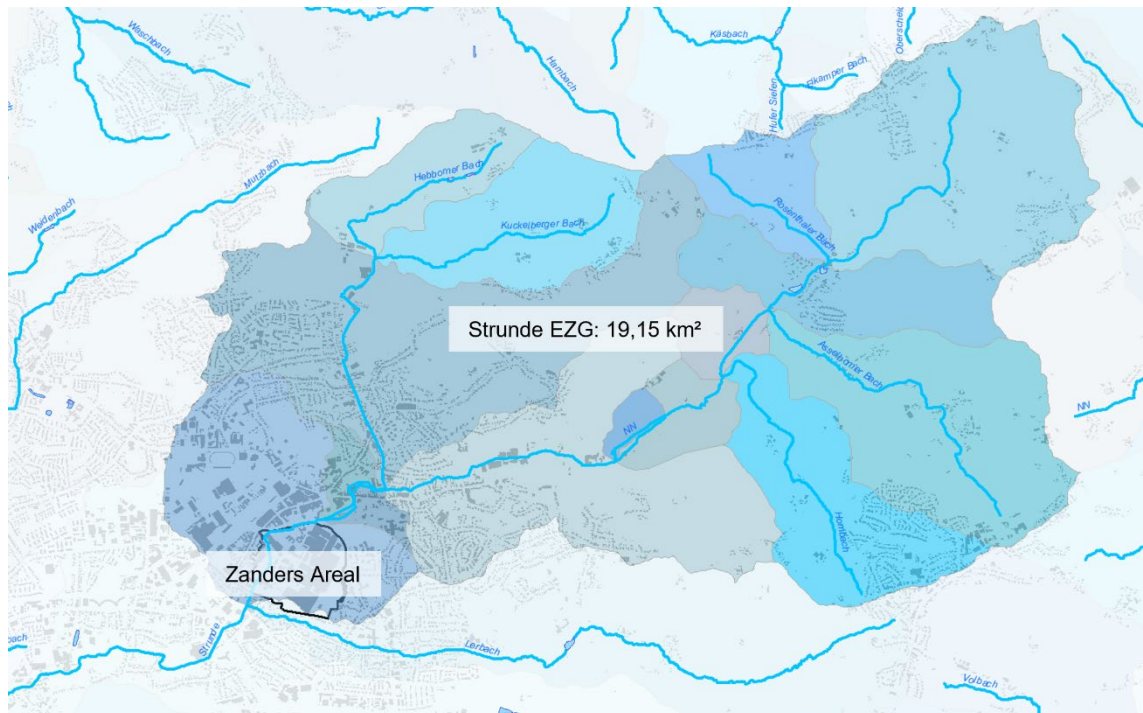


Abbildung 3-6: Einzugsgebiet der Strunde am Abflusspunkt Zanders-Areal, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]

Für das Untersuchungsgebiet liegen die Ergebnisse einer Hochwasser-Gefahrenkarte mit den festgesetzten Überschwemmungsgebieten vor [GEOportal.NRW (2023)]. Berechnungsgrundlage ist dabei bundeseinheitlich ein Hochwasserereignis, wie es statistisch einmal in 100 Jahren zu erwarten ist. Mit der Ausweisung der Überschwemmungsgebiete sind unmittelbare planungsrechtliche Auswirkungen verbunden. In den festgesetzten Überschwemmungsgebieten und den Gebieten, die als festgesetzt gelten, sind gem. § 78 Abs. 1 WHG insbesondere die Ausweisung neuer Baugebiete in Bauleitplänen und die Errichtung und Erweiterung von baulichen Anlagen und anderen den Hochwasserabfluss behindernden Gegenständen verboten. Sofern eine Bebauung von der Wasserbehörde jedoch als zulässig erachtet wird, ist der verloren gegangene Rückhalteraum umfangs-, funktions- und zeitgleich auszugleichen.

In Abbildung 3-7 sind die festgesetzten Überschwemmungsgebiete im Bereich des Zanders-Areals dargestellt. Zudem ist der neu erstellte Hochwasserkanal (rote Linie), der Niedrigwasserverlauf der Strunde im Innenstadtbereich, die Gewässerachsen und das Hochwasserrückhaltebecken „Kieppemühle“ dargestellt.

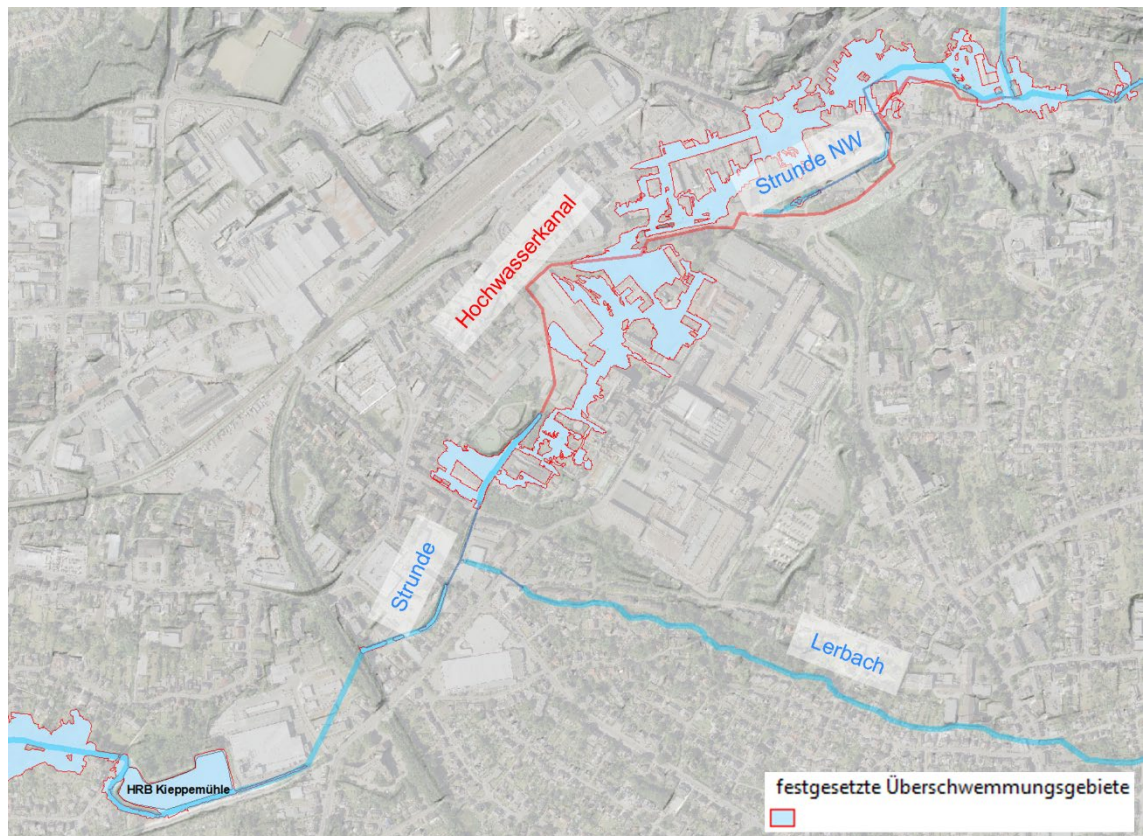


Abbildung 3-7: Festgesetzte Überschwemmungsgebiete im Bereich des Zanders-Areals, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]

Abbildung 3-8 links stellt das Einlaufbauwerk des Strunde Niederwasserprofils (Strunde NW) in den Hochwasserkanal an der Straße „An der Gohrmühle“ nördlich des Zanders-Areals dar. Abbildung 3-8 rechts zeigt den Auslauf des Hochwasserkanals auf dem Zanders-Areal, welcher dem derzeitigen Verlauf der Strunde entspricht (linkes Kastenprofil). Das rechte Kastenprofil entspricht der ehemaligen Strundeverrohrung, die derzeit zur Niederschlagswasserableitung genutzt wird.

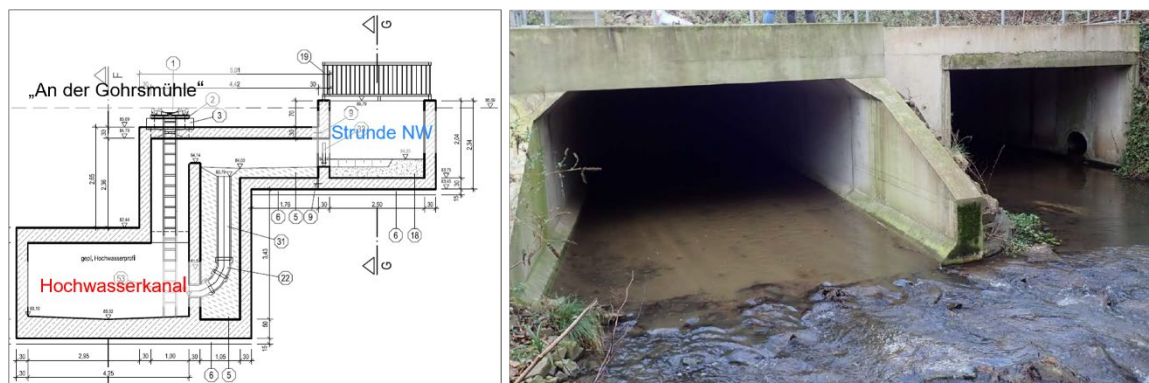


Abbildung 3-8: Ein- und Auslauf der Strunde aus dem Hochwasserkanal nach [Fischer Ingenieurbüro (2015)] – links, rechts – [Hydrotec (2021)]

3.3.2. Fließweg- und Senkenanalyse

Hinweis: Das Digitale Geländemodell mit einer Rasterauflösung von 1 x 1 Meter (DGM1) wurde vom GEOportal.NRW [2023] bezogen. Als Datengrundlage werden die aus dem Ergebnis des flugzeuggestützten Laserscanning gewonnenen 3D-Messdaten verwendet. Objekte wie z. B. Vegetation und Gebäude werden nicht dargestellt. Die Höhengenaugigkeit der Daten beträgt +/- 20 cm [Bezirksregierung Köln (2023)]. Die Höhendaten im Bereich des Zanders-Areals basieren auf der Datenaktualität von Dezember 2020. Zudem liegen die Höhendaten von 2.763 Vermessungspunkten vor.

Basierend auf dem DGM1 wurde eine Fließweg- und Senkenanalyse durchgeführt. Bei dieser topographischen Betrachtung wird die Fließrichtung aus einer Rasterzelle in die Nachbarzelle über den maximalen Gradienten bestimmt. Da sich 8 mögliche Fließrichtungen ergeben, wird dieser Ansatz auch D8-Methode genannt. In der Berechnung sind keine Gebäude, Verrohrungen oder sonstige Fließhindernisse enthalten. Trotz dieser Vereinfachungen kann man potenzielle Pfade des an der Oberfläche abfließenden Wassers erkennen. Um die Durchgängigkeit der Fließwege zu gewährleisten, wurden die Senkenbereiche „aufgefüllt“.

Abbildung 3-9 zeigt die berechneten Fließwege auf dem Zanders-Areal. Fließpfade mit höherer Abflussakkumulation sind violett und magentafarben hervorgehoben. Weiß gekennzeichnete Bereiche lassen auf Senkenbereiche schließen, die erst gefüllt werden müssen, um einen Abfluss zu generieren. Aus der Analyse lassen sich zwei Hauptfließwege erkennen. Ein Fließweg ergibt sich von Osten nach Westen mit einer Einzugsgebietsfläche von ca. 0,4 km², der Zweite mit > 19 km² aus dem Einzugsgebiet der Strunde mit Fließrichtung Süden.

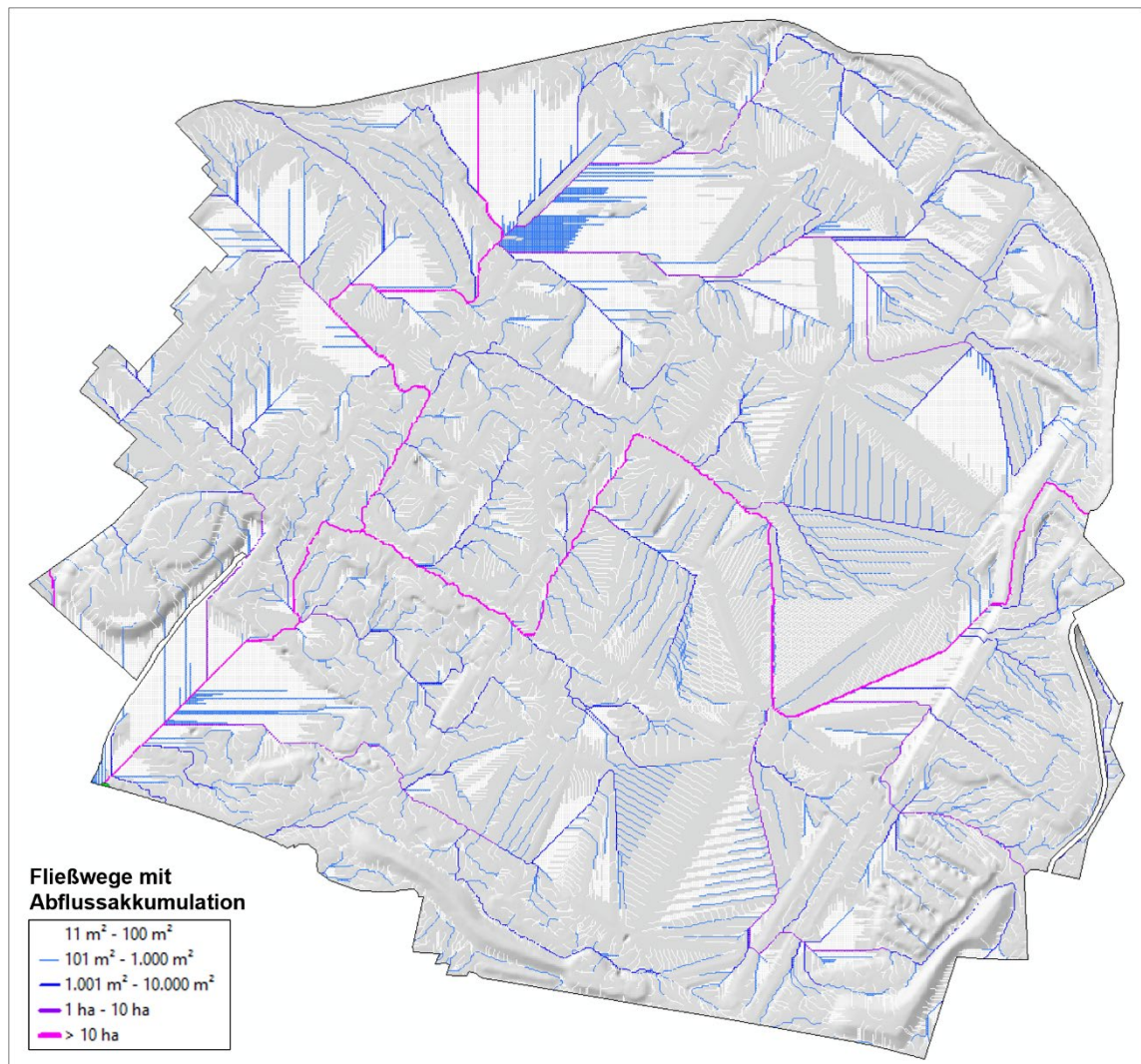


Abbildung 3-9: Fließweganalyse auf dem Zanders-Areal, Datengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]

In Abbildung 3-10 sind die berechneten Senkenbereiche mit Angabe der Senkentiefe dargestellt. Die Bereiche zeigen Tiefpunkte im Gelände an, aus denen erst bei Vollfüllung ein freier Abfluss entsteht. Verrohrungen oder andere Durchlässe sind hier nicht berücksichtigt. Von Senkenbereichen kann bei Hochwasser oder Starkregen eine erhöhte Gefährdung ausgehen.

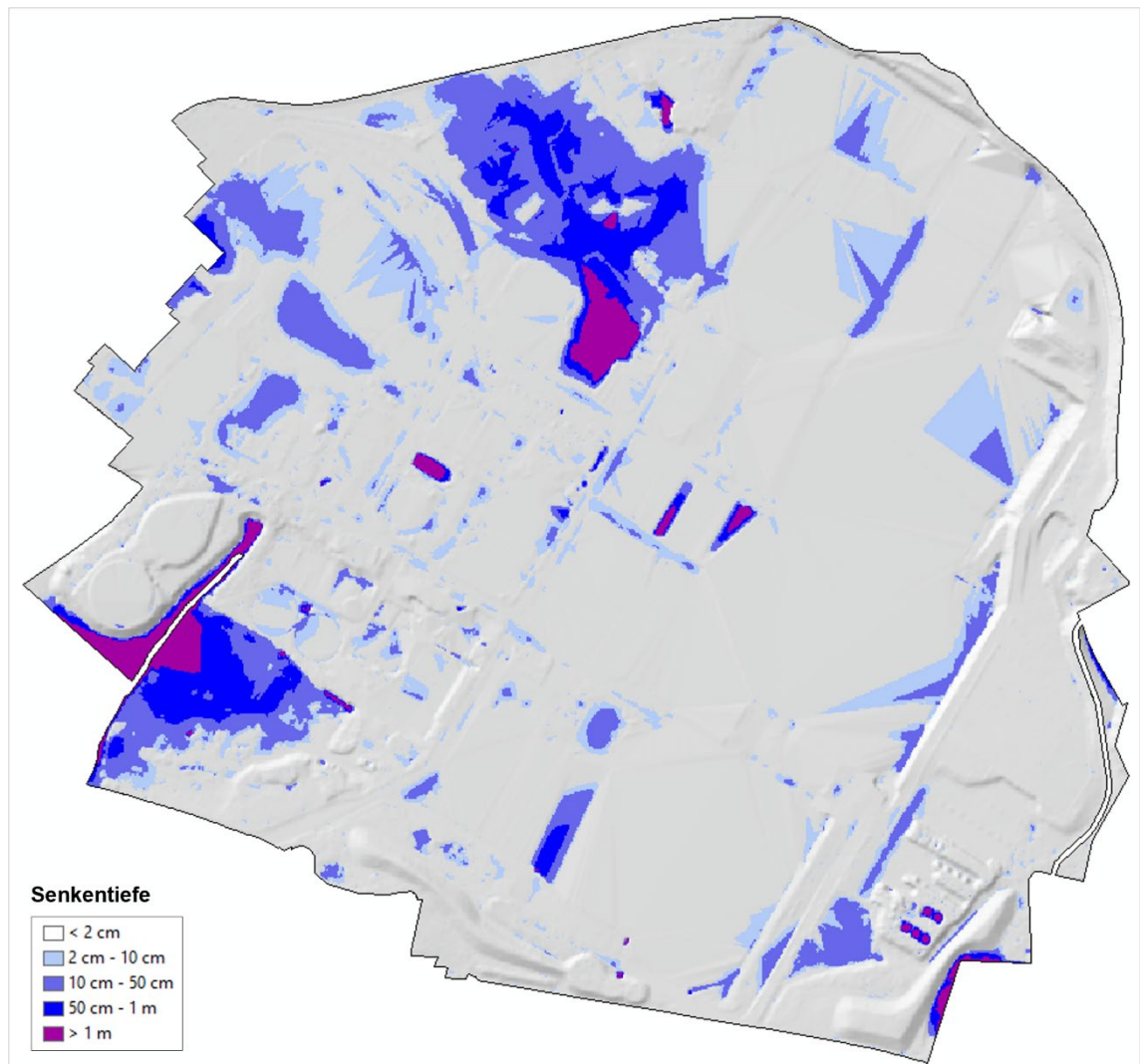


Abbildung 3-10: Senkenanalyse auf dem Zanders-Areal, Datengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]

3.4. Niederschlagsauswertung

3.4.1. KOSTRA-DWD 2020

Aus der „Koordinierte Starkniederschlagsregionalisierung und -auswertung des DWD“ (KOSTRA) können ortsspezifische Rasterdaten zu Niederschlagshöhen und –spenden in Abhängigkeit von der Niederschlagsdauer D und der Jährlichkeit T (Wiederkehrintervall) ermittelt werden.

Tabelle 3-2 zeigt die bezogenen Niederschlagshöhen für Bergisch Gladbach für zwei Dauerstufen und 5 Wiederkehrintervalle. Beispielsweise wird ein Starkregen von 40,0 mm/ 60 min mit einer mittleren statistischen Wiederkehrzeit von 100 Jahren bewertet. Kleinräumige Starkniederschläge mit einer Ausdehnung von wenigen Quadratkilometern können jedoch auch wesentlich

intensiver ausfallen. Die KOSTRA Niederschlagsdaten werden für die Abschätzung der Regenabflüsse sowie die Bestimmung der ggf. erforderlichen Retentionsvolumina auf dem Zanders-Areal verwendet (siehe Kapitel 6.3.7).

Tabelle 3-2: Ausschnitt aus den KOSTRA Niederschlagshöhen für Bergisch Gladbach mit 2 Dauerstufen und 5 Wiederkehrintervallen

KOSTRA-DWD 2020		KOSTRA Zelle Bergisch Gladbach
Dauerstufe	Wiederkehrintervall	Niederschlagshöhe h_N (mm)
D = 15 min	T=3a	13,3
	T=5a	15,0
	T=30a	21,3
	T=50a	23,4
	T=100a	26,4
D = 60 min	T=3a	20,1
	T=5a	22,6
	T=30a	32,3
	T=50a	35,4
	T=100a	40,0

3.4.2. Regenmessstationen

Für das Untersuchungsgebiet stehen die Messdaten von drei Messstationen zur Verfügung. Für die Messstelle „Refrath“ (Stations-ID 372) liegen Tagesniederschlagswerte zwischen den Jahren 1931 und 2014 zur Verfügung [DWD (2023)]. Für die Messstellen „KA Beningsfeld“ (siehe Abbildung 3-11) und „Rathaus Bensberg“ wurden die Tagesniederschläge zwischen den Jahren 2010 und 2023 ausgewertet. Die letzten beiden Datensätze wurden von dem Abwasserwerk zur Verfügung gestellt.

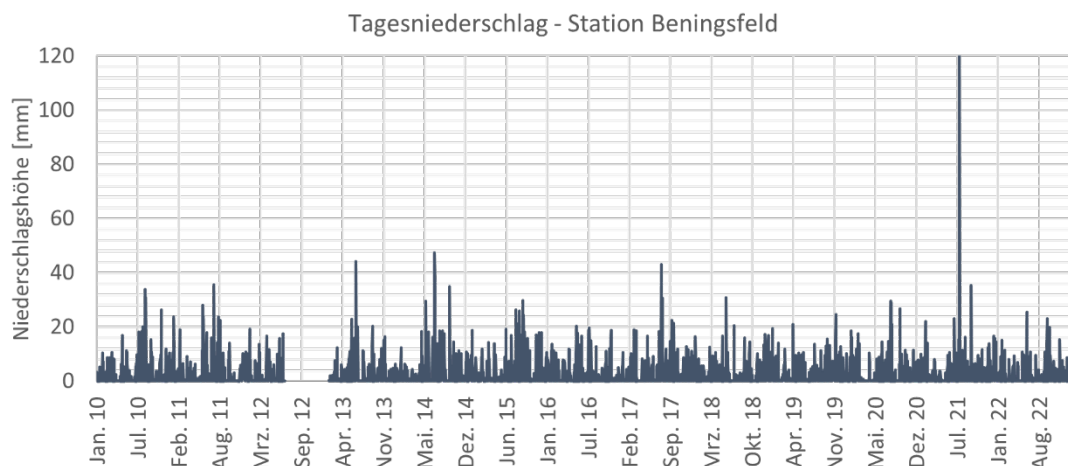


Abbildung 3-11: Tagesniederschlag der Station Beningsfeld (Kläranlage)

Die Daten wurden im Anschluss so aufbereitet, dass Datenlücken in der weiteren Analyse nicht berücksichtigt werden. Die Tagesniederschlagsdaten wurden zu Wochen-, Monats- und Jahreswerten aggregiert. Abbildung 3-12 zeigt die Verteilung des Wochenniederschlags bei der Messstation Beningsfeld. Es ist zu erkennen, dass an 25 % der untersuchten Wochen eine Niederschlagshöhe von 2,7 mm unterschritten wird.

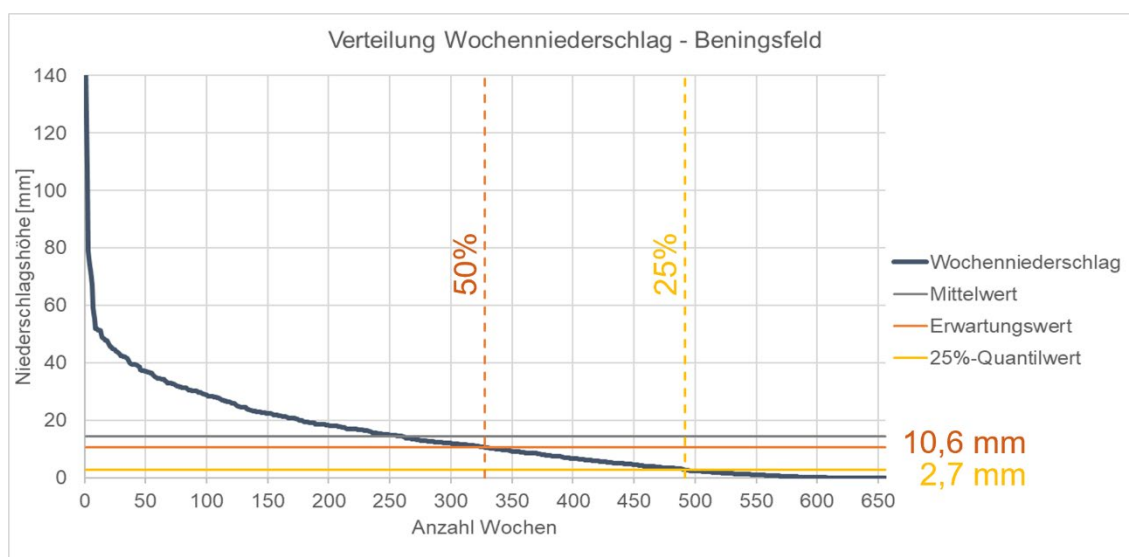


Abbildung 3-12: Verteilung des Wochenniederschlags an der Messstation Beningsfeld

In Abbildung 3-13 ist der mittlere Monatsniederschlag der Station „Refrath“ im Bezugszeitraum von 1981 bis 2010 dargestellt. Hier ist erkennbar, dass im langjährigen Mittelwert keine signifikanten saisonalen Schwankungen auftreten.

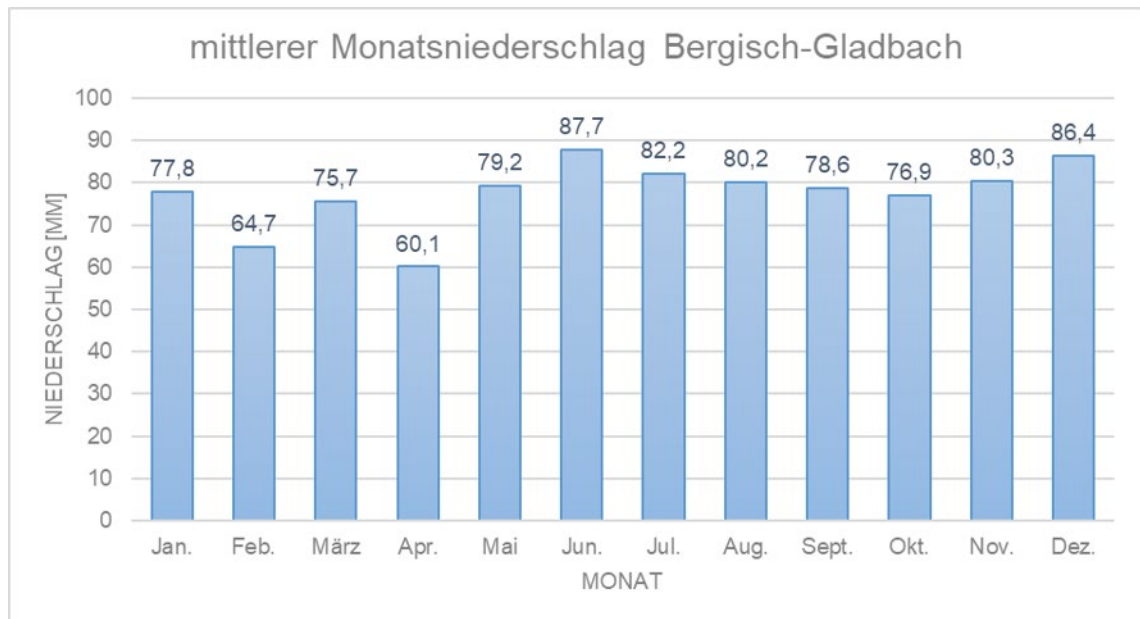


Abbildung 3-13: Mittlerer Monatsniederschlag der Station Refrath zwischen 1981 und 2010

Abbildung 3-14 zeigt die Jahresniederschlagshöhen der Stationen Bensberg und Beningsfeld über die letzten 8 Jahre. Im Vergleich zum 30-jährigen Mittelwert der Station Refrath von 936 mm liegen die dargestellten Werte meist darunter. Tendenziell sind höhere Niederschlagsmengen an der Station Bensberg gemessen worden.

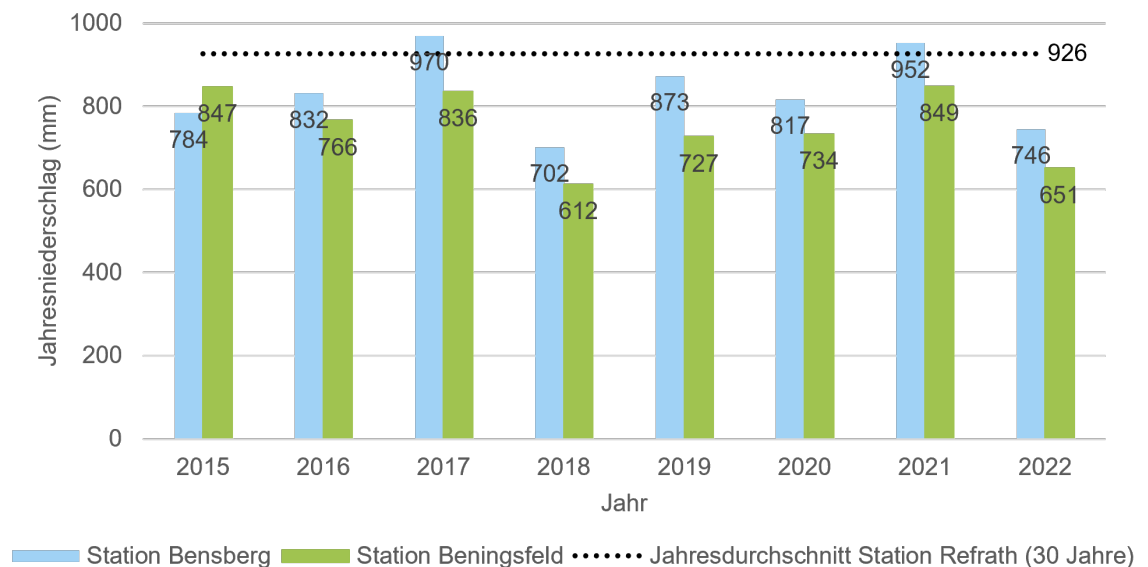


Abbildung 3-14: Jahresniederschlag in Bergisch Gladbach

Ziel der Messdatenanalyse ist die „Regelmäßigkeit“ der ortstypischen Niederschläge auszuwerten, die u.a. für die Potentialabschätzung von möglichen Regenwassernutzungsanlagen herangezogen werden (siehe Kapitel 6.2.4).

3.4.3. Starkregengefahrenkarten

Starkregeneignisse sind kurz andauernde, kleinräumige und sehr intensive Regeneignisse. Ein Beispiel dafür sind wolkenbruchartige Sommergewitter, die lokal zu Überflutungen führen können. Die Gefährdung durch Starkregen geht nicht notwendigerweise vom Gewässer aus.

Abbildung 3-15 zeigt zwei Ausschnitte der vorliegenden Starkregengefahrenkarte um das Zanders-Areal [BKG (2021)]. Links sind die maximalen Überflutungstiefen bei einem seltenen ($T_n = 100$ Jahre) Starkregen und rechts bei einem extremen Starkregeneignis ($h_N = 90\text{mm} / 1\text{h}$) dargestellt. Die höchsten Gefährdungen auf dem Zanders-Areal ergeben sich im Bereich des Verwaltungstraktes sowie im östlichen Bereich des Geländes, wo der Abfluss des Wassers durch die bestehenden Gebäude eingeschränkt wird. Bereits bei einem seltenen Starkregeneignis werden in diesen Bereichen maximale Überflutungstiefen von über 2 Metern berechnet. Zwischen den bestehenden Verwaltungsgebäuden sind bei beiden Starkregenszenarien maximale Überflutungstiefen zwischen 1 und 2 m ersichtlich.

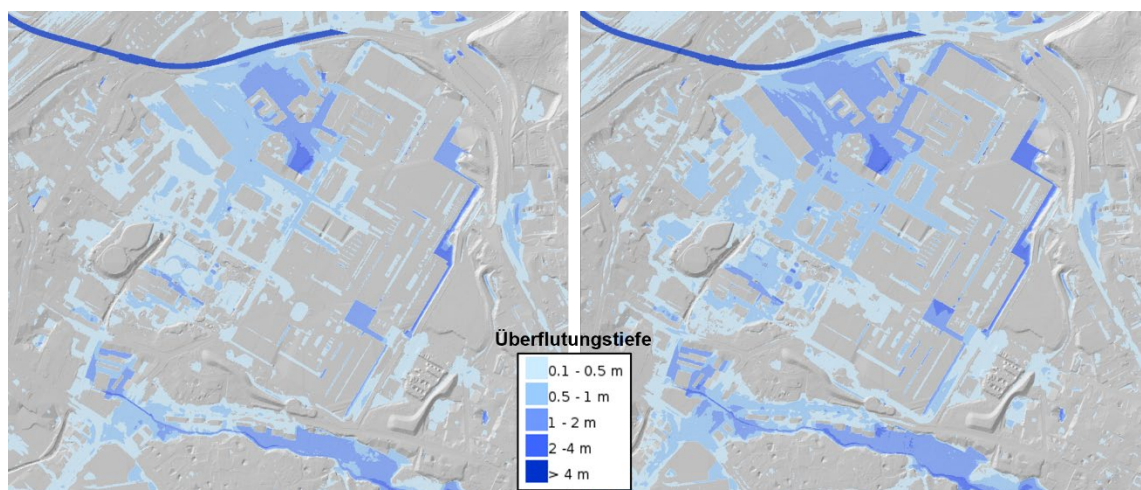


Abbildung 3-15: Ausschnitt aus den Starkregengefahrenkarten: Seltener Starkregen (links) und extremer Starkregen (rechts), Kartengrundlage: [BKG (2021)]

Die vorliegenden Starkregengefahrenkarten geben Aufschluss darüber, in welchen Bereichen des Areals mit hohen Überflutungstiefen, unabhängig eines Strunde-Hochwassers, zu rechnen ist. Entsprechende Maßnahmen zur Risikoreduktion sind bei der Planung der Niederschlagswasserbewirtschaftung und der Objektplanung (Bestandssanierung und Neubauten) zu berücksichtigen.

3.5. Grundwasser und Boden

Die Firma Zanders bezog über 100 Jahre Grundwasser aus der Innenstadt von Bergisch Gladbach (5 Brunnen) und aus dem Strundetal (4 Brunnen) zur Verwendung als Betriebswasser (Abbildung 3-16). Die maximale Gesamtjahresfördermenge aus dem Jahr 1970 betrug über 7 Mio. m³. In den 2010er Jahren wurde eine Gesamtjahresmenge zwischen 3 und 4 Mio. m³ gefördert [Bieske (2023a)]. Auf dem Zanders-Areal selbst erfolgten zwar Untersuchungen zu einem möglichen Grundwasserbrunnen, aber eine Umsetzung zur dauerhaften Grundwasserentnahme erfolgte nach Angaben der Projektgruppe Zanders-Areal nicht.

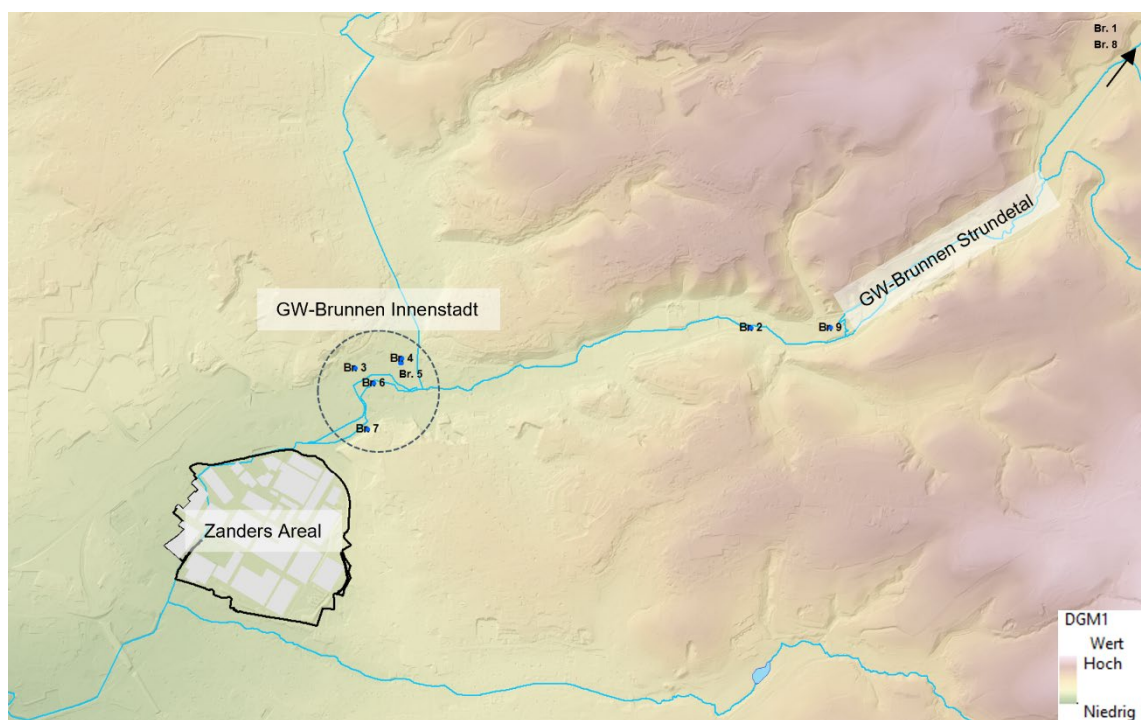


Abbildung 3-16: Grundwasserentnahmebrunnen der Firma Zanders, Kartengrundlagen: [GEOportal.NRW (2023)] und [Bieske (2023a)]

Am Brunnen Buchmühle (Br. 6) wurde im August 2021 ein Pumpversuch durchgeführt. Bei Stillstand der Grundwasserpumpe aus der Innenstadt steigt der Grundwasserspiegel schnell an und führt an mehreren Stellen im Innenstadtbereich zu Vernässungsbereichen (z.B. Tiefgaragen) durch aufsteigendes Grundwasser [Bieske (2023a)]. Aus diesem Grund wird derzeit das Grundwasser aus der Innenstadt kontinuierlich abgepumpt und in den Hochwasserkanal eingeleitet [Zumbroich (2022)].

3.5.1. Bodendurchlässigkeit

Im Rahmen des Projektes wurden von der Firma Bieske und Partner Auffüllversuche an 9 Grundwassermessstellen durchgeführt, um an verschiedenen Stellen die Durchlässigkeitsbeiwerte k_f des wassergesättigten Bodens zu ermitteln. Acht dieser 9 Grundwassermessstellen befinden sich auf dem Zanders-Areal. Die Auffüllversuche wurden mit veränderlicher Druckhöhe unterhalb des Grundwasserspiegels im verrohrten Bohrloch mit freier Bohrlochstrecke durchgeführt (instationärer Versuch). Die Filterlängen an den Messstellen variieren zwischen 2 und 4 Metern. Die Auswertung ergab, dass sich die k_f – Werte im Bereich zwischen $1,3 \text{ E-}06 \text{ m/s}$ und $5,7 \text{ E-}05 \text{ m/s}$ befinden [Bieske (2023b)]. Abbildung 3-17 zeigt die Verteilung der k_f – Werte an den GW-Messstellen.



Abbildung 3-17: GW- Messstellen mit ermittelten k_f -Werten, Datengrundlage: [Bieske (2023b)]

Die Durchlässigkeit des Bodens ist u.a. für mögliche Versickerungsanlagen auf dem zukünftigen Zanders-Areal ein entscheidender Parameter.

3.5.2. Grundwasserhöhengleichen und Flurabstandsplan

Der vorliegende Flurabstandsplan basiert auf den mittleren Grundwasserständen aus dem Jahr 2022 im Bezug zur Geländeoberkante. Für die Auswertung wurden die Grundwassermessstellen auf dem Zanders-Areal und der Umgebung herangezogen [Bieske (2023c)]. Abbildung 3-18 zeigt die mittleren Flurabstände mit den überlagerten Entwicklungsfeldern. Im Nordosten sowie im Süden des Zanders-Areals beträgt der mittlere Abstand zum Grundwasser weniger als 2 Meter (schraffierter Bereich).

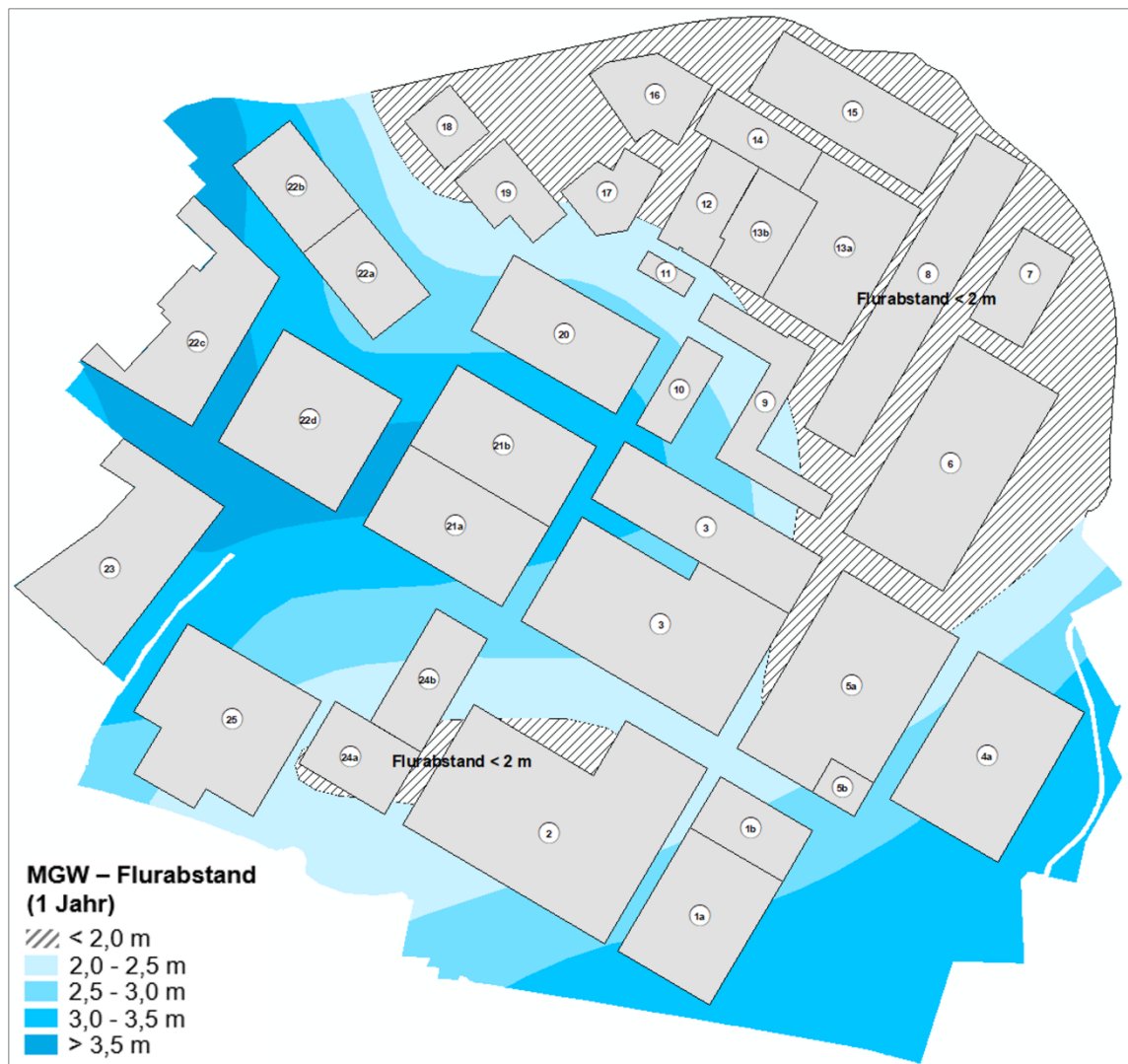


Abbildung 3-18: Mittlerer Grundwasserflurabstand Jahr 2022, Kartengrundlage: [Bieske (2023c)]

Der Abstand der Geländeoberkante zum Grundwasserspiegel ist u.a. für die Planung von Versickerungsanlagen erforderlich. Zum Schutz des Grundwassers ist eine ausreichende Filterstrecke notwendig, um Verunreinigungen zu verhindern (siehe Kapitel 6.3.3).

3.5.3. Bodengutachten und Gefährdungsabschätzung

Es liegen mehrere Berichte zu Altlasten und orientierenden Gefährdungsabschätzungen der Zanders-Werke vor. Dazu zählen:

- Untersuchung zur Erstbewertung der Verdachtsfläche 33 in Bergisch Gladbach – [Schmitz (1989)]
- Bodengutachten für das Bauvorhaben: „Hochwasserschutz Strunde und Innenstadt“ von Bergisch Gladbach – [Slach (2015)]
- Orientierende Gefährdungsabschätzung der Teilflächen Büro, E1 und E2 der Zanders Werke Bergisch Gladbach (2017) – [Mull u. Partner (2017)]
- Orientierende Gefährdungsabschätzung des Kernareals der Zanders Werke Bergisch Gladbach – [Mull u. Partner (2019)]
- Gebäudeschadstoffunteruntersuchung für den Gebäudebestand auf der Liegenschaft Zanders-Werke in Bergisch Gladbach – [Mull u. Partner (2020)]

Zur Beurteilung der Altlastensituation ist die bisherige und zukünftige Nutzung der Untersuchungsfläche zu berücksichtigen. Die Nutzungsabsicht und die potenziell oder akut gefährdeten Schutzgüter (z.B. menschliche Gesundheit, Boden, Grundwasser) ergeben die grundsätzlichen Kriterien zur Beurteilung tolerierbarer Schadstoffgehalte [Mull u. Partner (2017), Mull u. Partner (2019)]. Es gelten die folgenden rechtlichen Rahmenbedingungen nach:

- **BBodSchV: Wirkungspfad Boden – Mensch:** Die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung [BBodSchV (1999)] definiert nutzungsabhängige Prüfwerte zur Beurteilung der Belastung mit humantoxikologischen relevanten Schadstoffen im oberflächennahen Untergrund.

Die Einstufung der vorliegenden Studie basiert auf der Nutzung als Gewerbegebiet [Mull u. Partner (2017), Mull u. Partner (2019)]. Basierend auf den zukünftigen Nutzungen als Wohngebiet bzw. als Park- und Freizeitanlagen ist eine Neubewertung erforderlich.

- **BBodSchV: Wirkungspfad Boden – Grundwasser:** Zur Beurteilung einer potenziellen Grundwassergewährung werden in der BBodSchV [(1999)] Prüfwerte für Schadstoffkonzentrationen in Sickerwässern angeführt, die im Übergangsbereich der ungesättigten zur wassergesättigten Bodenzone gelten. Die Analytik von Eluaten wird diesen Prüfwerten gegenübergestellt.

In der vorliegenden Studie wurde das Probematerial hauptsächlich aus der ungesättigten Bodenzone entnommen, weshalb die Beurteilung nur als Orientierung dient [Mull u. Partner (2017), Mull u. Partner (2019)].

- **LAWA (Ländergemeinschaft Wasser):** Zur Beurteilung des Gefährdungspotentials für Grundwasser werden für organische Parameter die Prüfwerte (PW) und Maßnahmschwellenwerte (MW) der LAWa [(1994)] herangezogen. Für die Orientierungswerte ist jeweils ein Intervall angegeben, da die individuellen hydrogeologischen Verhältnisse am Standort in die Bewertung mit einfließen.

- **LAGA (Ländergemeinschaft Abfall):** Die abfalltechnische Einstufung erfolgt basierend auf den Zuordnungswerten der LAGA [(2004)], die eine mögliche Wiederverwendung des Bodens zu speziellen Zwecken angeben. Die Zuordnungsclassen sind wie folgt definiert:
 - Z 0: Uneingeschränkter Einbau
 - Z 1: Eingeschränkter offener Einbau
 - Z 2: Eingeschränkter gesicherter Einbau mit definierten technischen Sicherungsmaßnahmen
 - > Z 2: Wiedereinbau ist nicht zulässig

Abbildung 3-19 zeigt eine Übersichtskarte des Zanders-Areals mit den punktuell erhobenen Bodenproben und der entsprechenden abfalltechnischen Einstufung nach LAGA [Mull u. Partner (2017), Mull u. Partner (2019)].

Die Ergebnisse zeigen, dass Altlasten auf dem Zanders-Areal vorhanden sind. Dies ist für die weitere Betrachtung der Stadtentwicklung hin zur „Schwammstadt“ ein wichtiger Parameter, der zu Einschränkungen führen kann (z.B. Versickerungsanlagen, offene Wasserwege) (siehe Kapitel 6.3).



Abbildung 3-19: Altlasteneinstufung nach LAGA, Kartengrundlagen: [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)]

In Abbildung 3-20 ist die Auswertung der Proben (Misch- und Einzelproben) für verschiedene Bereiche des Zanders-Areal bezüglich einer Gefährdungsabschätzung nach BBodSchV und LAWA dargestellt. Für die Einteilung einer Probe in die verschiedenen dargestellten Kategorien wurde die maßgebende Schadstoffkonzentration herangezogen. Aus dieser Auswertung geht hervor, wie hoch die Überschreitung der Schadstoffkonzentration ist. Es ist ersichtlich, dass Überschreitungen sowohl im Kernareal als auch auf den Außenflächen (Büro, E1 und E2) auftreten. Über 1/3 aller Proben weisen Überschreitungen der höchsten Grenzwerte (Maßnahmenschwel- lenwert der LAWA bzw. Prüfwert nach BBodSchV) auf (im Kreisdiagramm rot eingefärbt).

Abbildung 3-21 zeigt die Anzahl an Konzentrationsüberschreitungen verschiedener Schadstoffe in Abhängigkeit der Prüf- bzw. Schwellenwerte nach BBodSchV und LAWA. Aus dieser Abbildung

ist ersichtlich, dass die Schadstoffe Arsen und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) am häufigsten die jeweiligen Grenzwerte überschreiten.

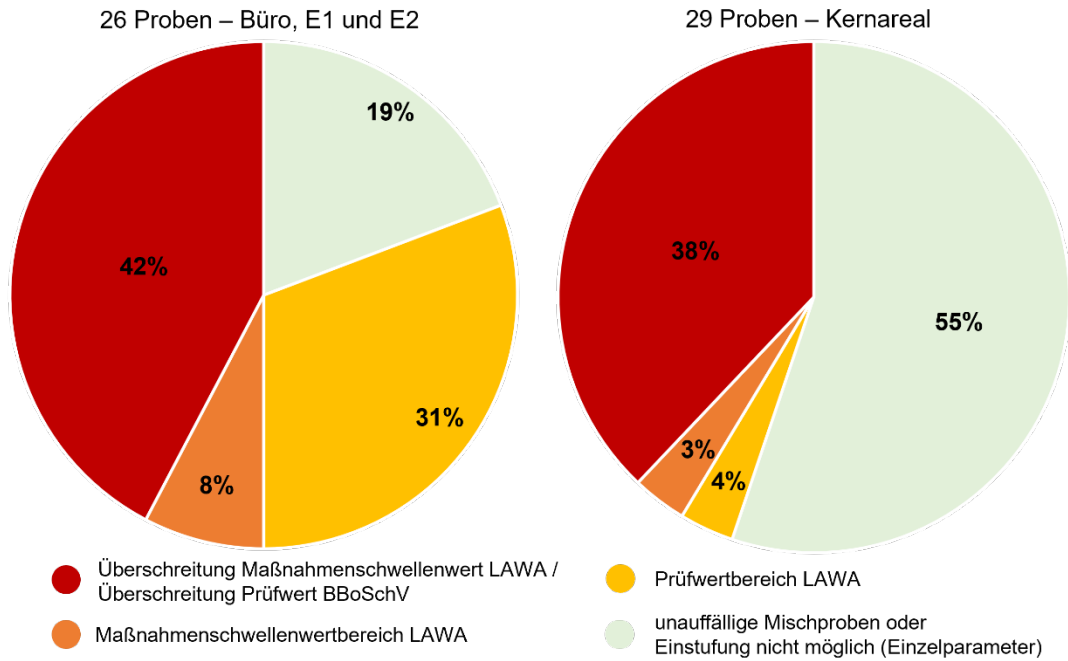


Abbildung 3-20: Gefährdungsabschätzung nach [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)]

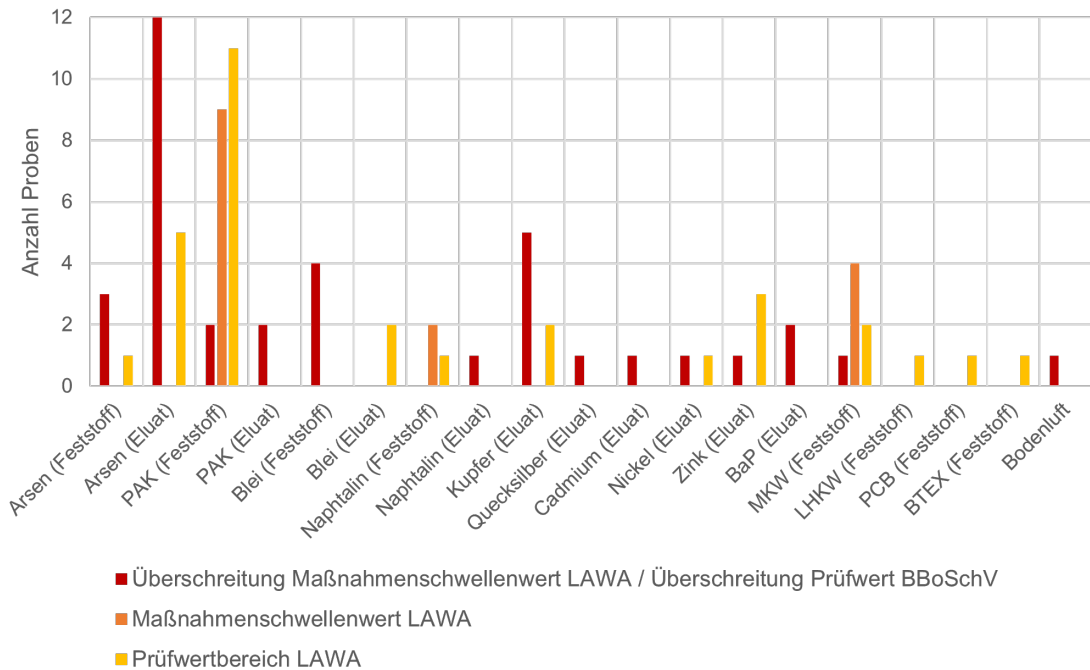


Abbildung 3-21: Überschreitung Schadstoffkonzentration nach Parameter nach [Mull u. Partner (2017)] und [Mull u. Partner (2019)]

4. Bestandsaufnahme – Stadtgebiet Bergisch Gladbach

Dieses Kapitel beschreibt die durchgeführten Analysen und Auswertungen von vorhandenen Studien, Planunterlagen und Datensätzen, die für die Bearbeitung dieser Wasserstudie erforderlich sind und sich auf die vorhandenen Infrastrukturen außerhalb des Zanders-Areals beziehen.

4.1. Wasserversorgung

4.1.1. Öffentliches Trinkwassernetz

Das öffentliche Trinkwassernetz in Bergisch Gladbach wird durch die BELKAW GmbH betrieben. Das Unternehmen versorgt in der Bergischen Region ungefähr 200.000 Menschen [Wikipedia, 2023]. Die Leitungsinformationen im Umkreis des Zanders-Areals wurden über die Leitungsauskunft der RheinEnergie bezogen [RheinEnergie (2023)]. Das Gesamtnetz von Bergisch Gladbach und ein hydraulisches Modell stehen für die Projektbearbeitung nicht zur Verfügung.

Derzeit besteht eine Trinkwasseranbindung zum Verwaltungstrakt auf dem Zanders-Areal über eine PE-Leitung mit einem Nenndurchmesser DN90 (siehe Abbildung 4-1). Zusätzlich sind in Abbildung 4-1 die ehemaligen Anbindungspunkte des Trinkwasser- und Betriebswassernetzes für den Industriebetrieb gekennzeichnet.

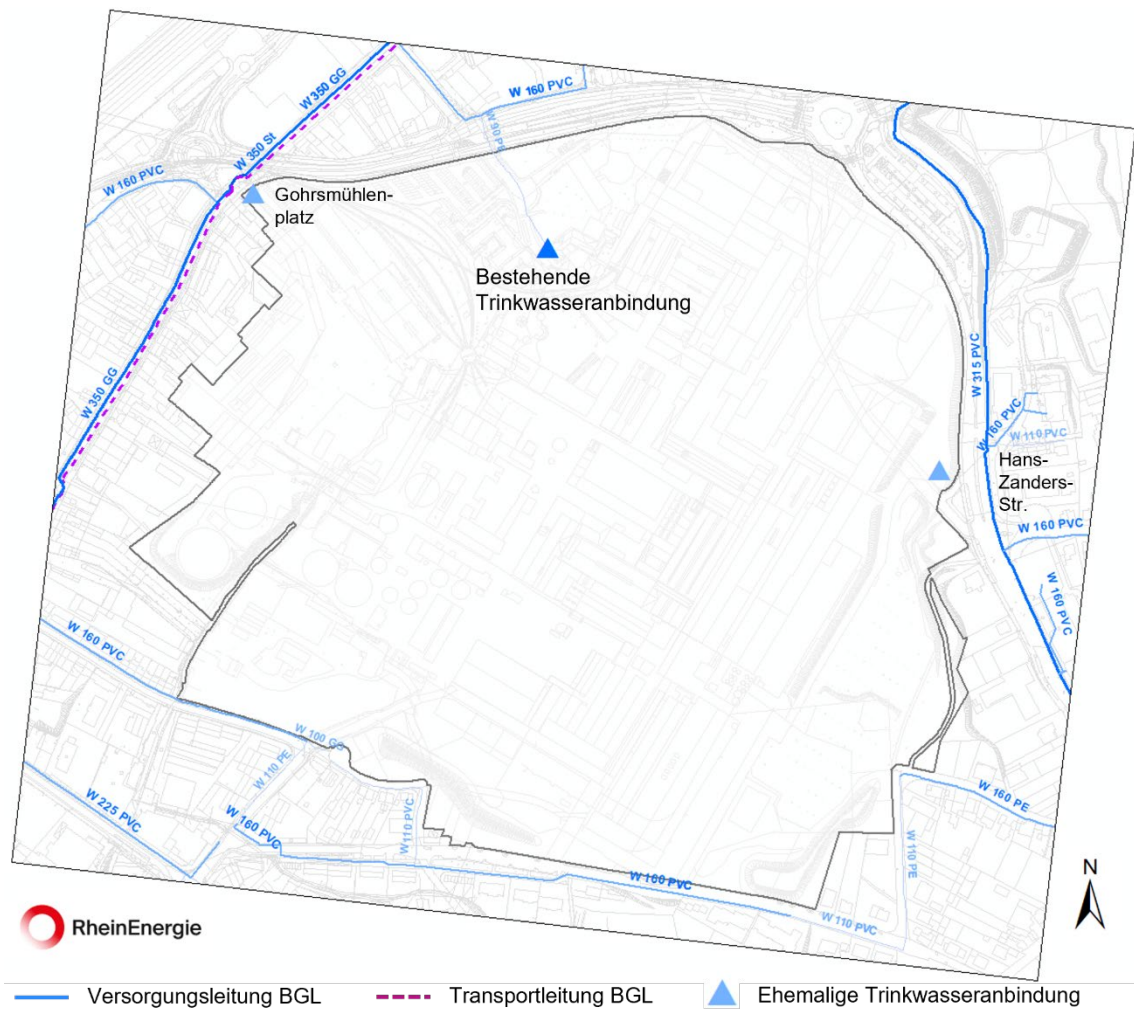


Abbildung 4-1: Öffentliches Trinkwasserversorgungsnetz um das Zanders-Areal, Kartengrundlage: [RheinEnergie (2023)]

In der Hauptstraße westlich des Zanders-Areals verläuft eine Graugussleitung (GG) mit einem Nenndurchmesser DN350. Zu dieser Leitung gab es im Bereich des Gohrsmühlenplatzes eine Verbindung zum Trinkwassernetz auf dem Betriebsgelände des Zanders-Areals. Diese Verbindung wurde, ebenso wie die Trinkwasserverbindung im Osten des Geländes im Bereich der Hans-Zanders-Straße, nach Einstellung des Industriebetriebes abgetrennt und zurückgebaut.

4.2. Abwasserentsorgung

Die Abwasserableitung im Stadtgebiet Bergisch Gladbach erfolgt konventionell als Mischwasser- oder Trennkanalisation. Bei der Mischwasserkanalisation wird das häusliche Schmutzwasser gemeinsam mit dem auf versiegelten Flächen anfallenden Niederschlagswasser abgeleitet und der Kläranlage zugeführt. Bei der Trennkanalisation wird das Niederschlagswasser separat von dem

häuslichen Schmutzwasser abgeleitet und ggf. in Regenklärbecken behandelt, bevor es der Vorflut zugeführt wird. Die Kläranlage wird bei einer Trennkanalisation hydraulisch entlastet.

Das Kanalnetz von Bergisch Gladbach umfasst eine Gesamtlänge von ca. 672 km, wobei ca. 7 % als Mischkanalisation und ca. 93 % als Trennkanalisation ausgeführt sind. Die Mischkanalisation ist noch in Teilen von Bensberg und Refrath vorhanden. Im Umkreis des Zanders-Areals liegt eine Trennkanalisation vor [Stadt Bergisch Gladbach (2023a)].

4.2.1. Niederschlagswasserableitung und -behandlung

Abbildung 4-2 zeigt einen Ausschnitt der Regenwasserkanalisation samt Gewässerachsen, Hochwasserkanal und Regenklärbecken von Bergisch Gladbach. Das Niederschlagswasser wird über die Regenwasserkanalisation in den Vorfluter abgeleitet. Bei stark verschmutzten Flächen (z.B. Verkehrsflächen) erfolgt i.d.R. ein Anschluss an ein Regenklärbecken (RKB), wo eine mechanische Reinigung des Niederschlagswassers erfolgt, bevor es in den Vorfluter gelangt (Klärüberlauf). Das im Becken verbleibende Niederschlagswasser wird dem Schmutzwasserkanal zugeführt und in der zentralen Kläranlage Beningsfeld gereinigt. Durch die gleichzeitige Entleerung der RKBs werden die Spitzenabflüsse in der Schmutzwasserkanalisation verstärkt, was zu Überlastungen der kommunalen Kläranlage führt.

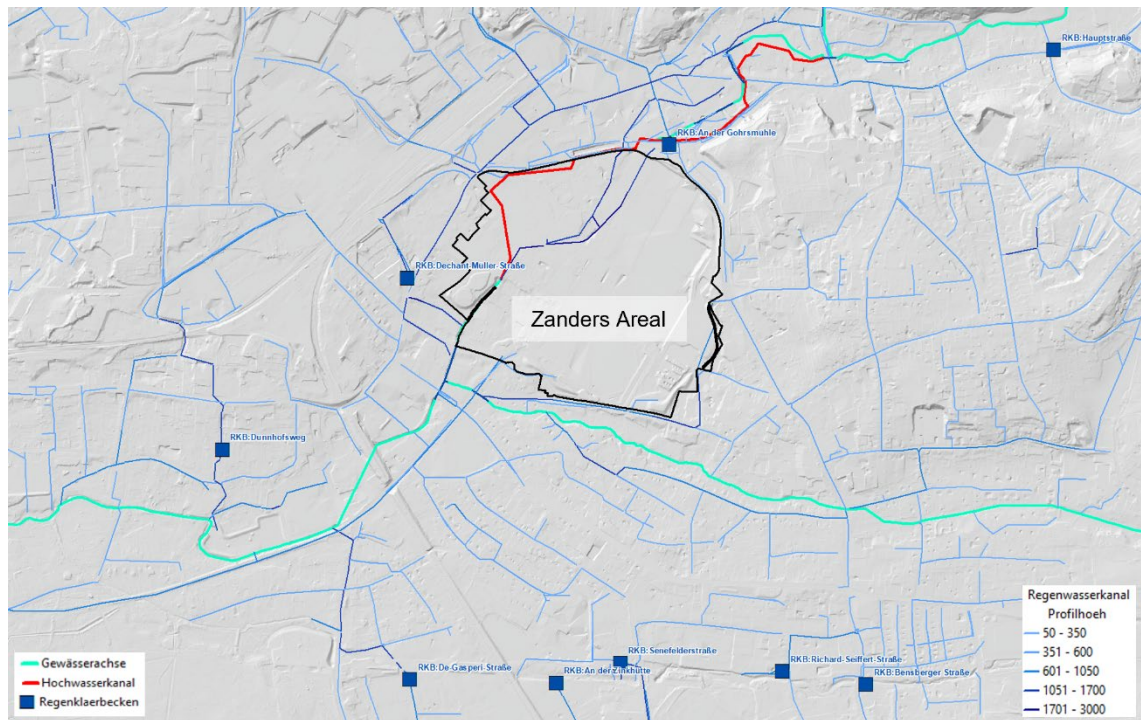


Abbildung 4-2: Ausschnitt der Regenwasserkanalisation um das Zanders-Areal, Kartengrundlagen [Stadt Bergisch Gladbach (2022)] und [GEOportal.NRW (2023)]

Abbildung 4-3 zeigt die schematische Darstellung eines als Durchlaufbecken ausgebildeten Regenklärbeckens ohne Dauerstau, so wie es mehrfach auch in Bergisch Gladbach vorhanden ist. Nach Vollfüllung des Beckens mit dem ersten, i.d.R. stark verschmutzten Niederschlagsabfluss („Schmutzstoß“), erfolgt der Klärüberlauf (KÜ) in einen Vorfluter (z.B. die Strunde). Durch den Beckendurchlauf erfolgt eine mechanische Reinigung (Sedimentation). Bei sehr intensiven Regen springt der Beckenüberlauf (BÜ) an, wodurch das Niederschlagswasser direkt in den Vorfluter abgeschlagen wird. Um die Schmutzwasserkanalisation und die Kläranlage hydraulisch nicht zu stark zu belasten, sollte erst nach dem Regenereignis der Beckeninhalte teilweise oder vollständig, ggf. auch zeitlich gestaffelt, über den Schmutzwasserkanal abgeleitet werden. Nach dem DWA-Arbeitsblatt 166 [2013] wird die Entleerungsleitung (als gepunktete Linie dargestellt) i.d.R. nur vorübergehend zum Zweck der Beckenentleerung und -reinigung geöffnet. Ist die Entleerungsleitung jedoch permanent geöffnet wird aus dem aufnehmenden Schmutzwasserkanal ein Mischwasserkanal. Dies erfordert Maßnahmen, einen Rückstau von Abwasser in den Regenwasserkanal zu verhindern. Zudem sind die Auswirkungen auf die hydraulische Leistungsfähigkeit des Schmutzwasserkanals, auf das Klärwerk und auf die Schmutzfrachtberechnung nachzuweisen. Generell ist der Entleerungsvorgang eines Beckens mit dem Kanalnetzbetreiber, dem Klärwerk sowie mit der Aufsichtsbehörde abzustimmen [DWA-A 166:2013].

Derzeit werden von der Stadt Bergisch Gladbach Maßnahmen an den Regenklärbecken geplant, die zu einer hydraulischen Entlastung der Schmutzwasserkanalisation und der Kläranlage führen.

Durch eine angepasste Betriebsweise der Regenklärbecken, z.B. durch zeitlich gestaffelte Entleerungen nach den Regenereignissen, können die hydraulischen Belastungen verringert werden.

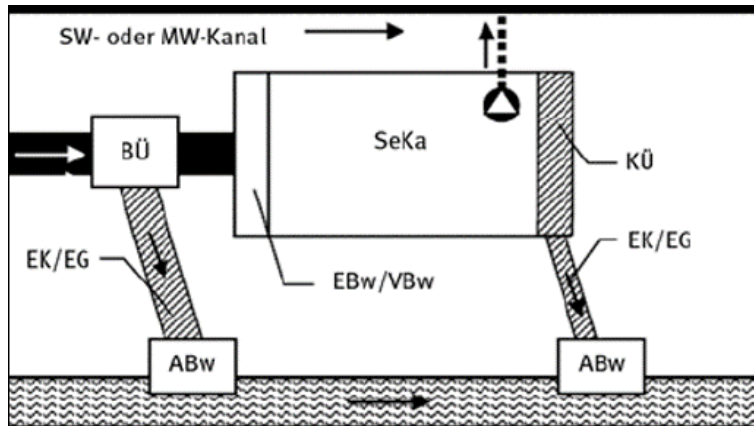


Abbildung 4-3: Skizze eines Regenklärbeckens ohne Dauerstau nach [DWA-A 166:2013]

4.2.2. Abwasserableitung und -behandlung

Hinweis: Parallel zu dieser Studie wird eine „Studie zur Überprüfung der Kapazität der KA Beningsfeld“ durch das Ingenieurbüro AFRY erstellt. In dieser Studie wurden die Betriebsdaten der Kläranlage ausgewertet sowie die Abwasserreinigung nachgerechnet. Darüber hinaus wurden die zulaufenden Abwassermengen aus dem Schmutzwasserkanal ausgewertet und die hydraulische Situation der Kläranlage Beningsfeld dargestellt. Neben einer Zwischenpräsentation lag ein erster Entwurf des Abschlussberichts vor, sodass bei den nachfolgenden Betrachtungen auf Zwischenergebnisse zurückgegriffen werden.

Abbildung 4-4 zeigt einen Ausschnitt der Schmutzwasserkanalisation von Bergisch Gladbach. Am unteren linken Bildrand ist die zentrale Kläranlage Beningsfeld zu erkennen. Die Kläranlage Beningsfeld liegt im Stadtteil Refrath und behandelt mit Ausnahme von Teilen der Ortsteile Ehrenfeld, Eikamp und Schildgen das gesamte Stadtgebiet [Stadt Bergisch Gladbach (2023a)]. Der Ablauf der Kläranlage fließt dem Rechtsrheinischen Kölner Randkanal zu, der in den Rhein mündet. Die Einfärbung der dargestellten Kanalhaltungen basiert auf den Profilhöhen. Die Kanäle mit den größten Abmessungen sind in roter Farbe dargestellt. Der westlich des Zanders-Areals bis zur Kläranlage Beningsfeld verlaufende Sammelkanal besteht ab dem Zanders-Areal aus Kreisprofilen mit Abmessungen DN500 bis DN1400 mit einer Länge von ca. 4,8 km.

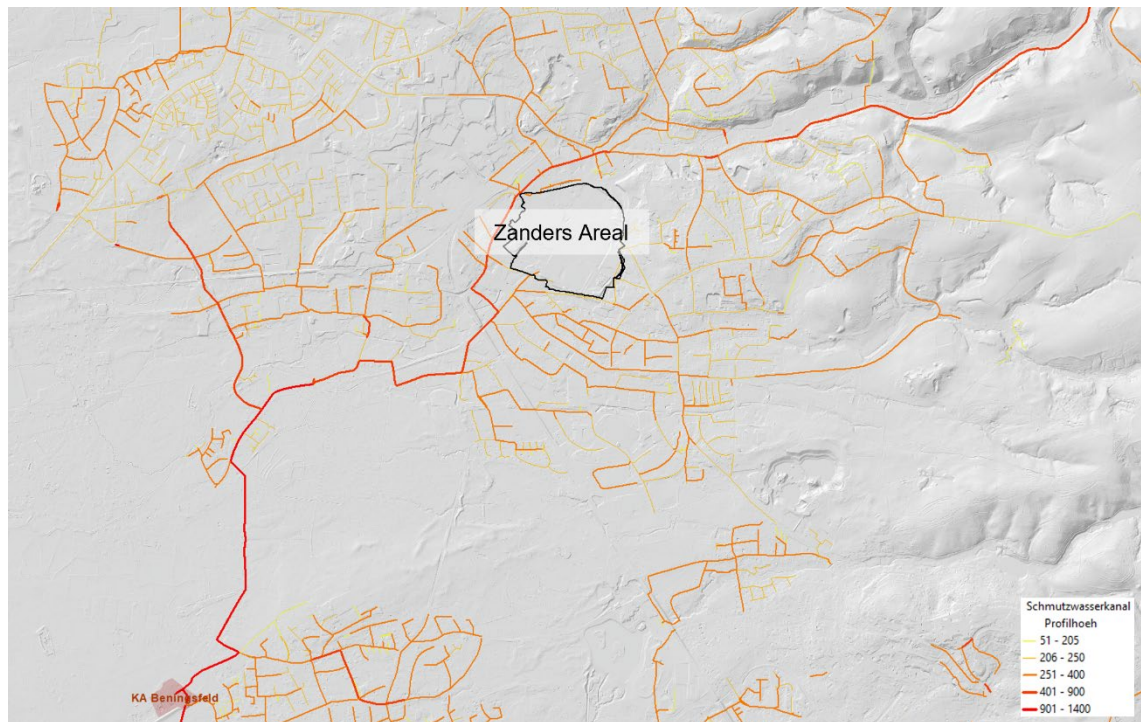


Abbildung 4-4: Ausschnitt der Schmutzwasserkanalisation um das Zanders-Areal, Karten-
grundlagen [Stadt Bergisch Gladbach (2022)] und [GEOportal.NRW (2023)]

Trotz der überwiegenden Schmutzwasserableitung mittels Trennkanalisation (ca. 93 %) gelangen bei Regenereignissen (in Abhängigkeit der Dauer und Intensität) erhebliche Niederschlagsmengen in die Schmutzwasserkanalisation [Stadt Bergisch Gladbach (2023a)]. Die Ursachen dafür sind Drosselabflüsse der Regenklärbecken sowie unbekannte Fehllanschlüsse, die nur sehr aufwendig lokalisiert und behoben werden können.

Während der Bearbeitung dieser Studie wurden von der Projektgruppe Zanders-Areal im Schmutzwassersammler in der Hauptstraße (DN500), wenige Meter westlich des Zanders-Areals, an zwei Stellen Durchfluss- und Temperaturmessungen durchgeführt. Abbildung 4-5 zeigt die Messergebnisse des Durchflusses an der „Messstelle Q1“ vom 27. April 2023 bis zum 15. Mai 2023. Die Messstelle befindet sich unmittelbar vor dem RKB „Cederwaldstraße“. Oberhalb dieser Messstelle sind zwei RKBs an den Schmutzwasserkanal angeschlossen (RKB „An der Gohrsmühle“ und RKB „Hauptstraße/Sonnenweg“). Ebenfalls ist der Tagesniederschlag der Station Beningsfeld dargestellt. An Trockenwettertagen ist eine typische Tagesganglinie mit Morgen- und Abendspitzen unterhalb von 100 l/s zu erkennen. Der gemessene Spitzenwert betrug 348 l/s und wurde an einem Tag mit einem Starkregen (Tagesniederschlag von knapp 30 mm) gemessen. Aus der Abbildung ist ein deutlicher Anstieg des Durchflusses in Anhängigkeit des Niederschlags zu erkennen. Diese deutliche Abhängigkeit ist für eine Trennkanalisation untypisch.

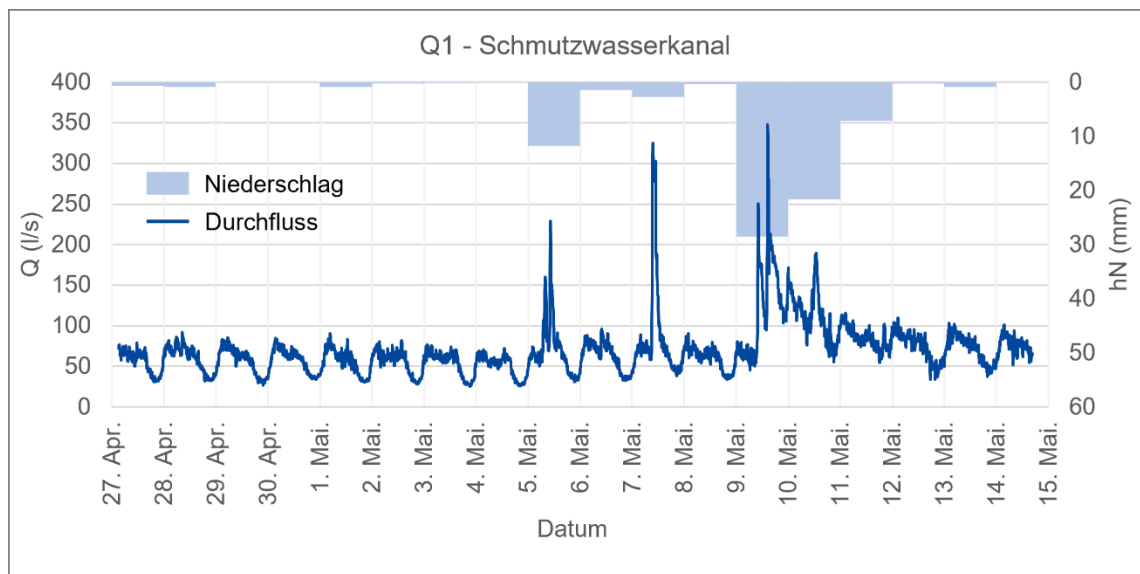


Abbildung 4-5: Auswertung der Durchflussmessung im Schmutzwasserkanal

Dieselbe Charakteristik kann im Zulauf der Kläranlage Beningsfeld beobachtet werden. In der aktuellen Genehmigung werden folgende Einleitmengen genannt:

- Höchstwasserabfluss 1.287 l/s
- Trockenwasserabfluss 587 l/s
- Mindestbehandlungsmenge 1.150 l/s

Im Trockenwetterfall liegen die zulaufenden Abwassermengen in der Regel bei 250 bis 300 l/s . Basierend auf diesen Zahlen kann die Kläranlage im Regenwetterfall die 2 bis 5-fache Abwassermenge behandeln, was sich der Systematik einer Mischwasserkanalisation annähert.

Aus der Auswertung der Fa. AFRY geht hervor, dass im Zeitraum vom 13.03.2018 bis 24.04.2019 mindestens 6 Regenereignisse vorkamen, die zu einer Zulaufwassermenge von $> 1.250 l/s$ führten [AFRY (2021)]. Am 12.08.2020 wurde eine maximale Zulaufwassermenge von ca. 1.600 l/s (technisch bedingt ggf. durch Förderleistung des Zulaufhebewerks) erreicht [AFRY (2023)]. Diese Ausführungen zeigen, dass die Zulaufwassermenge bei (starken) Regenereignissen zeitweise und einzeln den genehmigten Höchstwasserabfluss der Kläranlage überschreiten. Demnach werden Puffervolumen auf der Kläranlage erforderlich.

Die Kläranlage Beningsfeld weist eine Ausbaugröße von 166.000 EW (Größenklasse 5) auf. Abbildung 4-6 zeigt den Lageplan der Kläranlage. Das ankommende Abwasser wird mechanisch mittels Rechen, Sandfang sowie einer Vorklärung gereinigt. Ursprünglich wurde das Abwasser biologisch nach dem A-B-Verfahren (A-Stufe = Hochlastbelebung, B-Stufe = Schwachlastbelebung) gereinigt. Heute erfolgt die biologische Reinigung in zwei Belebungsbecken, wobei das erste Becken (Belebung 1) zweistraßig aufgebaut ist und vier in Reihe geschaltete Kaskaden umfasst.

Die jeweils erste Kaskade (1 und 2) wird anaerob betrieben und dient der vermehrten biologischen Phosphorelimination. Die jeweils folgenden 3 Kaskaden werden als vorgeschaltete Denitrifikation (Kaskade 3 - 8) betrieben. Das zweite Belebungsbecken (Belebung 2) ist zweistraßig ausgeführt und dient der Nitrifikation (teilweise intermittierend betrieben). Phosphor wird zusätzlich chemisch mittels Simultanfällung aus dem Abwasser entfernt. Das gereinigte Abwasser wird anschließend auf vier Nachklärbecken verteilt und vom Belebtschlamm separiert. Die nachfolgende Flockungsfiltration (unter anderem zur weitergehenden P-Elimination) ist derzeit nicht in Betrieb und wird saniert. Der anfallende Primär- und Überschussschlamm wird in zwei Faulbehältern anaerob stabilisiert und über Kammerfilterpressen entwässert. Das bei der Entwässerung anfallende Prozesswasser wird derzeit ohne Zwischenspeicherung direkt in die Vorklärung geleitet. Das Faulgas wird energetisch genutzt (Strom- und Wärmeproduktion). Der entwässerte Klärschlamm wird entsorgt bzw. extern thermisch verwertet. Am 20.08.2021 ist der Stadtentwässerungsbetrieb der Stadt Bergisch Gladbach der Klärschlammverwertung Buchenhofen GmbH beigetreten [Stadt Bergisch Gladbach (2023b)]. Demnach wird der Klärschlamm zukünftig in einer neuen Mono-Klärschlammverbrennungsanlage am Standort Buchenhofen des Wupperverbandes thermisch verwertet. Somit wurden gute Voraussetzungen für die gesetzlich geforderte Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm bzw. Klärschlammasche ab 2029 geschaffen.

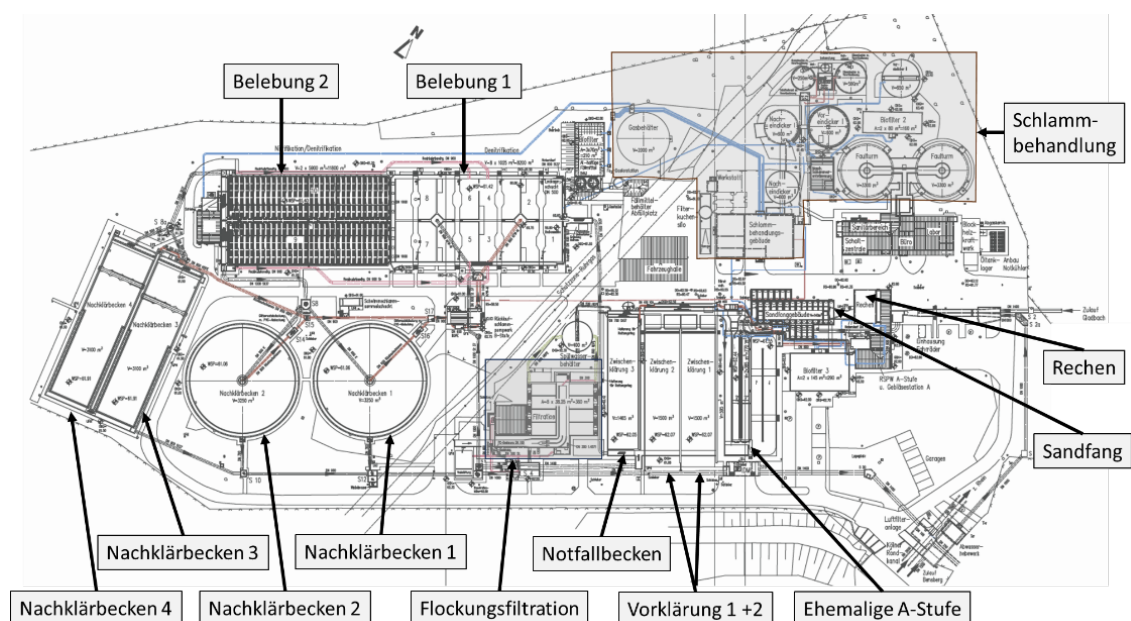


Abbildung 4-6: Lageplan der Kläranlage Beningsfeld, Kartengrundlage: [Dr.-Ing. Bernd Diering GmbH (2007)]

Die Kläranlage Beningsfeld wurde 1976 errichtet (Rechengebäude, Sandfang, Vorklärung 1 und 2, Belebung 1, Nachklärung 1 und 2, Faulurm 1 und 2) sowie 1993 erweitert (Zwischenklärung bzw. Notfallbecken, Belebung 2, Nachklärung 3 und 4) [Stadt Bergisch Gladbach (2023c)]. Seit Errichtung fanden diverse Beton- und Fugensanierungen im Zulaufgerinne, in der Belebung 1

sowie in den Nachklärbecken 1 und 2 statt. Darüber hinaus sind in den nächsten Jahren diverse Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen im Bereich der mechanischen Abwasserbehandlung (Erweiterung um einen dritten Rechen, Betonsanierung Vorklärung 1 und 2), der biologischen und chemischen Abwasserbehandlung (Erneuerung elektrotechnische Ausrüstung, Erneuerung Belüftungstechnik, Instandsetzung Flockungsfiltration) sowie der Schlammbehandlung (Erweiterung Wärmetauscher, Erneuerung Klärschlammmentwässerung) geplant oder befinden sich in Umsetzung. Insgesamt zeigt sich, dass die Kläranlage einen erheblichen Instandhaltungsbedarf aufweist. Derzeit geplante Maßnahmen belaufen sich für die nächsten 5 bis 10 Jahren auf > 20 Mio. €.

Durch die Fa. AFRY wurde die Belastungssituation basierend auf den Jahren 2017 – 2019 ausgewertet sowie die biologische Abwasserbehandlung für zwei Prognosefälle nachgerechnet. Die IST-Belastung wurde gem. ELWAS-Web ein Einwohnerwert von 143.875 (auf Basis des BSB5) gewählt. Grundlage für den Prognosefall 1 bildet der Flächennutzungsplan 2035. Für den Prognosefall 2 wurde ein zusätzlicher Zuwachs durch die Erschließung des Zanders-Areals von 7.193 EW berücksichtigt. Die Annahmen hierfür stammen vom Abwasserwerk Bergisch Gladbach. Nachfolgend sind die jeweiligen Belastungsfälle zusammengefasst [AFRY (2023)]:

- IST-Belastung: 143.875 EW
- Prognosefall 1: 148.192 EW
- Prognosefall 2: 155.385 EW

Die erste Annahme von 7.193 EW für die Erschließung des Zanders-Areals liegt etwas oberhalb der in dieser Wasserstudie getroffenen Belastung von rd. 4.500 – 5.000 EW, welche auf den derzeit definierten Entwicklungsfeldern basiert [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)], vgl. Kapitel 2.2.4.

Nach Aussagen des Betriebspersonals ist die Behandlungskapazität hinsichtlich der Stickstoffelimination bereits im Bestand erreicht.

Für die Prognosefälle wurde ein erforderliches Belebungsvolumen von ca. 28.600 m³ (Prognosefall 1) bzw. ca. 35.800 m³ (Prognosefall 2) berechnet. Demnach ist das vorhandene Belebungsvolumen von ca. 20.000 m³ für die Prognosefälle rechnerisch zu klein. Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität der Kläranlage sowie Möglichkeiten zur Pufferung hydraulischer Abflussspitzen werden in der Studie der Fa. AFRY erarbeitet und diskutiert. Nach Aussagen des Betriebspersonals soll in den nächsten Jahren als Optimierungsmaßnahme eine Prozesswasserbehandlung geplant und gebaut werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass für die betrachteten Prognosefälle weitere Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität (ggf. Erweite-

rung/Ausbau der Belebung) erforderlich werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Kläranlage über kaum Erweiterungsflächen verfügt und Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität maßgeblich auf dem Bestandsgelände umzusetzen sind.

Wie in Kapitel 2.2.2 beschrieben, umfassen die drei Entwicklungsphasen zur Erschließung des Zanders-Areals den Zeitraum bis 2043. Entsprechend sind bei Betrachtung der Abwasserbehandlung auch potenziell zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen. Neben der gesetzlichen Pflicht zur Phosphorrückgewinnung ab 2029 zeichnen sich weitere gesetzliche Änderungen ab. So wurde im Oktober 2022 durch die Europäische Kommission der Entwurf für die Überarbeitung der kommunalen Abwasserrichtlinie 91/271/EWG [Vorschlag EU-Richtlinie 2022/0345 (COD)] veröffentlicht. Nachfolgend werden wesentliche Aspekte und potenzielle Verschärfungen des Entwurfs zusammengefasst:

- Für Kläranlagen der GK 5 werden ab 2035 für Gesamtsickstoff Mindestverringerungsquoten von 85 % oder ein Einleitgrenzwert von 6 mg/l (24-h-Mischprobe) gefordert.
 - Aktuell liegt der Einleitgrenzwert bei 13 mg/l in der 2-h-Mischprobe bzw. der qualifizierten Stichprobe.
- Für Kläranlagen der GK 5 werden ab 2035 für Phosphor Mindestverringerungsquoten von 90 % oder ein Einleitgrenzwert von 0,5 mg/l (24-h-Mischprobe) gefordert.
 - Aktuell liegt der Einleitgrenzwert bei 1 mg/l in der 2-h-Mischprobe bzw. der qualifizierten Stichprobe.
- Kläranlagen der GK 5 sollen bis Ende 2035 um eine vierte Behandlungsstufe zur Beseitigung von Mikroschadstoffen (Spurenstoffen) erweitert werden.
- Bis Ende 2040 soll auf nationaler Ebene in allen Abwasserbehandlungsanlagen mit mehr als 10.000 EW das Ziel der Energieneutralität erreicht sein.

Ob die oben genannten Fristen und Anforderungen so verabschiedet werden, kann derzeit nicht eingeschätzt werden. Dennoch zeigt diese Betrachtung, dass zukünftig mit höheren Anforderungen an die Abwasserbehandlung zu rechnen ist. Die Umsetzung entsprechender Maßnahmen wird von den gesetzlichen Vorgaben abhängig gemacht. Die Elimination von Phosphor wird derzeit durch die Sanierung der Flockungsfiltration optimiert.

5. Zusammenfassung und Ableitung von Randbedingungen

5.1. Wasserversorgung

Aufgrund des überwiegend schlechten Zustands der Wasserversorgungsleitungen und der neuen Flächennutzung mit unterschiedlichen Anforderungen ist für das zukünftige Areal ein neues Konzept für die Trink- und Löschwasserbereitstellung erforderlich. Die derzeit einzig bestehende DN90 Anbindung für die Versorgung der Verwaltungsgebäude ist für die Erschließung des gesamten Areals nicht ausreichend. Aus diesem Grund sind neue zusätzliche Anschlüsse zum öffentlichen Trinkwassernetz erforderlich.

5.2. Ableitung und Behandlung von Niederschlagswasser und Schmutzwasser

Die Stadt Bergisch Gladbach verfügt über ein gut ausgebautes Kanalisationsnetz sowie eine zentrale Abwasserbehandlung (Kläranlage Beningsfeld). Um zukünftig das Schmutzwasser aus dem Zanders-Areal behandeln zu können, ist der Anschluss an die vorhandene Infrastruktur zu prüfen. Dabei sind insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Bei starken und langen Regenereignissen werden über den Schmutzwasserkanal zu hohe (Ab-)Wassermengen zur Kläranlage geleitet, was dazu führt, dass die Zulaufwassermenge zur Kläranlage die genehmigte Einleitmenge überschreitet. Demnach wird eine Niederschlagswasserableitung und -behandlung auf dem Zanders-Areal erforderlich, welche die vorhandene (öffentliche) Trennkanalisation nicht zusätzlich belastet. Darüber hinaus sind Möglichkeiten, wie z.B. die Zwischenspeicherung des Schmutzwassers auf dem Zanders-Areal zu betrachten, um die hydraulische Belastung der Schmutzwasserkanalisation und der Kläranlage nicht weiter zu vergrößern. Das abfließende Niederschlagswasser kann, wie bisher, in die Strunde eingeleitet werden. Zusätzlich sind Maßnahmen für die hydraulische und stoffliche Entlastung des Gewässers in die Planung zu integrieren.
- Die stoffliche Behandlungskapazität der Kläranlage Beningsfeld ist bereits im Bestand erreicht. Darüber hinaus wurde durch die Fa. AFRY das vorhandene Belegungsvolumen für zwei Prognosefälle (zusätzlich ca. 4.317 – 11.510 EW) mit ca. 28.600 m³ – 35.800 m³ berechnet [AFRY (2023)]. Demnach ist das vorhandene Belegungsvolumen mit 20.000 m³ rechnerisch zu klein. Als Optimierungsmaßnahme soll in den nächsten Jahren eine Prozesswasserbehandlung geplant und umgesetzt werden. Es ist allerdings davon auszugehen, dass weitere Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität erforderlich werden. Im Rahmen dieser Wasserstudie wurde die Schmutzwasserbelastung aus dem Zanders-Areal mit 4.500 bis 5.000 EW abgeschätzt. Die Ergebnisse der Fa. AFRY zeigen, dass für diese zusätzliche Belastung

die vorhandene Behandlungskapazität nicht ausreicht und durch Ertüchtigungsmaßnahmen (Optimierung / Umbau / Neubau) gesteigert werden muss.

Vor dem Hintergrund, dass ein Anschluss an die zentrale Kläranlage ggf. nicht ohne Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität erfolgen kann, ist die Möglichkeit einer dezentralen Schmutzwasserbehandlung auf dem Zanders-Areal bzw. an dem Standort der Betriebskläranlage zu betrachten und zu diskutieren. Gemäß Strukturatlas sollte diese Fläche mit den vorhandenen Becken der Betriebskläranlage zu einem Aquapark umgenutzt werden. Zudem ist die Umnutzung der vorhandenen Becken zu Speicherbecken bspw. im Kontext eines Niederschlagswassermanagements oder auch im Kontext des energetischen Konzepts denkbar. Entsprechende Nutzungskonflikte sind bei der Betrachtung einer dezentralen Abwasserbehandlung zu berücksichtigen.

5.3. Gewässernetz und Geländetopografie

Derzeit wird die Strunde nördlich des Zanders-Areals in den verrohrten Hochwasserkanal eingeleitet und im südlichen Bereich des Areals in einem offenen Graben abgeleitet. In Zukunft soll das Niedrigwasserprofil der Strunde auch auf dem gesamten Zanders-Areal, ähnlich wie in der Innenstadt, offen verlaufen und, wie im Strukturatlas beschrieben, eine „blaue“ Achse darstellen.

Um die Hochwassergefahren im Innenstadtbereich und auf dem Zanders-Areal zu reduzieren wurden entlang der Strunde Hochwasserschutzmaßnahmen genehmigt und umgesetzt (Hochwasserkanal). Weitere Abschnitte sind in Planung, sodass Genehmigung und Umsetzung noch ausstehen und nicht in die vorliegende Hochwassergefahrenbetrachtung einfließen. Durch die vollständige Umsetzung der Hochwassermaßnahmen werden die festgesetzten Überschwemmungsgebiete im Bereich der Innenstadt von Bergisch Gladbach entfallen, was jedoch noch einige Jahre in Anspruch nehmen wird. Analysen zur Hochwasserbetrachtung von Bergisch Gladbach sind nicht Teil dieser Wasserstudie.

Das Zanders-Areal ist generell durch einen flachen Geländeverlauf gekennzeichnet. Die Geländeoberkante im Nordwesten des Kernareals liegt mehrere Meter unterhalb der Umgebungsflächen bzw. der angrenzenden Bensberger Straße. Tendenzielle Hauptfließrichtungen an der Oberfläche ergeben sich in südliche bzw. westliche Richtung. Der Bereich der Industriekläranlage ist topographisch tiefer gelegen, sodass Abwässer im Freispiegelgefälle abgeleitet werden konnten. Das ehemalige „Weig-Gelände“ im Südwesten des Zanders-Areals ist nochmals tiefer gelegen. Die Ergebnisse der Fließweganalyse werden u.a. für die Planung der Abwasserableitung herangezogen.

Aus der Senkenanalyse des Zanders-Areals sind zwei markante Senkenbereiche ersichtlich (siehe Abbildung 3-10). Ein Senkenbereich betrifft den Verwaltungstrakt und Teile des Kernareals im Norden (Entwicklungsfelder 11,12, 17, 18, 19, 20), ein weiterer das ehemalige „Weig-Gelände“ im Süden des Areals (Entwicklungsfeld 25). Speziell in diesen Bereichen ist auf die Entwässerbarkeit und den Überflutungsschutz bei der Erschließung zu achten.

5.4. Grundwasser und Boden

Aus der Auswertung der punktuellen Sickerfähigkeit des Bodens an den Grundwassermessstellen am Zanders-Areal geht hervor, dass eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser im oberflächennahen Bereich möglich ist. Die ermittelten k_f -Werte übersteigen den Mindestwert von $1,0 \text{ E-}06 \text{ m/s}$ nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138-1:2020. Für zentrale Versickerungsanlagen wird ein Mindestwert k_f von $1,0 \text{ E-}05 \text{ m/s}$ empfohlen. Dieser wird an 5 der 8 Messstellen eingehalten.

Die Auswertung des Grundwasserspiegels ergibt zum Teil sehr geringe Flurabstände, die vor allem im nordöstlichen Bereich des Zanders-Areals auftreten. Die vorliegenden Messdaten basieren auf den Mittelwerten eines Messjahres. Die Lage des Grundwasserspiegels ist z.B. für die Planung von Versickerungsanlagen und die Gebäudeabdichtungen von Bestands- und Neubauten relevant. Die Anforderungen des Mindestabstandes von der Unterkante der Versickerungsanlage zum Grundwasserspiegel betragen i.d.R. über 1 m [DWA-A 138-1:2020] und basieren auf Grundwasserhöchstständen, die in diesem Projekt nicht vorliegen.

Auf dem Zanders-Areal kommen an verschiedenen Standorten Altlasten im Boden vor. Als Ergebnis liegen die Auswertungen punktueller Probenahmestellen vor [Mull u. Partner (2017), Mull u. Partner (2019)]. Im Hinblick auf die Grundwasser- und Niederschlagswasserbewirtschaftung können sich durch Altlasten erhebliche Einschränkungen ergeben, die zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht final bewertet werden können. Mögliche Einschränkungen an belasteten Stellen betreffen die Versickerung von Niederschlagswasser und offene Wasserwege. Es sind weitere Untersuchungen des Bodens nötig.

6. Konzeptionelle Vorbetrachtungen

Die Wasserstudie umfasst verschiedene Themen die im ersten Schritt als Teilkonzepte (TK) zu verstehen sind:

- Wasserversorgung (TK1)
- Betriebswassernutzung (TK2)
- Niederschlagswasserableitung und -behandlung (TK3)
- Schmutzwasserableitung und -behandlung (TK4)
- Grundwasserbewirtschaftung (TK5)
- Trassenverlauf Strunde (TK6)

Basierend auf der Bestandsaufnahme sowie den daraus abgeleiteten Randbedingungen werden im Rahmen dieses Kapitels die jeweiligen Teilkonzepte konzeptionell vorbetrachtet und bewertet, um Vorzuglösungen für die Ausarbeitung der späteren Konzepte zu identifizieren, vgl. Abbildung 6-1.

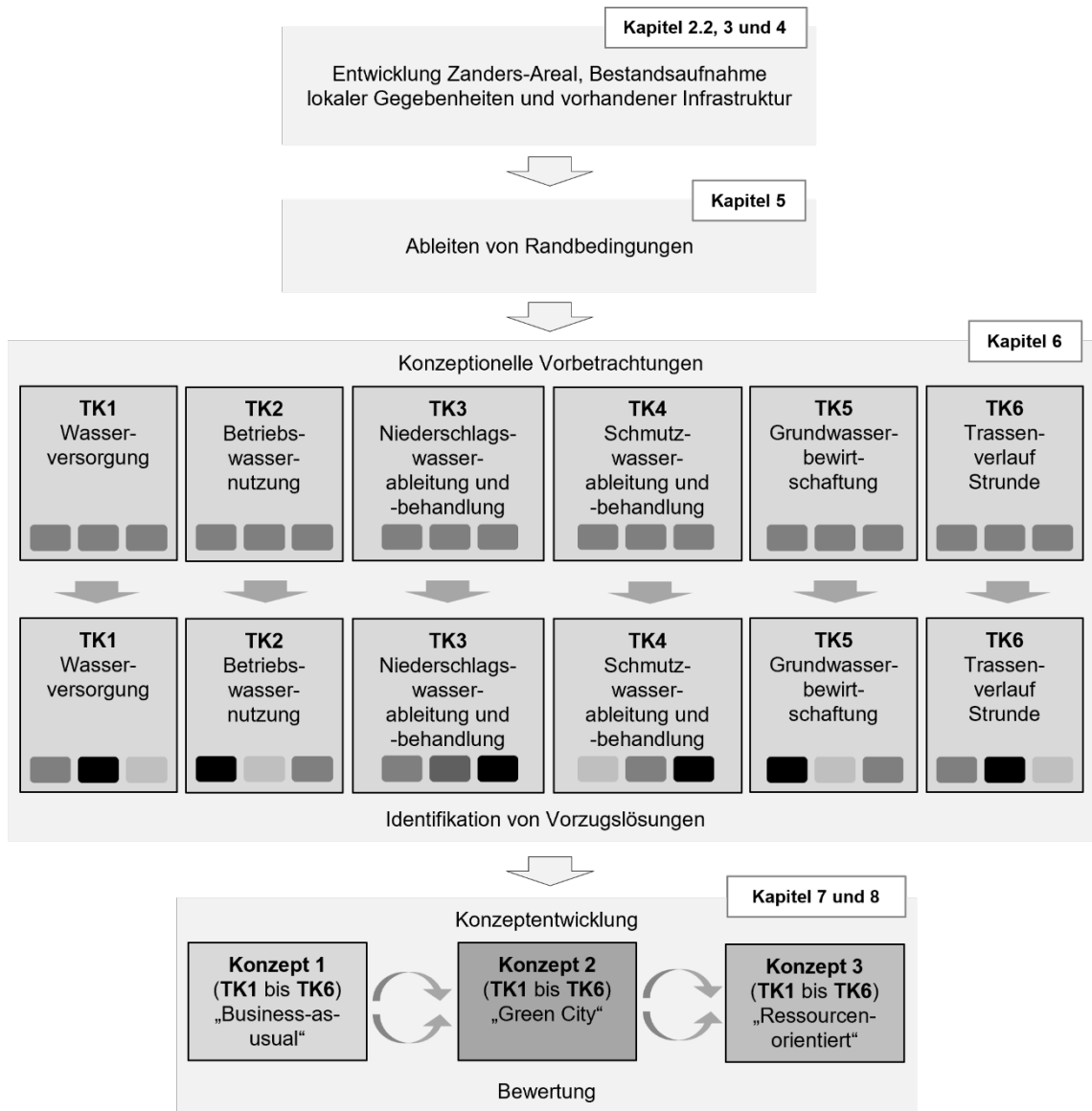


Abbildung 6-1: Schematische Darstellung zur Vorgehensweise und Kapitelstruktur

In den jeweiligen Konzepten werden je nach Schwerpunkt des zukünftigen Wassermanagements die identifizierten Vorzugslösungen der Teilkonzepte zusammengeführt. Bei der konzeptionellen Vorbetrachtung sowie der Ausarbeitung der Konzepte ist zu berücksichtigen, dass sich die Teilkonzepte gegenseitig beeinflussen und teilweise voneinander abhängen, vgl. Abbildung 6-2. Dabei werden auch Schnittstellen zu der parallel bearbeiteten Energiestudie [Happold (2023)] berücksichtigt.

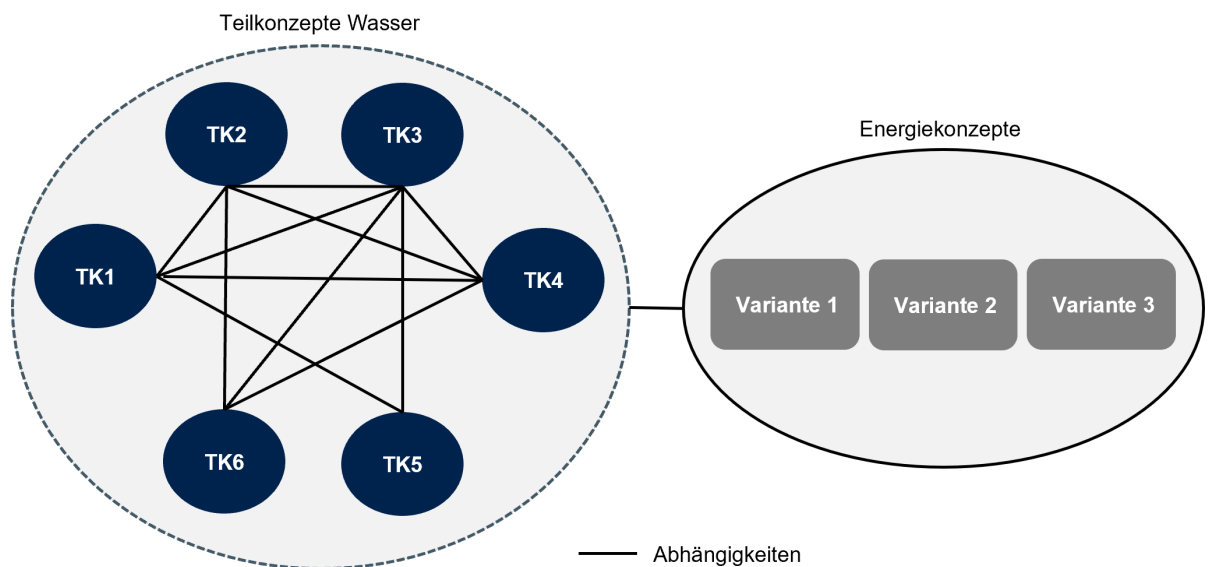


Abbildung 6-2: Schematische Darstellung der Abhängigkeiten

6.1. Wasserversorgung

Die Hauptaufgabe der Wasserversorgung ist die dauerhafte Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Quantität und Qualität. Für den Spitzenlastfall ist für das Zanders-Areal ein Trinkwasserverbrauch von 47,2 l/s (ohne Sicherheitszuschlag) nachzuweisen (siehe Abschnitt 2.2.3).

Ein Trinkwasseranschluss des Zanders-Areals an das öffentliche Trinkwassernetz von Bergisch Gladbach ist die effizienteste und daher einzig in Betracht gezogene Option. Hinsichtlich der Netztopologie sind verschiedene Möglichkeiten der Wasserverteilung auf dem Zanders-Areal möglich. Verästelungsnetze sind kostengünstiger und wurden in der Vergangenheit häufig gebaut (siehe Abbildung 6-3, links). Sie weisen jedoch keine Redundanz auf, was bedeutet, dass bei einem Leitungsbruch die Versorgung großflächig ausfallen kann. Zudem können an Endsträngen Qualitätsprobleme durch Stagnation entstehen. Um die Versorgungssicherheit zu erhöhen, werden heute meistens Ringnetze gebaut, sodass auch in Havariefällen alternative Fließwege zur Verfügung stehen. Durch den Bau zusätzlicher Leitungen sind Ringnetze entsprechend teurer (siehe Abbildung 6-3, rechts). Aus Gründen der Redundanz und Robustheitssteigerung wird für das Zanders-Areal ein Ringnetz empfohlen und in der weiteren Konzepterstellung verfolgt (siehe Kapitel 7).

Die derzeit einzig bestehende DN90 Anbindung für die Versorgung der Verwaltungsgebäude ist für die Erschließung des gesamten Areals und für eine potenzielle Löschwasserbereitstellung

nicht ausreichend. Aus diesem Grund sind ein oder mehrere zusätzliche Anschlüsse an das öffentliche Trinkwassernetz erforderlich. Diese neuen Anschlüsse können, wie in Abbildung 6-3 dargestellt, im Bereich der ehemaligen Trinkwasseranbindungen liegen. Dies ist jedoch nicht zwingend erforderlich.

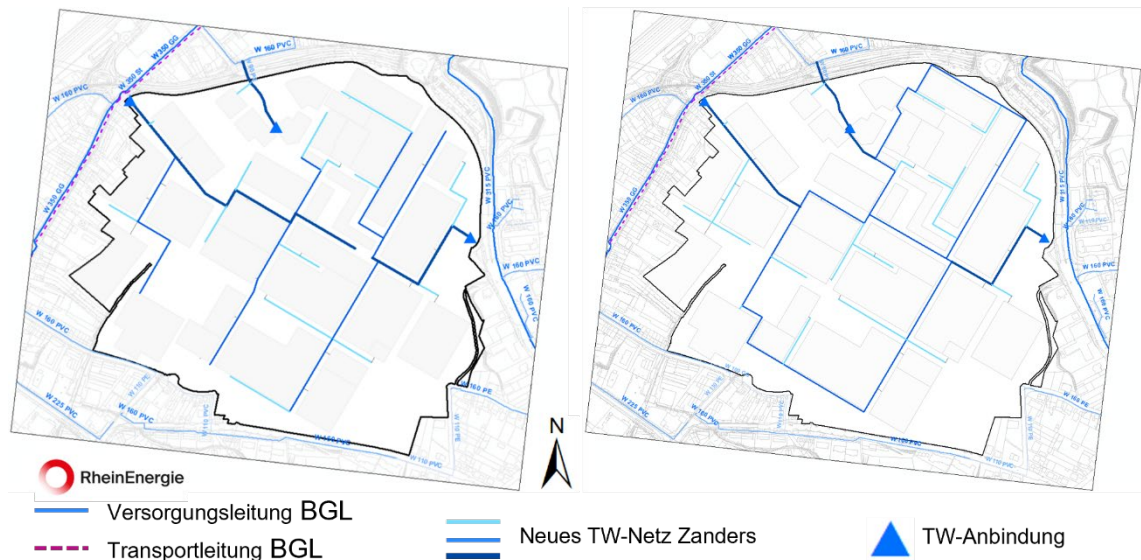


Abbildung 6-3: Mögliches Verästelungsnetz (links) und Ringnetz (rechts) auf dem Zanders-Areal, Kartengrundlage: [RheinEnergie (2023)]

In vielen Fällen wird Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung bereitgestellt. Dabei wird zwischen Grund- und Objektschutz unterschieden. Der Grundschutz beinhaltet den Brandschutz für Wohngebiete, Gewerbegebiete, Misch- und Industriegebiete ohne erhöhtes Sach- oder Personenrisiko. Der Objektschutz geht über den Grundschutz hinaus und gilt für Objekte mit erhöhtem Brand- oder Personenrisiko (z.B. Krankenhäuser, Hotels, Hochhäuser, Versammlungsstätten) oder für sonstige Einzelobjekte in Außenbereichen. Für das Zanders-Areal ist die Löschwasserbereitstellung zum Grundschutz, unter Berücksichtigung der baulichen Nutzung und der Gefahr der Brandausbreitung für Mischgebiete, mit einer Entnahmemenge von 96 m³/h (26,67 l/s) über einen Zeitraum von 2 Stunden nachzuweisen [DVGW W 405]. Für den Lastfall „Löschwasser“ ist von einer Netzbelastung auszugehen, welche der größten stündlichen Abgabe eines Tages mit mittlerem Verbrauch entspricht. Dieser Verbrauch wurde für das Zanders-Areal zu 25,2 l/s ermittelt (siehe Abschnitt 2.2.3).

Auf dem Zanders-Areal stehen drei Löschwasserbehälter zur Verfügung (siehe Kapitel 3.1.1). Einer der südlichen Löschwasserbehälter ist nach Angaben der Projektgruppe Zanders-Areal undicht und müsste bei einer Wiederverwendung saniert werden. Über dem östlich liegenden Behälter ist das Entwicklungsfeld 4a mit einer Bildungseinrichtung geplant. Sollte der Löschwasserbedarf

des zukünftigen Areals einen derzeit nicht absehbaren zusätzlichen Objektschutz vorsehen, können Teile des Löschwassers über die derzeitigen funktionsfähigen Speicher abgedeckt werden. Alternativ kann zusätzliches Löschwasser zukünftig auch über gesammeltes Betriebswasser bereitgestellt werden (siehe Kapitel 6.2)

In Gebieten, in denen aufgrund des Klimawandels die Wasservorräte zurückgehen, muss über die Etablierung von lokalen Wasserkreisläufen nachgedacht werden. Zum nachhaltigen Schutz der begrenzten Ressource Trinkwasser im urbanen Gebiet kann der Trinkwasserbedarf mit folgenden Maßnahmen reduziert werden:

- Anpassung des Nutzerverhaltens zum sparsamen Umgang,
- Verwendung wassersparender Armaturen und Geräte,
- Vermeidung von Wasserverlusten durch regelmäßige Kontrolle und Wartung,
- Substitution von Trinkwasser (Betriebswassernutzung).

6.2. Betriebswassernutzung

Für bestimmte Anwendungsbereiche des täglichen Bedarfs ist keine Trinkwasserqualität erforderlich. Trinkwasser kann daher mit Betriebswasser substituiert werden, welches nicht den Anforderungen der Trinkwasserversordnung entsprechen muss. Im Rahmen der rechtlichen Bestimmungen ist dies nur für Zwecke zulässig, bei denen die Wasserbeschaffenheit keinerlei direkten oder indirekten Einfluss auf die Gesundheit der Verbraucher hat. Tabelle 6-1 gibt in Anlehnung an die VDI 2070 (2013) und das Merkblatt DWA-M 277:2017 einen Überblick über mögliche Anwendungsbereiche. Als Betriebswasser können Niederschlagswasser (Kapitel 6.2.1), Grauwasser (Kapitel 6.2.2), Grundwasser (Kapitel 6.2.3) sowie Oberflächenwasser und Trinkwasser eingesetzt werden. Letzteres sollte als Betriebswasser, wo möglich und sinnvoll durch andere Rohwasserquellen substituiert werden.

Tabelle 6-1: Verwendungszwecke von Betriebswasser nach [VDI 2070 (2013)]

Privater Bereich	Kommunaler Bereich	Gewerblicher Bereich
Toilettenspülung	Toilettenspülung	Toilettenspülung
Waschmaschinen	Waschmaschinen	Wäschereien
Putzen, Reinigung (untergeordnete Gebäudereinigung)	Fahrzeugreinigung	Fahrzeugreinigung
Gartenbewässerung	Friedhofsbewässerung	Gärtnereien
Feuchtbiotope	Sportanlagenbewässerung	Landwirtschaftsbetriebe
	Feuerlöschwasser	Feuerlöschwasser
	Kanalreinigung	Kühlwasser

Bei einer Betriebswassernutzung sind einige normative Kriterien sowie rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen (vgl. bspw. [VDI 2100 (2013), DWA-M 277:2017]). Trinkwasser- und Betriebswassersysteme dürfen nicht unmittelbar miteinander verbunden werden und sind eindeutig, farblich und dauerhaft zu kennzeichnen, um eine Verunreinigung des Trinkwassers (Trinkwasserversorgungsnetz) sowie Verwechslungsgefahren und hygienische Risiken auszuschließen. Auch müssen die Betriebswasserentnahmestellen entsprechend gekennzeichnet sein und vor unbefugtem Verbrauch gesichert werden. Eine Betriebswassernutzungsanlage ist bei deren Inbetriebnahme, Betrieb, Außerbetriebnahme und Wiederinbetriebnahme der Gesundheitsbehörde und dem Wasserversorgungsunternehmen anzuzeigen, teilweise sind die Anlagen genehmigungspflichtig. Darüber hinaus ist auch die Änderung des Eigentümers oder Nutzers anzeigepflichtig. Wird Wasser für die Öffentlichkeit bereitgestellt, unterliegen die Anlagen der Überwachung durch das Gesundheitsamt. Bei Mietwohnungen sind die Mieter über die Funktionsweise und Einschränkungen zu informieren. Der Gebrauch von Betriebswasser in Kindereinrichtungen können eingeschränkt sein (Rahmenhygienepläne zu § 36 IfSG). Zudem muss Verbrauchern die Möglichkeit gegeben werden, Trinkwasser zum Wäschewaschen zu nutzen (§ 3 TrinkwV) [DVGW W 555, VDI 2100 (2013), DWA-M 277:2017].

Um das jeweilige Rohwasser als Betriebswasser zu nutzen können verschiedene Aufbereitungsschritte erforderlich werden. Dabei sind die Anforderungen an das Betriebswasser nutzerabhängig und können individuelle Aufbereitungen erfordern. Bei hinreichender Qualität kann Rohwasser auch direkt als Betriebswasser genutzt werden (Bsp. Grundwasser als Toilettenspülwasser oder zu Bewässerungszwecken). Tabelle 6-2 zeigt exemplarisch vorgeschlagene Qualitätsziele für Betriebswassernutzung in Gebäuden (bspw. Toilettenspülung, untergeordnete Reinigung, Bewässerung). Die Angaben orientieren sich an der alten Badegewässerverordnung 76/160/EWG sowie der Broschüre „Betriebswassernutzung in Gebäuden“ der Berliner Senatsverwaltung [Senatsverwaltung (2007)]. Diese Qualitätsziele können auch für die Nutzung von aufbereitetem Grauwasser zum Wäschewaschen übertragen werden [DWA-M 277:2017]. Anforderungen für Wasser zur Bewässerung werden in der DIN 19650 geregelt. Diese beziehen sich auf hygienische/mikrobiologische Belange von Bewässerungswasser in Landwirtschaft, Gartenbau, Landschaftsbau sowie Park- und Sportanlagen. Dabei sind vier Eignungsklassen definiert, für welche je nach Verwendungszweck die hygienische Unbedenklichkeit nachzuweisen ist (DIN 19650 Tabelle 4). Seit dem 26. Juni 2023 gilt die Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen für die Wasserwiederverwendung. Diese Verordnung gilt für aufbereitetes Abwasser zur landwirtschaftlichen Bewässerung.

Tabelle 6-2: Qualitätsziele für die Betriebswassernutzung nach [Senatsverwaltung (2007), DWA-M 277:2017]

Qualitätsziel	Beurteilungskriterien/Begründung
Nahezu schwebstofffrei, nahezu geruchlos, farblos und klar	Sicherstellung einwandfreier Nutzung der Armaturen und kein Komfortverlust für Nutzer
Trübung	< 2 NTU
Möglichst sauerstoffreich	> 50 % Sättigung, damit Betriebswasser lagerfähig ist
Niedriger BSB	< 5 mg/l, Bspw. Sicherstellung einer weitgehenden Reinigung von Grauwasser
Hygienisch / mikrobiologisch einwandfrei	Gesamt Coliforme < 10.000/100 ml E. coli < 1.000/100 ml P. aeruginosa < 100/100 ml Bei einer Grauwasseraufbereitung (insbesondere bei Anschluss mehrerer Wohneinheiten) sowie bei einer Nutzung von Ablaufwasser von befestigten Verkehrsflächen sollte eine UF-Desinfektion (Minstdosis von 250 – 400 J/m ²) erfolgen.

Eine Betriebswassernutzungsanlage kann entweder zentral oder dezentral geplant werden. Bei einer zentralen Variante ist ein Betriebswasserspeicher auf dem Zanders-Areal vorzusehen. In diesem Fall muss ein Betriebswasserleitungsnetz und eine Pumpstation vom Zentralspeicher zu den einzelnen Gebäuden verlegt werden. Ein Vorteil liegt im räumlichen und zeitlichen Ausgleich von Verbrauchsspitzen und der Wartung einer zentralen Anlage. Darüber hinaus können Skalierungseffekte genutzt werden, was sich bspw. vorteilhaft auf die Investitionskosten einer Aufbereitungsanlage auswirken kann. Dezentrale Varianten sehen mehrere kleine Anlagen vor, die auf Gebäude- oder Blockebene installiert werden. Ein Vorteil liegt darin, dass der Speicher dort vorgesehen wird, wo ggf. das Rohwasser anfällt und das Betriebswasser benötigt wird. Die notwendigen Leitungslängen und die damit zusammenhängenden Energieverluste werden minimiert.

6.2.1. Variante 1 – Niederschlagswassernutzung

Das auf Dachflächen anfallende Niederschlagswasser kann für einen ausschließlich temporären Einsatz (z.B. Regentonnen für Gartenbewässerung) oder einen ganzjährigen Betrieb (z.B. Toilettenspülung und Gartenbewässerung) genutzt werden. Gegebenenfalls ist auch der Abfluss von Hof- und Straßenflächen möglich. Abbildung 6-4 zeigt eine schematische Darstellung einer Niederschlagswassernutzungsanlage.

Zur Speicherung werden i.d.R. Zisternen benutzt. Es darf nur das Regenwasser von unkritischen Dachflächen verwendet werden (keine Kupfer-, Blei- und Zinkdächer, Bitumenabdichtungen mit Teerpappe). Auch stark verschmutzte Dachflächen, z.B. an stark befahrenen Straßen, eignen sich nicht. Im Hinblick auf eine potenzielle Niederschlagswassernutzung auf dem Zanders-Areal werden nur die Abflüsse von Dachflächen berücksichtigt. Ein erweiterter Anwendungszweck ist das Nutzen von Regenwasser zum Wäsche waschen. Der Vorteil liegt im geringen Härtegrad des Wassers, wodurch ca. 20 % Waschpulver eingespart werden können. Ein Nachteil liegt in der Hygiene, die v.a. Personen mit einem Gesundheitsrisiko betreffen. Durch die Nachspülungen mit kaltem Wasser können Keime in die Wäsche übertragen werden. Das Risiko kann durch eine Aufbereitung des Wassers oder durch anschließendes Bügeln reduziert werden. Gras- und Bitumendächer können das Wasser verfärben, sodass es nicht für das Waschen verwendet werden kann [UBA (2023)].

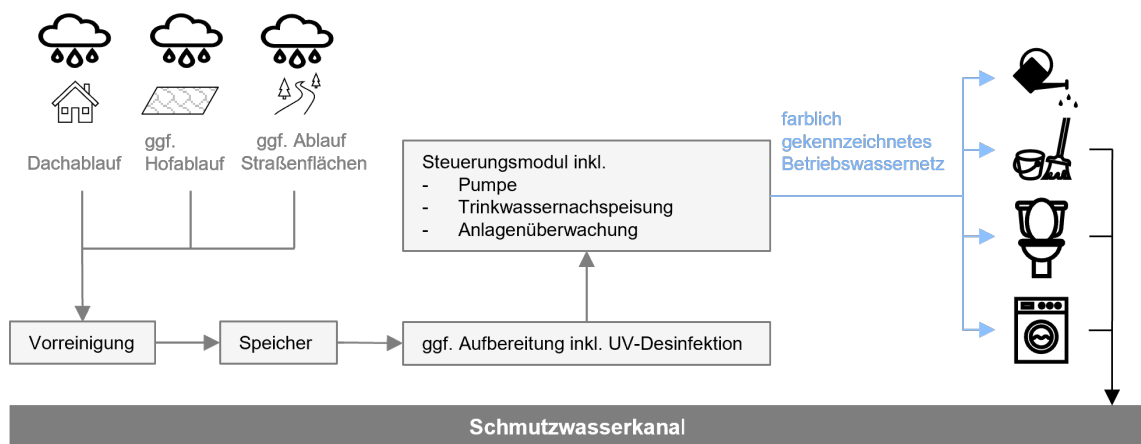


Abbildung 6-4: Schematische Darstellung einer Niederschlagswassernutzung in Anlehnung an [Senatsverwaltung (2007)]

Die Anlagen bestehen aus Beton- oder Kunststoffspeichern, einem Rohr- und Filtersystem und einer Pumpe. In Trockenzeiten muss ggf. eine Nachspeisung über das Trinkwassernetz erfolgen. Bei der Speicherbemessung nach dem vereinfachten Ansatz kann von einer Trockenperiode von 21 Tagen ausgegangen werden [DIN EN 16941-1:2018]. Die Nachspeisung darf ausschließlich über eine Sicherungseinrichtung Typ AA oder Typ AB nach DIN EN 1717:2011-08 erfolgen. Die Überflutungssicherheit muss über Rückstausicherungen gewährleistet werden und eine Überlaufeinrichtung ist vorzusehen. Durch die Nachspeisung des Regenwasserspeichers mit Trinkwasser, ist eine doppelte Leitungsführung für die Toilettenspülung nicht erforderlich. Regenspeicher können mit Versickerung oder Rückhaltung kombiniert werden (siehe Abbildung 6-5).

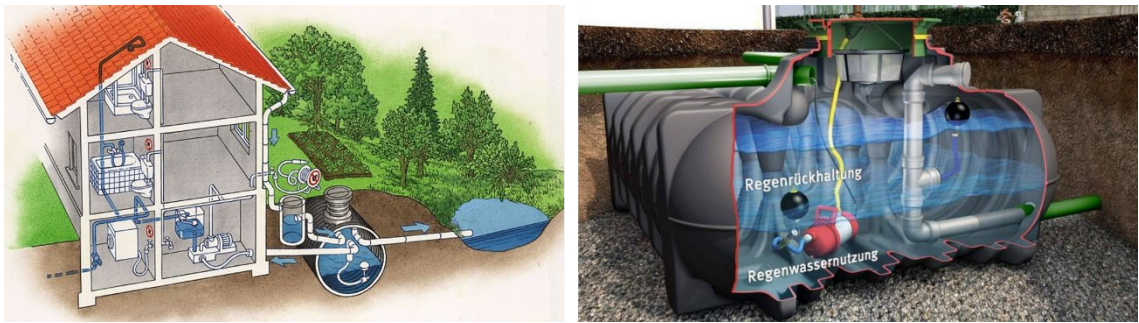


Abbildung 6-5: Regenwassernutzung mit kombinierter Versickerung oder zusätzlicher Rückhaltung nach [LfU (2023a)] – links und [Graf (2023)] – rechts

Die jährlichen Verdunstungsverluste von Hartdächern reduzieren den Regenertrag im Mittel um etwa 20 %. Durch selbstreinigende Filter und Speicherüberläufe reduziert sich der jährliche Ertrag um weitere 15 bis 30 %, sodass 50 bis 70 % des jährlichen Niederschlags als Betriebswasser genutzt werden können, wenn die Regenwassernutzungsanlage nach den Regeln der Technik dimensioniert und regulär genutzt wird [DVGW-W 555 (2002)]. Nach der DIN EN 16941-1:2018 wird ein Beiwert zum hydraulischen Wirkungsgrad der Behandlung als Verhältnis des Abflusses des behandelten Wassers zum Zufluss des gesammelten Regenwassers definiert. Falls nicht durch den Hersteller angegeben, beträgt der Beiwert 0,9. Durch die Verwendung einer Regenwassernutzungsanlage in Kombination mit einem Gründach wird der Ertrag weiter reduziert und kann den Anschluss größerer Dachflächen erfordern, sofern diese zur Verfügung stehen.

Regenwassernutzungsanlagen können für Ein- und Mehrfamilienhäuser oder auch für Industrieanlagen geplant werden. Bei der Verwendung von Regenwassernutzungsanlagen in öffentlichen Bereichen in denen auch Fürsorgepflichten bestehen (z.B. Kindergärten, Schulen und Altenheime) bestehen erhöhte Anforderungen an den Bau und Betrieb solcher Anlagen. Bebauungspläne enthalten mitunter ortsspezifische Regelungen zur Errichtung von Zisternen und Regenwassernutzung. Regenwassernutzungsanlagen müssen regelmäßig gewartet und hygienisch überprüft werden. Hier ist Eigenverantwortung der Betreiber gefordert [DVGW-W 555 (2002), UBA (2023)].

6.2.2. Variante 2 – Grauwassernutzung

Grauwasser ist der Teilstrom des häuslichen Abwassers ohne die Teilströme aus Toiletten und Urinalen. Im Vergleich zu letzteren Teilströmen ist Grauwasser in der Regel arm an Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor und weist lediglich die Hälfte der organischen Schmutzfracht auf. Je nach Herkunftsbereich kann in schwach belastetes und stark belastetes Grauwasser unterschieden werden [DWA-M 277:2017]:

- Typ A: schwach belastetes Grauwasser
 - Typ A1: Badewanne und Dusche (20 – 85 l/(E·d))
 - Typ A2: Badewanne, Dusche und Handwaschbecken (40 – 100 l/(E·d))
- Typ B: stark belastetes Grauwasser
 - Typ B1: Badewanne, Dusche, Handwaschbecken, Waschmaschine (50 – 115 l/(E·d))
 - Typ B2: Badewanne, Dusche, Handwaschbecken, Waschmaschine, Spülbecken und Geschirrspülmaschine in der Küche (60 – 130 l/(E·d))

In Tabelle 6-3 ist die Beschaffenheit der Grauwasserströme detaillierter zusammengestellt.

Tabelle 6-3: Charakterisierung von Grauwasser nach DWA-M 277:2017

Parameter	Herkunftsbereich					
	Dusche	Bade- wanne	Wasch- becken	Textilwasch- maschine	Spülbecken Küche	Geschirrspül- maschine
Wassermenge [l/(E·d)]	10 – 50	0 – 30	10 – 15	10 – 15	5 – 10	5 – 10
Organische Belas- tung	sehr gering			mittelmäßig	mittelmäßig – hoch	mittelmäßig – hoch
CSB [mg/l]	80 – 200			500 – 800	400 – 800	
CSB [g/d]	0,8 – 10			5 – 12	2 – 8	
AFS [mg/l]	7 – 120			80 – 280	130 – 1.300	
Belastung mit Nährstoffen	sehr gering – gering (mäßig)		sehr gering	mäßig	Hoch	sehr hoch
Belastung mit Kei- men	sehr gering – gering (mäßig)		sehr gering	sehr hoch	Hoch	hoch – sehr hoch
Gesamt Coliforme [1/ml]	10 ¹ – 10 ⁵			10 ² – 10 ⁶	10 ⁵ - 10 ⁸	
Fäkale Coliforme [1/ml]	10 ¹ – 10 ⁵			10 ² – 10 ⁶	10 ² – 10 ⁶	
Hydraulische Be- lastung [l/min]	6 – 25	20 – 50	3 – 15	20 – 30	10 – 20	10 – 30
Grauwassertyp	Typ A					
	Typ B					

Die Qualitätsanforderungen an das Betriebswasser orientieren sich an den konkreten Verwendungszwecken. Generell muss das Betriebswasser hygienisch/mikrobiologisch einwandfrei, möglichst farblos, klar und nahezu schwebstofffrei sein.

Das Merkblatt DWA-M 277:2017 unterscheidet zwei Nutzungsklassen und entsprechende Aufbereitungsverfahren:

- C1: mechanische, biologische Aufbereitung und Stabilisierung von Grauwasser Typ A
 - Charakterisierung: Speicherung und Belüftung zur Verwendung als Toilettenspülwasser im privaten Bereich
 - Keine Anforderung an hygienische Parameter
 - Aufbereitungsverfahren: Festbett-, Bodenfilter-, Wirbelbetтанlage oder Stabilisierung
- C2: mechanische, biologische Aufbereitung und Hygienisierung von Grauwasser Typ A und Typ B
 - Charakterisierung: Speicherung und Behandlung zur Verwendung im privaten und öffentlichen Bereich
 - Anforderung an hygienische Parameter, vgl. Tabelle 6-2
 - Aufbereitungsverfahren: Festbett-, Bodenfilter-, Wirbelbetтанlage oder Membranbioreaktor
 - Weitere mögliche Behandlungsstufen: UV-Anlage, Ultrafiltration, Umkehrosmose

Am Markt verfügbare Aufbereitungsverfahren ermöglichen eine weitergehende Aufbereitung bis hin zur Trinkwasserqualität. Abbildung 6-6 zeigt schematisch den beispielhaften Aufbau einer Grauwassernutzungsanlage für die Nutzungsklasse C2. Nach einer Vorbehandlung (Sedimentation / Siebung oder Filtration) wird das Grauwasser biologisch behandelt. Zur biologischen Aufbereitung können verschiedene Verfahren bspw. Festbettreaktoren (FB), Bodenfilter (BF), Wirbelbettverfahren (WB) oder Membranbioreaktoren (MBR) eingesetzt werden. Weitere Behandlungsstufen werden der biologischen Behandlung nachgeschaltet wie eine UV-Desinfektion (UV), Ultrafiltration (UF) oder Umkehrosmose (RO) [DWA-M 277:2018]. Für die Nutzungsklasse C1 kann ggf. auf eine Vorbehandlung und eine Nachbehandlung verzichtet werden. Am Markt verfügbare Lösungen sind überwiegend Membranverfahren. Aufbereitungsanlage zur Wiederverwendung des Grauwassers bspw. für die Toilettenspülung sind mit einer automatischen Nachspeisung (Trink- oder Regenwasser) zu versehen [DWA-M277:2017].

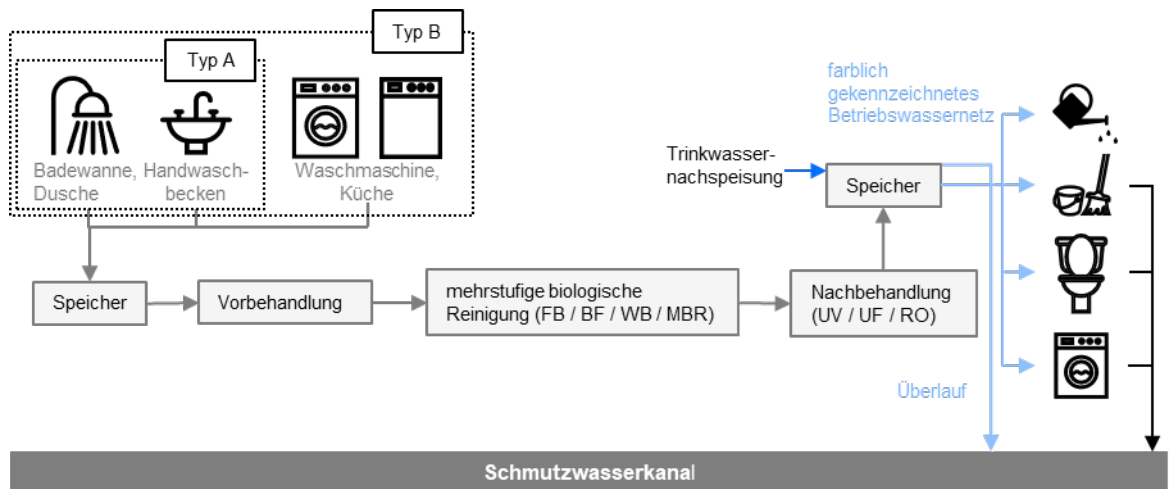


Abbildung 6-6: Schematische Darstellung einer Grauwassernutzung in Anlehnung an [Senatsverwaltung (2007), DWA-M 277:2017]

Grauwassernutzungsanlagen können innerhalb oder außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden. Alle zu wartende oder instanzzusetzende technische Bauteile müssen leicht zugänglich angeordnet sein. Es sollte eine nach Herstellerangaben regelmäßige Wartung durch einen Fachkundigen erfolgen. Es wird empfohlen, hierfür einen Wartungsvertrag abzuschließen [DWA-M 277:2017]. Ein störfreier und stabiler Betrieb der Aufbereitungsanlage setzt eine sachgemäße Nutzung bspw. der sanitären Einrichtungen voraus (bspw. keine Entsorgung problematischer Stoffe).

Neben der Bereitstellung von Betriebswasser kann eine Grauwasseraufbereitung auch mit einer Wärmerückgewinnung kombiniert werden. Die zurückgewonnene Wärme kann bspw. zur Vorwärmung des Trinkwassers genutzt werden [Nolde & Partner (2016)].

6.2.3. Variante 3 – Grundwassernutzung

In einer Variante zum Energiekonzept für das zukünftige Zanders-Areal wird die energetische Nutzung des Grundwassers zur teilweisen Abdeckung des Heiz- und Kühlbedarfs betrachtet [Happold (2023)]. Dabei wird das ehemalige Nutzungsrecht der Firma Zanders zur Grundwasserentnahme aus der Innenstadt neu beantragt und dieses auf das Zanders-Areal zur neu zu errichtenden Energiezentrale geführt. Wenn diese Energievariante umgesetzt wird, steht nach der energetischen Nutzung temperiertes Grundwasser mit einer Temperaturdifferenz von ca. 5-6 Kelvin zur Verfügung. Es wird mit einer kontinuierlichen Grundwasserentnahme von ca. 110 m³/h gerechnet.

Bei Nutzung von Grundwasser ist die vorhandene Wasserqualität zu berücksichtigen. Je nach Verwendungszweck können verschiedene Inhaltsstoffe eine direkte Verwendung beeinträchtigen. In diesen Fällen ist eine Aufbereitung bspw. Enthärtung, Entsäuerung, Enteisung, Entmanganung etc. vorzusehen. Aus dem Stadtgebiet sowie dem Zanders-Areal liegen verschiedene Grundwasseruntersuchungen vor (siehe Tabelle 6-4). Die Analytik am Grundwasserschacht der Betriebskläranlage Zanders ergibt erhöhte Eisen- und Mangankonzentrationen. Die mögliche Betriebswasserentnahme ist am Grundwasserbrunnen 6 oder 7 in der Innenstadt von Bergisch Gladbach vorgesehen. Am Brunnen 6 sind die Eisen- und Mangankonzentrationen unauffällig, sodass keine Ausfällungen von Eisenhydroxiden und Mangan(IV)-oxid „Verockerung“ zu erwarten sind.

Tabelle 6-4: Auszug aus der Grundwasseranalytik an 3 Messpunkten

Ort der Grundwasseranalytik	Parameter	Wert
Innenstadt – Brunnen 6	pH-Wert	7,30
	Leitfähigkeit bei 25°C	797 µS/cm
	Trübung	0,2 FNU
	Gesamthärte	22,5 °dH
	Eisen	0,007 mg/l
	Mangan	0,003 mg/l
Herrenstrunden – Brunnen 1	pH-Wert	7,39
	Leitfähigkeit bei 25°C	601 µS/cm
	Trübung	0,11 NTU
	Gesamthärte	17,6 °dH
	Eisen	< 0,02 mg/l
	Mangan	< 0,001 mg/l
Grundwasserschacht – Betriebskläranlage Zanders	pH-Wert	6,80
	Leitfähigkeit bei 25°C	934 µS/cm
	Trübung	ohne
	Gesamthärte (berechnet)	27,1°dH
	Eisen	2,3 mg/l
	Mangan	0,44 mg/l

6.2.4. Variantendiskussion und Bewertung

Anhand der Ermittlung des Trinkwasserbedarfs in Kapitel 2.2.3 kann analog ein möglicher Betriebswasserbedarf ermittelt werden. Um das Potenzial aufzuzeigen, werden folgende Nutzungsszenarien betrachtet:

- Anwendungsfall 1: Toilettenspülung
- Anwendungsfall 2: Toilettenspülung, Bewässerung/Reinigung
- Anwendungsfall 3: Toilettenspülung, Bewässerung/Reinigung und Wäschewaschen

Abbildung 6-7 zeigt, das größte Einsparpotenzial von Trinkwasser für Anwendungsfall 3 mit 33 % (bezogen auf den gesamten Trinkwasserbedarf). Wird lediglich das Toilettenspülwasser substituiert (Anwendungsfall 1) ergibt sich bereits ein Einsparpotenzial von 22 %. Zudem ist zu erkennen, dass bezogen auf den Gesamttrinkwasserverbrauch die Einsparpotenziale im Bereich Gewerbe und Bildung gering sind. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Bereich Gewerbe lediglich das abschätzbare Substitutionspotenzial für die Büronutzung (Toilettenspülung) berücksichtigt wurde. Das Substitutionspotenzial im Bereich Gewerbe kann jedoch auch wesentlich höher ausfallen (vgl. Verwendungszwecke gem. Tabelle 6-1), was allerdings zu diesem frühen Planungsstand nicht abgeschätzt werden kann. Wird ausschließlich der Trinkwasserbedarf im Bereich Gewerbe betrachtet, so liegt das Einsparpotenzial bei ca. 6 %. Im Bereich Bildung zeigt sich ein sehr hohes Einsparpotenzial von 49 % bis 53 %, auch wenn es im Gesamtkontext lediglich bei 3 % bis 4 % liegt. Es ist zu berücksichtigen, dass ein Gebrauch von Betriebswasser in Kindereinrichtungen gem. Infektionsschutzgesetz eingeschränkt sein kann. Für die Potenzialabschätzung wird davon ausgegangen, dass eine Betriebswassernutzung gem. der oben aufgeführten Anwendungsfälle uneingeschränkt möglich ist.

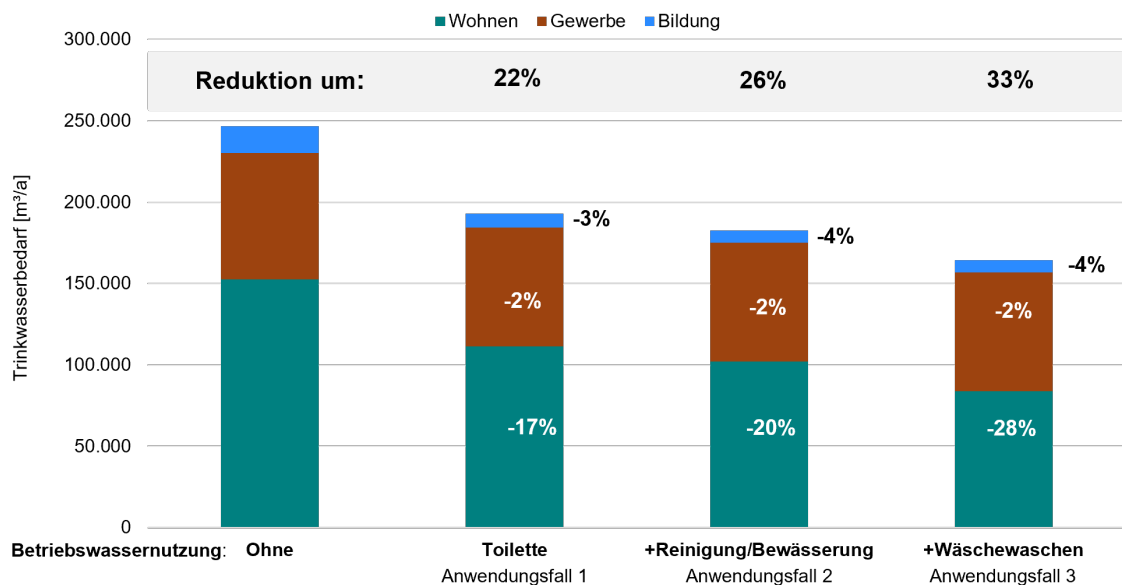


Abbildung 6-7: Einsparungspotenzial von Trinkwasser für verschiedene Anwendungsfälle

Bei Anwendungsfall 3 ist den Mietern die Wahlmöglichkeit zu bieten, Betriebswasser oder Trinkwasser zum Wäschewaschen zu nutzen. Wird zum Wäschewaschen aufbereitetes Grauwasser als Betriebswasser zur Verfügung gestellt, ist erfahrungsgemäß mit einer geringen Akzeptanz der

Anwohner zu rechnen. Insbesondere, wenn in der Grauwasseraufbereitungsanlage Grauwasser aus verschiedenen Wohneinheiten gemeinsam behandelt wird. Bei der Nutzung von Niederschlagswasser oder Grundwasser als Betriebswasser wird von einer höheren Akzeptanz ausgegangen. Für Bewässerungszwecke im privaten Bereich (Gartenfläche, intensive Dachbegrünung) erscheint die Nutzung von Niederschlagswasser, aufbereitetem Grauwasser und Grundwasser als sinnvoll und akzeptabel. Der Bedarf im privaten Bereich und vor allem für den kommunalen Bereich (Grün- und Parkanlagen) kann zu diesem Zeitpunkt nicht abgeschätzt werden.

Im Hinblick auf eine stabile und einfache Aufbereitung des Grauwassers werden lediglich gering belastete Teilströme aus dem Bereich Baden/Duschen/Handwaschbecken berücksichtigt. Der mögliche Grauwasseranfall (Ertrag) für das gesamte Zanders-Areal (aus dem privaten Bereich Wohnen) liegt bei 54.903 m³/a und kann so die gesamte Betriebswassermenge für den Anwendungsfall 1 (Toilettenspülung im Bereich Wohnen, Gewerbe und Bildung) in Höhe von 53.746 m³/a bilanziell decken. Wird Betriebswasser aus Grauwasser lediglich im privaten Bereich (Wohnen) zur Verfügung gestellt, liegt der Bedarf bei 41.177 m³/a.

Für die Potenzialabschätzung einer Niederschlagswassernutzung wird nur der Abfluss von Dachflächen berücksichtigt. Der nutzbare Niederschlagswasseranfall (Ertrag) ist vom Niederschlag, dem verfügbaren Speichervolumen, den angeschlossenen Dachflächen und vom Dachaufbau abhängig. Ein Gründach reduziert den Ertrag gegenüber einem Hartdach deutlich. Zusätzlich spielt die Wahl der Energievariante (zentral oder dezentral) eine Rolle [Happold (2023)], da die Dachflächennutzung davon abhängig ist (siehe Abschnitt 6.3.2). Der ausgewertete mittlere Jahresniederschlag der Station Beningsfeld seit dem Jahr 2015 beträgt 753 mm (siehe Abbildung 3-14). Die gesamte Dachfläche auf dem Zanders-Areal beträgt ungefähr 114.500 m². In Abhängigkeit der jeweiligen Dachaufbauten werden typische Oberflächenertragsbeiwerte (e) zwischen 0,05 (Retentionsdach), 0,3 (intensives Gründach), 0,5 (extensives Gründach) und 0,8 (Flachdach ohne Kies) herangezogen. Es wird ein Wirkungsgrad von 0,9 angenommen [DIN EN 16941-1:2018]. Für eine detaillierte Betrachtung der Wasserbilanz ist eine hochaufgelöste Langzeitsimulation erforderlich, die in dieser Studie nicht durchgeführt wird. Abbildung 6-8 zeigt den grob abgeschätzten nutzbaren Niederschlagswasseranfall auf dem Zanders-Areal für verschiedene Dachnutzungsverteilungen und Dachaufbauten. Es wird die Annahme getroffen, dass jede Dachfläche auf dem Zanders-Areal an eine Regenwassernutzungsanlage angeschlossen ist. Da im Strukturatlas Dachbegrünungen, u.a. als blau-grüne Infrastrukturmaßnahme vorgesehen sind (siehe Abschnitt 6.3.2), kann die gesamte Betriebswassermenge für den Anwendungsfall 1 (Toilettenspülung im Bereich Wohnen, Gewerbe und Bildung) in Höhe von 53.746 m³/a, unabhängig der gewählten Energievariante, bilanziell nicht vollständig abdeckt werden (Abdeckungsgrad von 86 % bis 92 %). Diese Auswertung schließt jedoch eine temporäre Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung (z.B. Regentonnen) nicht mit ein.

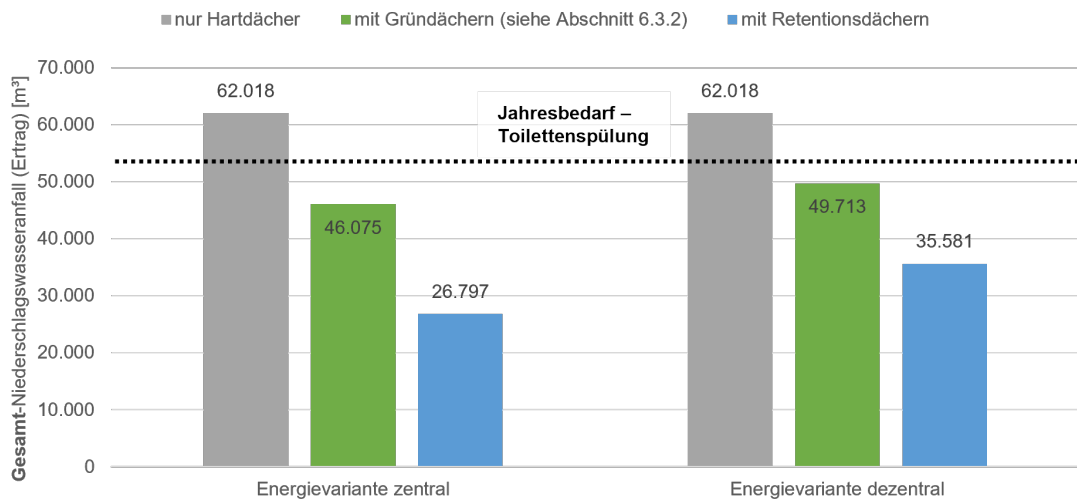


Abbildung 6-8: Abschätzung des nutzbaren Niederschlagswassers - Gesamt

In einer weiteren Untersuchung wird das Potenzial einer Niederschlagswassernutzung nur für den Bereich Bildung untersucht (siehe Abbildung 6-9). Hier zeigt sich, dass der Jahresbedarf für die Toilettenspülung (Anwendungsfall 1) auch bei der vorgesehenen Gründachnutzung im Jahresmittel, unabhängig der Energievariante, abgedeckt werden kann (Oberflächenertragsbeiwerte nach [DIN EN 16941-1:2018]). Ergänzend sei erwähnt, dass der Bedarf für die Toilettenspülung in Bildungseinrichtungen geringer als im Wohnbereich ist (siehe Kapitel 2.2.3). In diesem Fall würde sich die Implementierung von Retentionsdächern den Ertrag zusätzlich verringern. Die höheren Erträge bei der dezentralen Energievariante sind durch die Notwendigkeit deutlich größerer Technikflächen auf Bildungsgebäuden zu erklären ([Happold (2023)]).

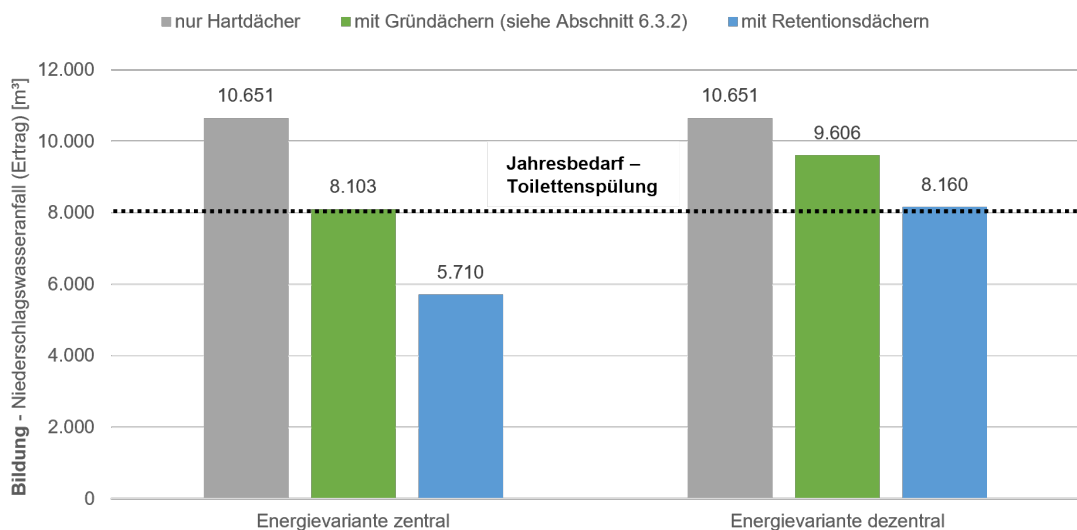


Abbildung 6-9: Abschätzung des nutzbaren Niederschlagswassers - Bildung

Die Nutzungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser decken sich mit jenen des Grauwassers, wobei die Gartenbewässerung einen höheren Stellenwert einnimmt. Bei der Niederschlagswassernutzung von Gründächern kann eine Färbung bspw. aufgrund von Huminstoffen auftreten, was zu Nutzungseinschränkungen führen kann. Im einfachsten Fall kann Niederschlagswasser, z.B. über eine Regentonne, auch nur temporär zu Bewässerungszwecken verwendet werden. Dieser Fall ist jedoch separat zu berücksichtigen.

Im Rahmen der energetischen Nutzung wird Grundwasser kontinuierlich in Höhe von 110 m³/h gefördert. Dies entspricht einem Anfall (Ertrag) von 963.600 m³/a und deckt somit bei weitem den Anwendungsfall 1 - 3 für das gesamte Zanders-Areal. Aufgrund der hohen Wasserqualität ist eine Nutzung darüber hinaus im kommunalen (Bewässerung) und gewerblichen Bereich (Produktion, Reinigung etc.) denkbar. Ggf. kann auch Grundwasser als Löschwasser genutzt werden. Es ist sogar möglich, Verbraucher außerhalb des Zanders-Areals mit hochwertigem Betriebswasser zu versorgen.

Nachfolgend werden verschiedene Bewertungskriterien diskutiert und anschließend die Varianten (Variante 1 – Niederschlagswassernutzung, Variante 2 – Grauwassernutzung, Variante 3 – Grundwassernutzung) in Hinblick auf eine Nutzung zur Betriebswasseraufbereitung und -bereitstellung bewertet. Im Rahmen der konzeptionellen Vorbetrachtung erfolgt die Bewertung anhand der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Betrieb und Nachhaltigkeit rein argumentativ ohne Vordimensionierung/Planung:

- Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Investitions- und Betriebskosten basierend auf dem technischen Aufwand bewertet.

- Bei Variante 1 ist der technische Aufwand niedrig einzuschätzen, da keine aufwendige Aufbereitung erforderlich ist. Bei Variante 1 werden Trinkwassergebühren eingespart. Der Aufwand bzgl. der Leitungsführung ist im Vergleich zu Variante 2 geringer einzuordnen. Demnach werden die Investitions- und Betriebskosten als gering eingeschätzt.
- Der technische Aufwand wird bei Variante 2 aufgrund der erforderlichen Aufbereitung und der Leitungsführung am höchsten eingeschätzt. Demnach werden auch die Investitions- und Betriebskosten am höchsten eingeschätzt. Bei Variante 2 werden zusätzlich zu den Trinkwassergebühren auch Abwassergebühren eingespart (Wiederverwendung). Aufgrund der hohen Investitionskosten (hoher technischer Aufwand) wird Variante 2 am schlechtesten bewertet.
- Bei Variante 3 ist zu berücksichtigen, dass das Grundwasser bereits im Rahmen der energetischen Nutzung sowieso gefördert wird. Da die Aufbereitung als gering ein-

geschätzt wird, ist lediglich die Speicherung und Verteilung als Betriebswasser zu berücksichtigen. Demnach werden die Investitionskosten und Betriebskosten als gering und im Vergleich zu den anderen Varianten am niedrigsten eingeschätzt. Bei Variante 3 werden Trinkwassergebühren eingespart. Aufgrund der Mehrfachnutzung (Grundwasser wird im Zuge der energetischen Nutzung bereits gefördert) und den geringen Investitionskosten wird Variante 3 am besten bewertet.

▪ Betrieb

Unter Betrieb wird der Aufwand für die Instandhaltung sowie die technische Komplexität bewertet.

- Bei Variante 1 wird der Instandhaltungsaufwand sowie die technische Komplexität ebenfalls als gering eingeschätzt. Bei einer Nutzung werden ggf. mehrere dezentrale Anlagen erforderlich. Der betriebliche Aufwand wird somit etwas höher eingeschätzt als bei Variante 3.
- Bei Variante 2 wird aufgrund der Grauwasserableitung, -aufbereitung und Verteilung als Betriebswasser (höchster technischer Aufwand) der Instandhaltungsaufwand sowie der technischen Komplexität (mehrstufiger Aufbereitungsprozess) am höchsten eingeordnet. Zudem ist eine sachgemäße Nutzung der sanitären Einrichtung Voraussetzung für einen störungsarmen Betrieb (bspw. keine Einleitung von für die Grauwasseraufbereitung problematischen Stoffen). Der betriebliche Aufwand wird für diese Variante am höchsten eingeschätzt.
- Bei Variante 3 wird ein zentrales Versorgungsnetz betrieben. Der Instandhaltungsaufwand und die technische Komplexität werden als gering eingeschätzt. Demnach wird der betriebliche Aufwand als gering eingeschätzt.

▪ Nachhaltigkeit

Es wird das Substitutionspotenzial von Trinkwasser sowie der Eingriff in den natürlichen Wasserhaushalt bewertet.

- Bei Variante 1 ist zu berücksichtigen, dass Niederschlagswasser nicht regelmäßig anfällt. Zudem schwanken die Niederschlagswassermengen teilweise deutlich. Bilanziell kann Anwendungsfall 1 durch die Sammlung und Speicherung im Jahresmittel gedeckt werden (Umsetzung von Hartdächern). Das Substitutionspotenzial wird jedoch durch die Umsetzung von Gründächern reduziert und deckt den Bedarf für Anwendungsfall 1 nicht ab. Gründächer sind allerdings als Maßnahme zur Rückhaltung des Niederschlagswassers erforderlich und werden in Kapitel 6.3.2 näher betrachtet. Der Eingriff auf den lokalen Wasserhaushalt ist als gering einzuordnen. Aufgrund des unregelmäßigen Anfalls und des geringeren Substitutionspotenzial ist Variante 1 etwas schlechter zu bewerten.
- Im Vergleich fällt bei Variante 2 das Grauwasser täglich an und kann den Bedarf für Anwendungsfall 1 (Toilettenspülung) bilanziell für das gesamte Zanders-Areal decken.

Das Substitutionspotenzial ist demnach etwas höher als bei Variante 1 einzuordnen. Zudem wird Trinkwasser durch aufbereitetes Abwasser substituiert (Wiederverwendung). Es besteht kein Einfluss auf den lokalen natürlichen Wasserhaushalt. Insgesamt ist Variante 2 in Hinblick auf die Nachhaltigkeit am besten zu bewerten, da der Eingriff in den lokalen Wasserhaushalt gering ist und Trinkwasser durch aufbereitetes Abwasser (Wiederverwendung) substituiert wird.

- Bei Variante 3 wird aufgrund der energetischen Nutzung Grundwasser kontinuierlich gefördert. Zudem überschreitet die geförderte Menge den Betriebswasserbedarf deutlich. Demnach können bei Variante 3 weitere Nutzungsmöglichkeiten erschlossen werden. Diese Variante weist das größte Substitutionspotenzial auf. Durch die Nutzung von Grundwasser wird lediglich die Aufbereitung zu Trinkwasser eingespart. Es wird aktiv in den lokalen Wasserhaushalt eingegriffen (Grundwasser wird entnommen). Jedoch wird das Grundwasser als Betriebswasser (teilweise) einer weiteren Nutzung zugeführt (Mehrfachnutzung). Eine Ableitung in die Strunde kann ggf. im Sommer weitere positive ökologische Effekte mit sich führen. Insgesamt wird Variante 3 in Hinblick auf die Nachhaltigkeit ebenfalls etwas schlechter als Variante 2 bewertet.

- **Umsetzbarkeit**

Es werden klimatische Faktoren, Risiko, Widerstandserwartungen und Genehmigungsfähigkeit bewertet.

- Bei Variante 1 besteht eine Abhängigkeit von klimatischen Faktoren, wie z.B. langen Trockenperioden, die im Zuge des Klimawandels häufiger auftreten und eine Auswirkung auf die Effizienz der Systeme bedeuten. Ein Risiko von Fehlschlüssen oder unsachgemäßer Verwendung des Betriebswassers besteht (Verteilung). Durch die kombinierte Nutzung von Gründächern und Niederschlagswassernutzung können Verfärbungen des Wassers auftreten, welche ggf. zu geringerer Akzeptanz führen. Es besteht ein Melde-, aber keine Genehmigungspflicht.
- Bei Variante 2 können in Abhängigkeit des Verwendungszwecks für die Grauwassernutzung und dem Zusammenschluss von mehreren Wohneinheiten Widerstände der Nutzer auftreten. Bei der Nutzung für die Toilettenspülung wird das Risiko gering eingestuft. Ein Risiko von Fehlschlüssen oder unsachgemäßer Verwendung des Betriebswassers wird etwas höher als bei den anderen Varianteneingeschätzt (Verteilung und Ableitung). Es besteht ein Melde-, aber keine Genehmigungspflicht.
- Variante 3 ist von der gewählten Energievariante und den zusammenhängenden Genehmigungen abhängig. Sollte die energetische Grundwassernutzung ausgeschlossen werden, wird die Umsetzbarkeit der Variante als sehr gering eingestuft. Andernfalls wird hinsichtlich der weiteren Faktoren von einer hohen Umsetzbarkeit ausgegangen.

Ein Risiko von Fehlschlüssen oder unsachgemäßer Verwendung des Betriebswassers besteht (Verteilung). Diesbezüglich ist das Risiko ähnlich wie bei Variante 1 einzustufen.

Die voran geführte Diskussion wird in Tabelle 6-5 mit einer Gewichtung nach einem 5-stufigen Notensystem (1-sehr gut, 2-gut, 3-befriedigend, 4-ausreichend und 5-mangelhaft) zusammenfassend bewertet, wobei das volle Notenspektrum nur dann verwendet wird, wenn dies sinnvoll erscheint. Die zentrale Grundwassernutzungsvariante (Variante 3) wird am besten eingestuft, gefolgt von der Grauwassernutzung (Variante 2) und der Niederschlagswassernutzung (Variante 1), welche identisch bewertet werden. Bei den letzten beiden Varianten können auch Mischformen zum Einsatz kommen.

Tabelle 6-5: Bewertung der Betriebswassernutzungsvarianten

Kriterium	Gewichtung	V 1	V 2	V 3
Wirtschaftlichkeit	20 %	2	3	1
Betrieb	20 %	2	3	1
Nachhaltigkeit	40 %	2	1	2
Umsetzbarkeit	20 %	2	2	2
Gesamtnote		2,0	2,0	1,6

V 1: Niederschlagswassernutzung; V 2: Grauwassernutzung; V 3: Grundwassernutzung

6.3. Niederschlagswasserableitung und -behandlung

6.3.1. Grundlagen blau-grüne Infrastruktur

Ein modernes Regenwassermanagement wird in urbanen Gebieten durch die Folgen des Klimawandel zunehmend wichtiger. Häufiger auftretende Starkregenereignisse und Überschwemmungen führen die bestehende, meist „graue“ kanalnetzgebundene Infrastruktur immer öfter an ihre Belastungsgrenzen. Eine Möglichkeit dem entgegenzuwirken und das Risiko von Starkregengefahren zu reduzieren ist stattdessen der Einsatz von „blau-grüner“ Infrastruktur. Solche Systeme sind in der Lage große Wassermengen in der Oberfläche aufzunehmen und zeitverzögert wieder abzugeben (sog. „Schwammstadtprinzip“). Beim Einsatz blau-grüner Infrastruktur ist das Ziel durch verschiedene naturnahe Maßnahmen den natürlichen Wasserkreislauf anzunähern, was bedeutet das Niederschlagswasser an der Oberfläche zu sammeln, temporär zu speichern und anschließend zu versickern, zu verdunsten oder zeitverzögert abzuleiten (Retention). Unmittelbare Vorteile ergeben sich auch auf die Hitzereduktion durch die Bepflanzung und die entstehende Verdunstungskühlung oder auf die Entstehung von Mikrohabitaten mit erhöhter Biodiversität.

Weitere positive Effekte, die sich durch die Versickerung des Niederschlagswassers ergeben sind die Anreicherung des Grundwassers und Reinigung des Regenwassers. Um die gewünschten Effekte zur Starkregenrisikoreduktion zu erzielen, bedarf es jedoch auch regelmäßiger Pflege- und Instandhaltungsmaßnahmen (z.B. Reinigung der Zuläufe und Freihaltung von Bewuchs).

Nach DWA-M 153:2020 wird unter der Regenwasserbehandlung jeder natürliche oder künstlich herbeigeführte Vorgang verstanden, der eine Verminderung der stofflichen Belastung bewirkt. Dazu zählen:

- Bodenpassagen,
- Filteranlagen,
- Sedimentationsanlagen und
- chemisch-physikalische Verfahren.

Bei Bodenpassagen ist die Versickerung über bewachsenen Oberboden zu bevorzugen. Ein Mindestabstand von 1 m des Grundwassers von der Fläche durch die versickert wird, sichert die Nutzung des Bodens als Filter zur Regenwasserbehandlung. Eine Filteranlage entfernt im einfachsten Fall partikuläre Stoffe, kann aber auch durch Filteranpassungen zusätzlich gelöste Stoffe entfernen (Bodenfilter). Eine vorgeschaltete Sedimentationsanlage zur Entfernung von absetzbaren Stoffen und Leichtstoffen ist bei Filteranlagen erforderlich. Zu den Sedimentationsanlagen gehören Regenklärbecken, Teiche, hydrodynamische Abscheider, Absetzanlagen und Leichtstoffabscheider. Zur Niederschlagswasserbehandlung mit chemisch-physikalischen Verfahren zählen die Fällung und Flockung, wodurch gelöste und feinputikuläre Stoffe mittels Sedimentation, Flotation und Filtration abgeschieden werden können.

Im Hinblick auf die zukünftige Regenwasserbehandlung des Zanders-Areals sind die behandlungsbedürftigen Abflüsse von Metalldächern der zu erhaltenden Bestandsgebäude, sowie Verkehrsflächen zu berücksichtigen. Abbildung 6-10 links zeigt die Flächenkategorisierung nach den Herkunftsbereichen nach Trennerlass gemäß dem RdErl. d. MUNLV NRW v. 26.05.2004 aus dem vorliegenden Bericht von Hydrotec [2021]. Flächen der Kategorie IIb (schwach belastet, behandlungsbedürftig) und der Kategorie III (stark belastet) gelten als behandlungsbedürftig.

Da in der zukünftigen Entwicklung des Areals eine Verkehrsberuhigung vorgesehen ist, reduzieren sich die behandlungsbedürftigen Flächen auf die beiden Quer- und Längsachsen, sowie die Zufahrten zu den vier Mobilitätshubs. Auch werden einige der bestehenden Metalldächer entfernt. In einer ersten Schätzung verbleiben 1,55 ha an Flächen der Kategorie IIb und 0,37 ha der Kategorie III. Die verbleibende Restfläche wird als nicht behandlungsbedürftig eingestuft (siehe Abbildung 6-10 rechts).

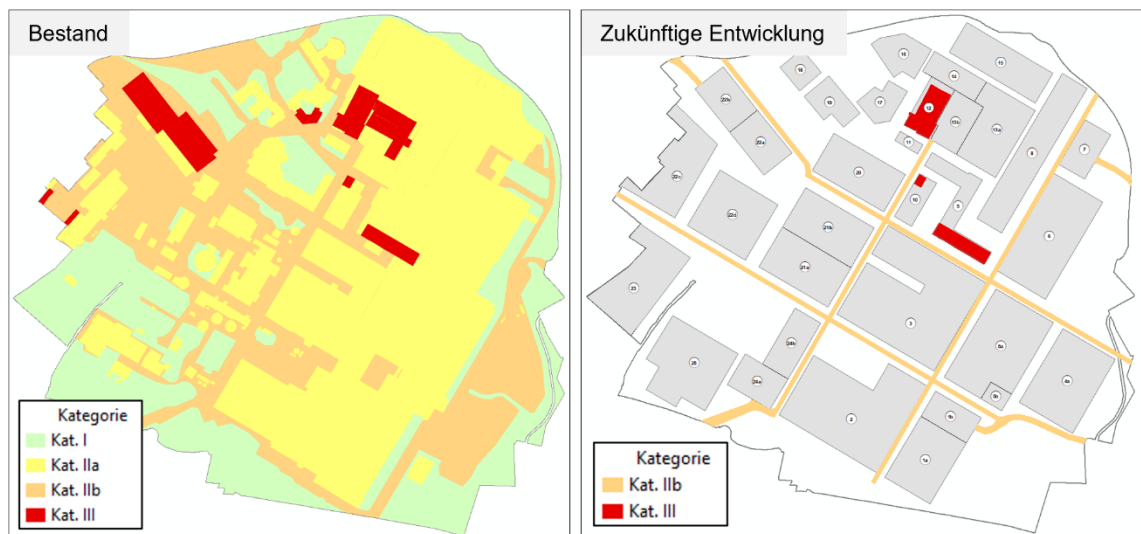


Abbildung 6-10: Herkunftsgebiete Niederschlagswasser nach Trennerlass, Kartengrundlage: [Hydrotec, (2021)]

Auf dem Zanders-Areal soll das Niederschlagswasser möglichst dezentral, d.h. an der Stelle des Niederschlagswasseranfalls, bewirtschaftet werden. Aufgrund der Vielzahl von Einzelmaßnahmen, die zur blau-grünen Infrastruktur zählen, werden in weiterer Folge ausgewählte Maßnahmen beschrieben und bewertet.

6.3.2. Variante 1 – Gründächer mit nachfolgender Oberflächenableitung

Gründächer können je nach Aufbau in verschiedene Kategorien unterteilt werden und entweder intensiv oder extensiv bewirtschaftet werden. Extensive Gründächer bestehen im Unterschied zu intensiven Gründächern aus einer dünneren Substratschicht (etwa 5 bis 15 cm) und können damit weniger Regenwasser speichern. Der Aufbau von extensiv begrünter Flächen ist einfach und der Pflegeaufwand gering. Als Bepflanzung kommen niedrigwüchsige und unempfindliche Pflanzen (z.B. Sedum, Sukkulente, Kräuter und Moose) zum Einsatz, die nicht bewässert werden müssen. Das Gewicht beträgt etwa 50 bis 170 kg/m² [Optigrün (2023)].



Abbildung 6-11: Kombination der Dachnutzung aus Photovoltaik und extensivem Gründach aus [Solarenergie.de (2023)] – links und [Optigrün (2023)] – rechts

Ein besonderer Vorteil von extensiven Gründächern liegt in der kombinierbaren Nutzung mit Photovoltaik (PV)- und Solaranlagen (siehe Abbildung 6-11). Studien belegen durch die Pflanzenkühlung eine Leistungssteigerung der PV-Anlagen von bis zu 4 %. Außerdem bindet das Gründach Staub, bewirkt eine lange Haltbarkeit der Dacheindeckung und sorgt für einen abwechslungsreichen Lebensraum durch Licht-, Schatten- und Feuchtigkeitswechsel [Solarenergie.de (2023)].

Intensive Dachbegrünungen sind durch höhere Substratstärken (etwa 25 bis 100 cm) gekennzeichnet und mit Dachgärten vergleichbar. Die Begrünung bedarf einer regelmäßigen Pflege. Als Bepflanzung kommen Stauden, Rasenflächen und Bäume zum Einsatz. Das Gewicht beträgt etwa 300 bis 1.200 kg/m³ [Optigrün (2023)]. An dieser Stelle sei erwähnt, dass es viele Abwandlungen und herstellenspezifische Bezeichnungen von Gründächern gibt.

Die mittleren Abflussbeiwerte ψ_m der Gründächer variieren je nach Aufbau und Dachneigung zwischen 0,1 und 0,4. Die Spitzenabflussbeiwerte ψ_s liegen im Bereich 0,2 und 0,7 [DWA-A 138-1:2020]. Bei speziellen Systemlösungen, wie z.B. Retentionsdächern, können diese Werte noch deutlich verringert werden, z.B. auf $\psi_s = 0,1$ [Optigrün (2023)]. Retentionsdachsysteme verzögern durch installierte Mäander- und Wasserrückhalteelemente den Niederschlagsabfluss zusätzlich und können sowohl für extensive als auch für intensive Dachbegrünungen eingesetzt werden (siehe Abbildung 6-12, links).



Abbildung 6-12: Wasserrückhalteelement beim Retentionsdach [Optigrün (2023)] – links und Oberflächenableitung des Dachabflusses [Sieker (2023)] – rechts

Die Ableitung des verzögerten Dachabflusses sowie die Notentwässerung erfolgen bei der Variante 1 an der Oberfläche über offene Rinnen und Gräben (Abbildung 6-12, rechts) bis zur nächsten Einleitstelle (z.B. Sammelkanal, Versickerungsanlage, offener Wasserweg oder Gewässer). Weitere Details zur generellen Niederschlagswasserableitung auf dem Zanders-Areal folgen in Abschnitt 6.3.5 und 6.3.6. Hinsichtlich der stofflichen Belastung können die sanierten und neuen Dachflächen der Kategorie I (unbelastet) zugeordnet werden und bedürfen somit keiner zusätzlichen Behandlung.

Die Dachflächennutzung des zukünftigen Zanders-Areals ist über die Beschreibung der 12 Referenzgebäudetypen definiert und in die Flächenkategorien PV, Solarthermie, Technik, (intensives) Gründach und Terrasse unterteilt. Extensive Gründachflächen sind unterhalb der PV-Module und der Solarthermieanlagen vorgesehen, mit der Ausnahme der Satteldachflächen der Bestandsgebäude. In Abstimmung mit der Projektgruppe Zanders-Areal und dem Büro Happold wurde in Abhängigkeit der zukünftig gewählten Energievariante (zentral oder dezentral) eine Dachnutzung festgelegt, welche durch die unterschiedliche Notwendigkeit von Technikflächen auf den Dächern auch eine unmittelbare Auswirkung auf die verfügbaren Gründachflächen zur Folge hat. Auf dem Zanders-Areal sind extensive Gründächer in Kombination mit Photovoltaik- und Solaranlagen ähnlich Abbildung 6-11 vorgesehen. Intensive Gründächer sind in der Umgebung von begehbaren Dachterrassen vorgesehen [Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)]. Somit ergibt sich eine Gesamtfläche an extensiver Dachbegrünung von 55.611 bzw. 39.247 m² und eine Gesamtfläche an intensiver Dachbegrünung von 13.685 bzw. 12.767 m² (siehe Abbildung 6-13). Die undurchlässigen Dachflächen beziehen sich auf die Technikflächen sowie die Satteldächer (Harddächer) der zu erhaltenden Bestandsgebäude.

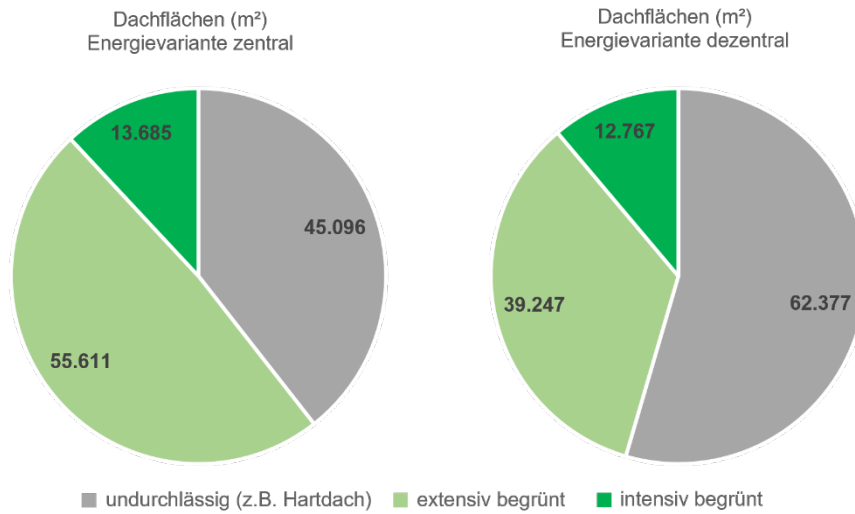


Abbildung 6-13: Dachflächennutzung bei zentraler und dezentraler Energievariante

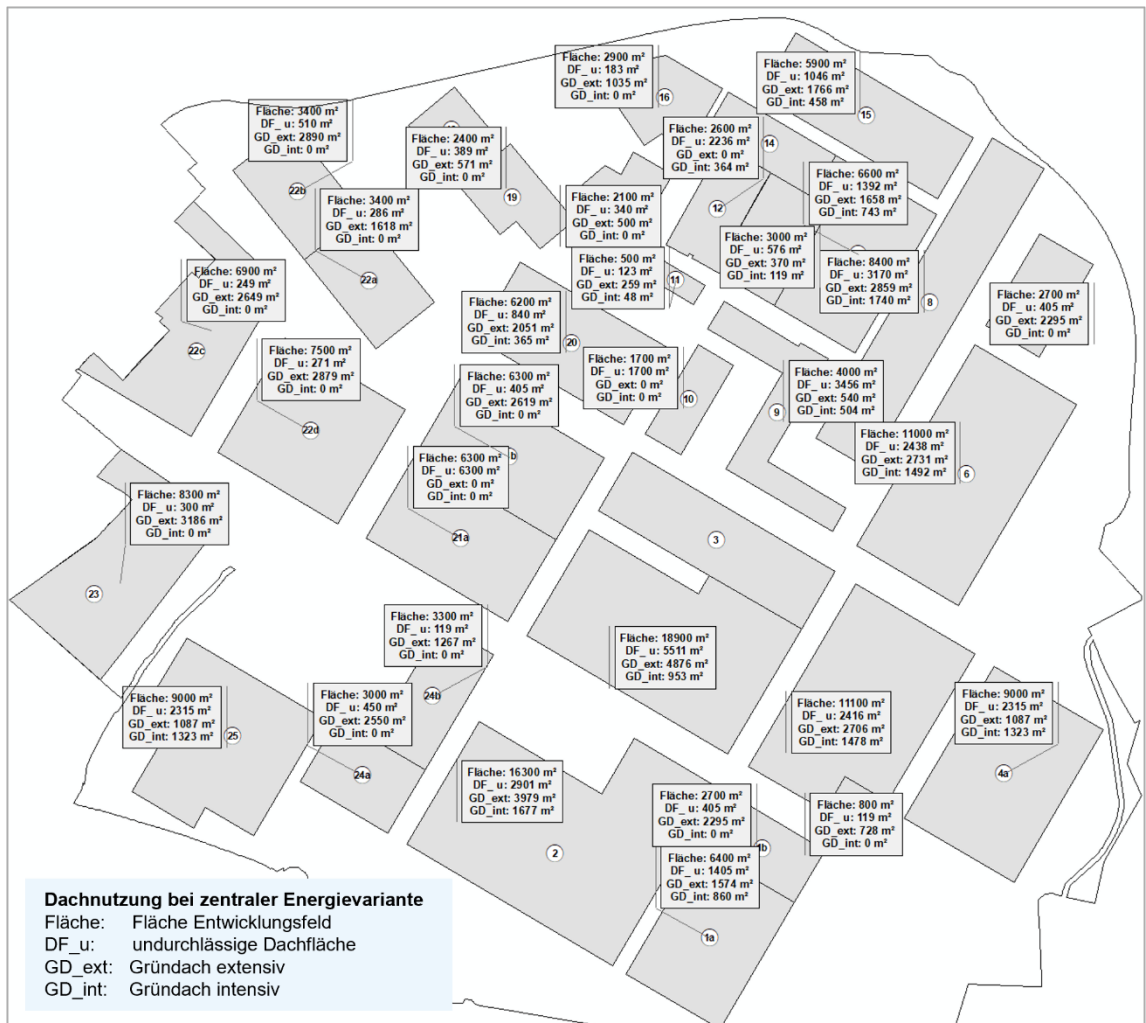


Abbildung 6-14: Aufteilung der Dachflächennutzung bei einer zentralen Energievariante

Abbildung 6-14 und Abbildung 6-15 zeigen die räumliche Dachflächenverteilung nach den Entwicklungsfeldern für eine zentrale bzw. eine dezentrale Energievariante.

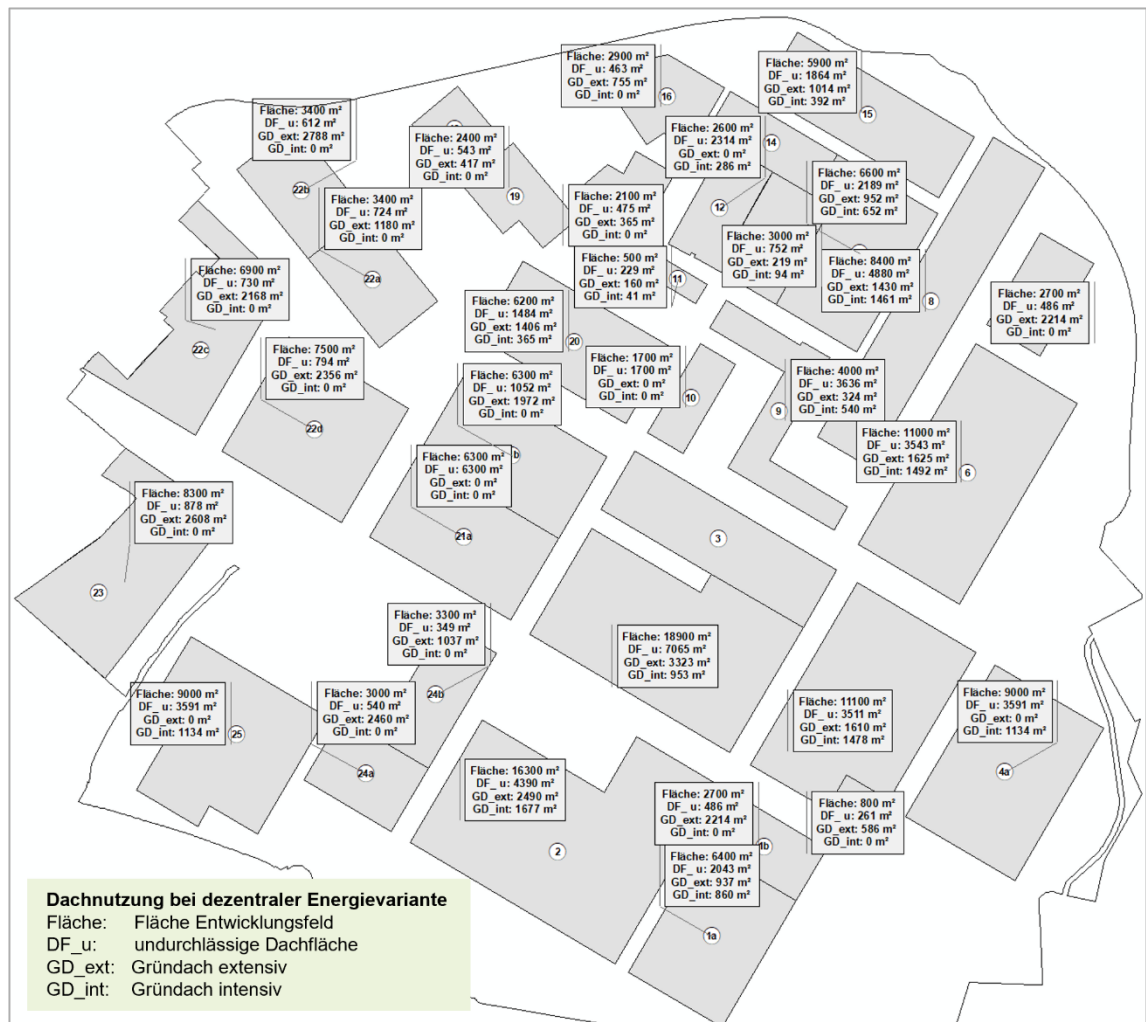


Abbildung 6-15: Aufteilung der Dachflächennutzung bei einer dezentralen Energievariante

Gründächer bieten einen dezentralen Wasserrückhalt nach dem Prinzip der Schwammstadt und sind unabhängig der Altlasten- und Grundwassersituation auf dem Zanders-Areal umsetzbar. Für den Ab- und Überlauf ist ein Regenwasserkanalanschluss nicht zwingend notwendig. Gründächer leisten zudem einen wirksamen Beitrag zur Stadte Kühlung und Erhöhung der Biodiversität bei. Größere Dachneigungen schließen den Einsatz von Gründächern aus. Bei der Kombination von Gründächern und Niederschlagswassernutzung kann es zu Einschränkungen kommen (siehe Kapitel 6.2.1)

6.3.3. Variante 2 – Versickerungsanlagen

Das Niederschlagswasser kann gezielt über dafür vorgesehene Flächen über den Boden versickert werden. Die Rückführung des Wassers in den natürlichen Wasserkreislauf möglichst nahe am Ort des Anfalls ist unter ökologischen, wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Gesichtspunkten vorteilhaft. Im urbanen Raum lassen sich Versickerungsanlagen, z.B. als Grünanlage, multifunktional nutzen. Die ungesättigte Bodenschicht bietet eine Schutzfunktion für das darunter befindliche Grundwasser wo Vorgänge wie Filtration, Adsorption, Ionenaustausch, Fällung und biologischer Abbau stattfinden. In der bewachsenen Bodenzone sind diese Prozesse am intensivsten. Der Boden wird Teil der technischen Versickerungsanlage und als Schadstoffsенке genutzt. Daher gelten Anforderungen an Betrieb, Wartung, Überwachung und fachgerechte Entsorgung. Ob durch die Versickerung eine Gefährdung für das Grundwasser vorliegt, kann nach der Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung [BBodSchV (1999)] bewertet werden.

Für eine Ersteinschätzung, ob eine Versickerung von Niederschlagswasser grundsätzlich möglich ist, sind die folgenden wesentlichen Kriterien zu berücksichtigen [DWA-A 138-1:2020 (Entwurf)]:

- Grundwasserflurabstand
- Bodenbelastungen
- Wasserschutzgebiete
- Beschaffenheit des Untergrunds
- Hangneigung
- Abstand zu Gebäuden

Versickerungsanlagen können in zentrale und dezentrale Systeme unterteilt werden. Erstere bezeichnen Anlagen welche Niederschlagsabflüsse mehrerer Grundstücke versickern. Letztere beziehen sich auf Anlagen in unmittelbarer Nähe zu den entwässerten Flächen. Eine weitere Unterteilung kann nach dem Aufbau und der technischen Funktionsweise der Systeme erfolgen:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolenversickerung
- Mulden-Rigolen-Element
- Mulden-Rigolen-System
- Versickerungsschacht
- Versickerungsbecken

Mit Ausnahme der Flächenversickerung haben alle Versickerungsanlagen eine Speicherfunktion. Bei Versickerungsmulden sollte ein maximaler Wasserstand von 30 cm nicht überschritten werden. Die Entleerungszeit soll weniger als 84 h betragen [DWA-A 138.1:2020 (Entwurf)]. Bestimmte

Versickerungssysteme können mit einer gedrosselten Ableitungsmöglichkeit ausgestattet werden und somit bei geringer Versickerungsfähigkeit des Untergrunds zum Einsatz kommen (z.B. Mulden-Rigolen-Systeme, Versickerungsbecken). Systeme, die nicht über die bewachsenen Bodenzone versickern, benötigen i.d.R. eine Vorbehandlung (z.B. Rigolenversickerung, Versickerungsschacht).

Anschließend werden zwei Versickerungssysteme näher vorgestellt die auf dem Zanders-Areal eingesetzt werden können, sofern die genannten Voraussetzungen dafür erfüllt werden. Mulden-Rigolen-Systeme benötigen durch ihren großen unterirdischen Speicherraum im Vergleich zu einfachen Muldenversickerungen einen geringeren Platzbedarf und sind deshalb gut im dichtbesiedelten Gebiet einsetzbar. Sie können auch bei schlechten Versickerungsverhältnissen eingebaut werden, denn das Wasser kann über eine Drossel in ein nachfolgendes System abgeleitet werden. Baumrigolen werden hingegen häufig parallel zu Straßen- und Wegen eingesetzt und kombinieren mehrere Vorteile (Versickerung, Bewässerung, und Hitzereduktion) in einem System. Abbildung 6-16 veranschaulicht den Aufbau eines Mulden-Rigolen-System (MRS). Ein MRS stellt eine Kombination aus Versickerung, Speicherung und Ableitung dar.

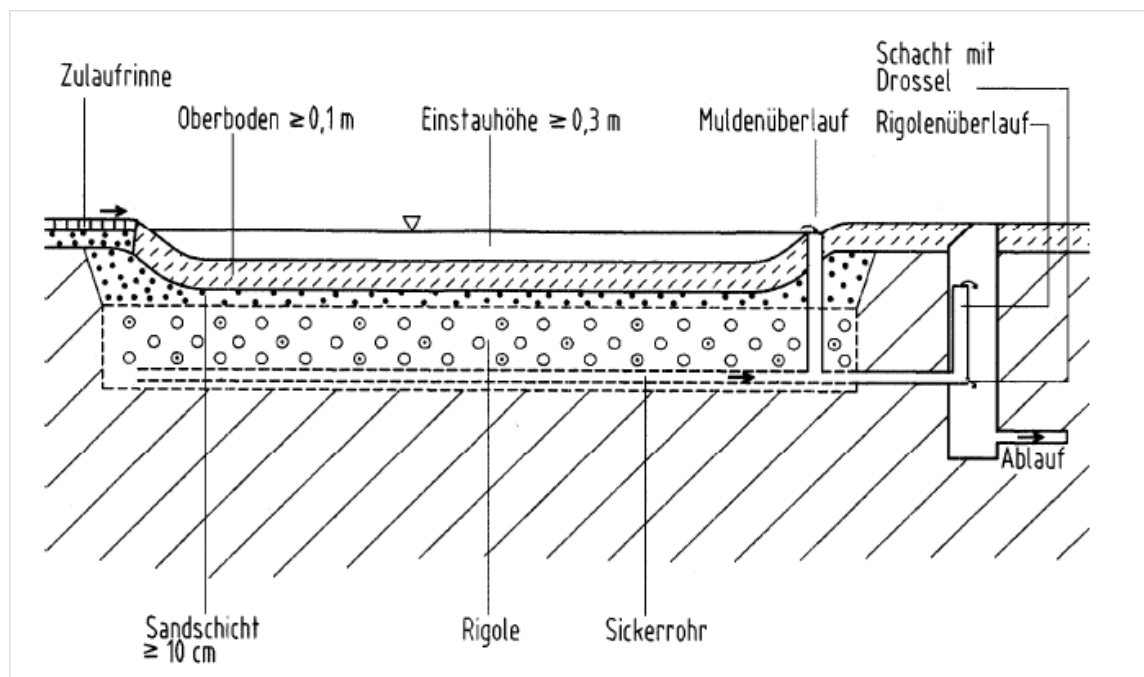


Abbildung 6-16: Mulden-Rigolen-System mit Überlauf aus [DWA-A 138:2005]

Das System besteht aus zwei Speichern, der oberirdischen Mulde und der unterirdischen Rigole. Die beiden Speicher sind über einen Überlauf miteinander verbunden. Es können auch mehrere dezentrale MRS zu einem zentralen System vernetzt werden. Bei einem Regenwasserzulauf über die Zulaufrinne erfolgt zunächst eine Versickerung über die Mulde. Der künstlich eingebrachte und bewachsene Oberboden, der die Grundlage für die Versickerung darstellt, weist eine Dicke

von mindestens 10 cm und eine Versickerungsfähigkeit von mindestens 1×10^{-5} m/s auf. Die Versickerung erfolgt in die darunterliegende Rigole (z.B. Kiesschicht der Körnung 16/32). Die Rigole ist mit einem Geotextil bzw. Filterfließ ummantelt, um vor Verschlammung der Rigole zu schützen. Zwischen der Muldensohle und der Rigole ist eine Schutzschicht (Kiessand) angeordnet. Ab einer maximalen Einstauhöhe der Mulde von z.B. 30 cm erfolgt eine direkte Ableitung in die Rigole über den Muldenüberlauf. In der Rigole ist ein Sickerrohr/Drainagerohr verlegt, das für eine gleichmäßige Beschickung der Rigole sorgt und den Mulden- und Rigolenüberlauf verbindet. Sind beide Speicher ausgelastet, erfolgt ein gedrosselter Ablauf über den Rigolenüberlauf. Zur Sicherung einer dauerhaften Funktionalität sind regelmäßige Unterhaltungsmaßnahmen an den Versickerungsanlagen durchzuführen. Eine ausreichende Zugänglichkeit ist vorzusehen.

Baumrigolen stellen eine Sonderform der Rigolenversickerung dar (siehe Abbildung 6-17). Sie kombinieren Bäume mit Versickerungsanlagen und können damit den Baum über die unterirdische Rigole auch bei Trockenwetter mit Wasser versorgen. Bei Regenwetter wird überschüssiges Sickerwasser in eine umgebende Kiesschicht eingeleitet und versickert. Die wasserwirtschaftlichen Vorteile liegen in der Reduktion des Oberflächenabflusses und in der Erhöhung der Verdunstungs- und Versickerungsleistung. Weitere Vorteile liegen in der Verschattung, wodurch sich versiegelte Flächen weniger stark aufheizen, sowie in der Verbesserung der Luft- und Wasserqualität und der Biodiversität. Baumrigolen kommen vor allem in stark urbanisierten Bereichen zum Einsatz. Bei hohen stofflichen Belastungen der angeschlossenen Flächen ergeben sich jedoch Einschränkungen [LfU (2023a)].

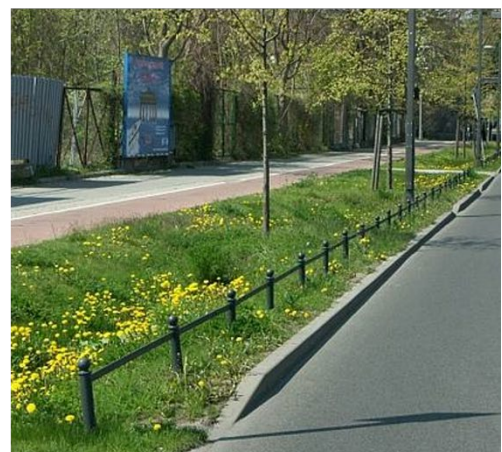
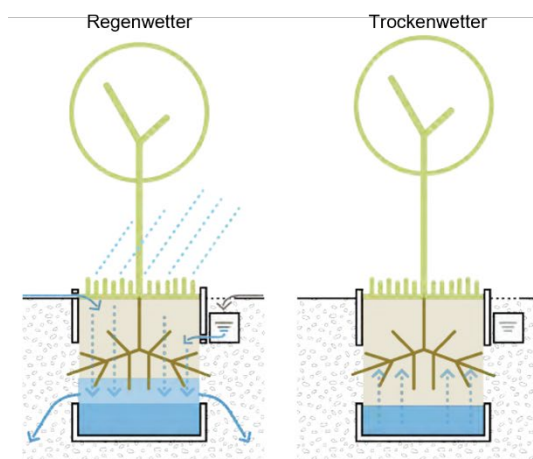


Abbildung 6-17: Baumrigolen nach [LfU (2023a)] – links und [Sieker (2023)] – rechts

Generell zählen die verschiedenen Arten von Versickerungsanlagen zu den zentralen Bausteinen der blau-grünen Infrastruktur und damit zur Umsetzung des „Schwammstadt-Prinzips“. Die Ersteinschätzung für eine flächendeckende Umsetzung von Versickerungsanlagen auf dem Zanders-Areal ergibt Einschränkungen aufgrund des hohen Grundwasserspiegels (siehe Kapitel 3.5.2) und

der vorhandenen Altlasten (siehe Kapitel 3.5.3). Der Abstand der Sohle der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand sollte über einen Meter betragen. Bodenbelastungen können entweder zum Ausschluss oder zu spezifischen Anforderungen an die bauliche Ausführung der Versickerungsanlage führen und es ist ein horizontaler Mindestabstand einzuhalten, der im Einzelfall festzulegen ist [DWA-A 138-1:2020 (Entwurf)].

Abschließende Aussagen über die räumlichen Einschränkungen von Versickerungsanlagen können aufgrund der punktuellen Auswertungen nicht getroffen werden und müssen weiter untersucht werden.

6.3.4. Variante 3 – Retentionsanlagen und -räume

Das Hauptziel von Retentionsanlagen und -räumen im urbanen Raum ist die Reduktion der Spitzenabflüsse, um den Schutz der Gewässer vor hydraulischen Stößen und den Überflutungsschutz tiefer gelegener Flächen zu erhöhen. Weitere Ziele umfassen Nutzungsmöglichkeiten als Bewässerungsvorrat, als Aquakultur, als Löschteich oder als Biotop. Retentionsanlagen können entweder permanent oder temporär teilgefüllt sein und sind mit einer Versickerung kombinierbar, i.d.R. jedoch undurchlässig. Das Niederschlagswasser wird in dafür vorgesehene Speicher geleitet, dort temporär gespeichert und zeitverzögert in das Kanalnetz oder das Oberflächengewässer eingeleitet. Retentionsbecken, Retentionsräume in Form von Feuchtbiotopen oder Teichen stellen Beispiele zentraler Anlagen mit großem Speichervolumen dar. Sie werden häufig zur Minderung von Hochwasser- und Starkregengefahren vorgesehen. Als Beispiel für dezentrale Anlagen seien die wesentlich kleineren Retentionszisternen genannt, die den Niederschlagsabfluss einzelner Grundstücke zwischenspeichern, und somit mehr Kapazität in der Kanalisation schaffen (siehe Abbildung 6-18).



Abbildung 6-18: Dezentrale und zentrale Retentionsanlage aus [Graf (2023)] – links und [Hamburg Wasser (2023)] – rechts

Auf dem Zanders-Areal kann im Bereich der ehemaligen Betriebskläranlage ein Aquapark entstehen, wo die vorhandenen Speichervolumina der Kläranlage u.a. als Retentionsbecken für Niederschlagswasser umgenutzt werden sollen (siehe Kapitel 2.2.1). Sollte die Regenwasserversickerung auf dem Zanders-Areal nicht oder nur eingeschränkt möglich sein (siehe Abschnitt 6.3.3), stellen Retentionsanlagen eine mögliche Alternative dar, da die Infiltration in den Boden verhindert wird.

Retentionsbodenfilter zählen zu den Retentionsanlagen und sind leistungsfähige Instrumente zur Behandlung von hochbelastetem Niederschlagsabflüssen (Kategorie III). Die Behandlung erfolgt zweistufig, in einer Vorstufe (Grobstoffrückhalt) und einem abgedichtetem, gedrosselt betriebenen, vertikal durchströmten und mit Schilf bepflanzten Retentionsbodenfilterbecken (siehe Abbildung 6-19). Als Vorstufe können beispielsweise Regenklärbecken dienen, die nicht an die Schmutzwasserkanalisation angeschlossen sind (siehe Kapitel 4.2.1). Sie werden meist zur Behandlung stark verschmutzter Niederschlagsabflüsse (z.B. stark befahrene Verkehrsflächen, Industrie- und Gewerbegebiete) eingesetzt. Das Dränsystem muss zur Kontrolle mit Kamera, Spülgerät und Schneidgerät befahrbar sein. Die Abdichtung muss mit Kunststoffdichtungsbahnen ausgeführt werden [DWA-A 178:2019].

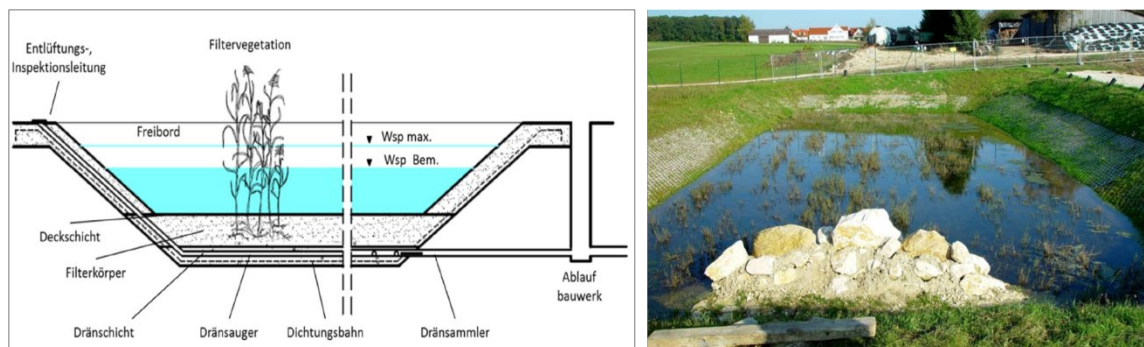


Abbildung 6-19: Retentionsbodenfilter nach [DWA-A 178:2019] - links und [LfU (2023b)] - rechts

Auf dem Zanders-Areal ist aufgrund der Geländetopographie und der vorhandenen Infrastruktur der Bereich der ehemaligen Betriebskläranlagen für den Bau von Retentionsanlagen günstig. Die bestehenden „grauen“ Becken sind mit „grünen“ Elementen kombinierbar, müssen dafür aber umgebaut werden. Durch den Einsatz von Bepflanzung kann neben der Retention auch eine Reinigung des Niederschlagswassers erfolgen. Ebenso wird das Mikroklima verbessert und die Biodiversität gesteigert. Generell ist auch eine multifunktionale Nutzung der Retentionsanlage denkbar. Bezüglich des hohen Grundwasserspiegels und der Altlasten ergeben sich durch die Verhinderung der Versickerung nur geringe Einschränkungen. Gegebenenfalls kann eine Sicherung der Becken gegen Auftrieb erforderlich werden. Aus städtebaulicher Hinsicht bleibt durch die Umfunktionierung der Becken ein Stück Industriegeschichte erhalten.

6.3.5. Variante 4 – Ableitung über Regenkanalisation

6.3.5.1. Variante 4.1: Ableitung über die Bestandskanäle

Bei dieser Variante wird eine Weiternutzung der bestehenden Regenkanalisation untersucht. Aufgrund der Entwicklungsfelder und der zukünftigen Bebauung ergeben sich Überschneidungen, sodass sich die zukünftige Nutzung auf Teile des bestehenden Netzes beschränkt. Neue Regenwasserkanäle sind nicht vorgesehen. Hier ist eine Kombination aus offener Ableitung (Entwicklungsfelder) und der Ableitung über Bestandskanäle (Infrastrukturfelder) denkbar. Unter Umständen ist auch eine Niederschlagswassereinleitung in die offengelegte Strunde denkbar (siehe Kapitel 6.6). Dies ist vom gewählten Verlauf des Strunde-Niedrigwasserprofils, der Geländeneigung, und den Einleitbedingungen abhängig. Bei dieser Variante sind eventuelle Kollisionspunkte mit der Schmutzwasserkanalisation und der Offenlegung der Strunde zu überprüfen. Im Speziellen ist auf die Niederschlagsentwässerung des Verwaltungsbereichs zu achten, der sich in einer Geländesenke befindet (siehe Kapitel 3.3.2) und eine erhöhte Starkregengefahr aufweist (siehe Kapitel 3.4.3).

Der Vorteil einer Niederschlagswasserableitung über den Kanal ist die Teilnutzung eines bestehenden Systems. Geländevariationen können über das Kanalgefälle besser ausgeglichen werden (jedoch über die Einbautiefen der Kanäle limitiert) als durch offene Gräben, welche ggf. tiefe Geländeeinschnitte erfordern. Für das Zanders-Areal können sich durch die fixen Höhenlagen der Kanäle Einschränkungen an Retentionsmöglichkeiten ergeben. Zudem ist der Zustand des bestehenden Kanalsystems unbekannt.

6.3.5.2. Variante 4.2: Ableitung über neu gebaute Regenwasserkanäle

Im Unterschied zu Variante 4.1 werden bei Variante 4.2 neue Regenwasserkanäle gebaut. Dies kann aus Gründen des schlechten Zustands der Bestandskanäle oder der Höhenlagen und ggf. Kollisionspunkten mit anderen Infrastrukturnetzen erforderlich sein.

Ein Vorteil gegenüber Variante 4.1 ist die Anpassung der Höhenlagen, sodass vorhandene Retentionsspeicher im Freispiegelgefälle in das Entwässerungssystem integriert werden können. Nachteile der Niederschlagswasserableitung über die Regenkanalisation sind höhere Abflussspitzen, die durch hohe Fließgeschwindigkeiten in den Kanälen hervorgerufen werden, die geringe Flexibilität durch die hohe Lebensdauer und der hohe CO₂-Fußabdruck.

6.3.6. Variante 5 – Ableitung an der Oberfläche

Nach dem Schwammstadtprinzip ist eine naturnahe Ableitung des Niederschlagswassers an der Oberfläche anzustreben. Die Ableitung kann über offene Gräben oder Rinnen erfolgen (siehe Abbildung 6-20). Bei einer naturnahen Ableitung sind regelmäßige Instandhaltungsarbeiten erforderlich. Auf dem Zanders-Areal sind örtliche Einschränkungen zur Versickerung hinsichtlich der vorhandenen Altlasten erwartbar. Aus diesem Grund können versiegelte oder undurchlässige Ableitungsmöglichkeiten notwendig sein.

Aus hydraulischer Sicht werden durch die höheren Rauheiten die Abflussspitzen gedämpft. Die Abflusswege sind stark von der zukünftigen Geländetopographie des Zanders-Areals anhängig. Vertiefungen im Fließverlauf können nur durch Auffüllung oder tiefere Geländeeinschnitte im nachfolgenden Verlauf ausgeglichen werden. Dies ist bei der Planung der offenen Wasserwege zu berücksichtigen. Die in dieser Studie durchgeführten Untersuchungen zu den Fließwegen and der Oberfläche basieren auf dem DGM1, welches den Bestandszustand abbildet (siehe Kapitel 3.3.2).



Abbildung 6-20: Offene Wasserwege aus [StEB Köln (2023)] – links und [Sieker (2023)] – rechts

Erfolgt die Niederschlagswasserableitung an der Oberfläche, so ist der Verlauf der offengelegten Strunde mitzubedenken. Grundsätzlich sind auch kombinierte Systeme von Kanalableitung und offener Ableitung für das Zanders-Areal denkbar.

6.3.7. Variantendiskussion und Bewertung

Entwässerungssysteme in Stadtzentren sollten so ausgelegt werden, dass eine Überflutung im statistischen Mittel nur 1-mal in 30 Jahren vorkommt. Für die Bemessung der Regenwasserkanal-

lisation bei Neuplanungen wird ein Nachweis der Überstauhäufigkeit von 1-mal in 5 Jahren gefordert. Das bedeutet, dass bei einer Überlastung des Kanalnetzes eine schadfreie Ableitung an der Oberfläche, z.B. über Notwasserwege im Straßenprofil, erfolgen soll.

Zur ersten vereinfachten Abschätzung des Niederschlagsabflusses auf dem Zanders-Areal werden die örtlichen Niederschlagsverhältnisse analysiert (siehe Kapitel 3.4.1) und eine differenzierte Flächenermittlung durchgeführt (siehe Abbildung 6-21). Für die Teilflächen werden die mittlere Abflussbeiwerte nach DWA-A 138-1:2020 abgeschätzt und für die Abflussabschätzung herangezogen. Aufgrund der eingeschränkten Gültigkeit von Spitzenabflussbeiwerten nach DWA-A 118:2006 (z.B. Fließweglänge bis max. 70 m) und der flachen Geländetopographie des Zanders-Areals werden die etwas geringeren mittleren Abflussbeiwerte verwendet. Für detaillierte Berechnungen und Dimensionierung der Niederschlagswasserableitung ist ein Niederschlags-Abfluss-Modell zu erstellen und anzuwenden.

In Abbildung 6-21 ist die Flächenaufteilung des zukünftigen Zanders-Areals zum derzeitigen Projektstand dargestellt. Mit den Teilflächen und den Abflussbeiwerten können für verschiedene Modellregen die Niederschlagsabflüsse abgeschätzt werden. Die Aufteilung der Dachflächen wird an die Energievariante angepasst und der Abflussbeiwert von Retentionsdächern herabgesetzt.

360.000 m ² Zanders Areal						
186.500 m ² Entwicklungsfelder				173.500 m ² Infrastrukturfelder		
114.391 m ² Dachflächen			56.780 m ² unbebaut	69.525 m ² Erschließung	86.646 m ² Grünflächen	
45.096 m ² Harddach $\psi = 0,9$	55.611 m ² Extensives Gründach $\psi = 0,3$ bzw. $0,05^*$	13.685 m ² Intensives Gründach ¹	15.329 m ² Erschließung ²	Grünflächen $\psi = 0,1$	Wege, Straßen $\psi = 0,8$	Parkflächen, blau-grüne Infrastruktur $\psi = 0,1$
						17.329 m ² Energiegewinnung ³

Energievariante zentral: ¹ $\psi = 0,1$ bzw. $0,05^*$ ² $\psi = 0,6$ ³ $\psi = 0,8$ * Retentionsdach

Abbildung 6-21: Flächenaufteilung und Annahmen der Abflussbeiwerte

Abbildung 6-22 zeigt die berechneten Niederschlagsabflüsse für das gesamte Zanders-Areal für einen 5-jährigen Modellregen mit Fließzeiten von 15 und 30 Minuten und in Abhängigkeit der Energievariante (zentral oder dezentral). Zusätzlich ist die Auswirkung konventioneller Gründachaufbauten mit jenen von Retentionsdächern gegenübergestellt. Die maximale Fließzeit bestimmt die maßgebende Dauerstufe des Modellregens. Höhere Fließzeiten werden durch höhere Oberflächenrauheiten erzielt. Dies wird beispielsweise durch eine offene Ableitung in bewachsenen

Gräben erzielt. Durch den höheren Anteil an undurchlässigen Dachflächen bei einer dezentralen Energievariante sind höhere Abflüsse zu erwarten. Dieser Effekt kann durch den Einsatz von Retentionsdächern im Vergleich zu einer zentralen Energievariante mit konventionellen Gründächern kompensiert werden. Zum Vergleich beträgt der maximal berechnete Spitzenabfluss des Areals im Prognosezustand aus den vorliegenden Ergebnissen einer Langzeitsimulation (18 Jahre) 3,35 m³/s [Hydrotec (2021)].

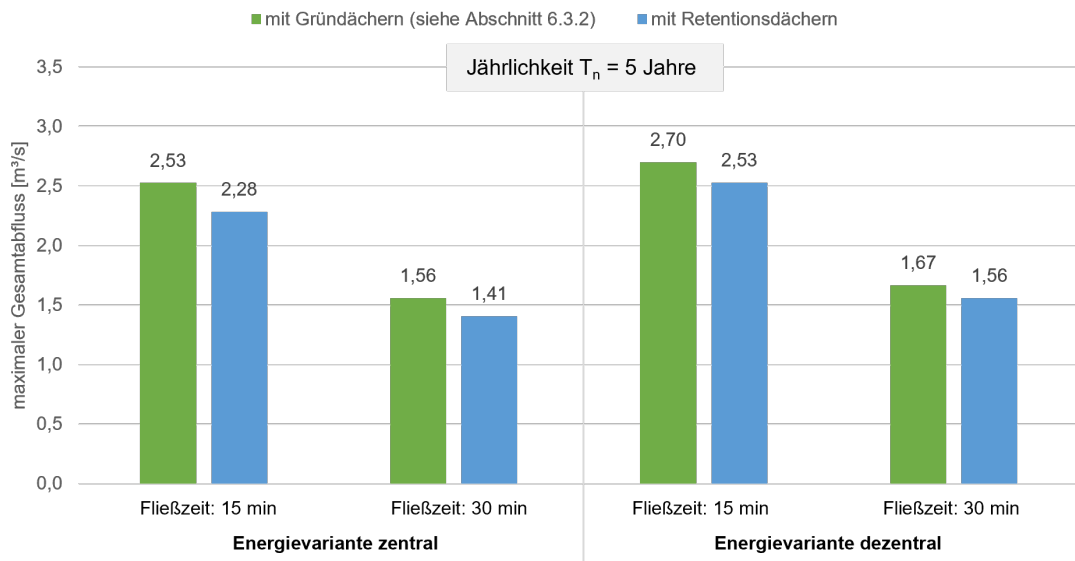


Abbildung 6-22: Abschätzung maximaler Gesamtabfluss – Zanders-Areal

Der Niederschlagsabfluss aus dem Zanders-Areal soll in die Strunde eingeleitet werden. Um die hydraulische Belastung der Strunde zu reduzieren, sind Retentionsspeicher oder -räume erforderlich (siehe Abschnitt 6.3.4). Die Speicherbemessung wird nach dem Arbeitsblatt DWA-A 117:2013 für den gesamten Niederschlagsabfluss des Zanders-Areals vorgenommen (siehe Abbildung 6-23). Die maximale Einleitmenge in die Strunde wird über eine Regenabflussspende von 10 l/(s·ha_{red}) festgelegt und liegt, je nach Untersuchungsfall, zwischen 137 l/s und 162 l/s. Damit liegt der gedrosselte Abfluss auch unterhalb der maximalen Einleitmenge „HQ₂ Prognose“ von 234 l/s [Hydrotec, 2021].

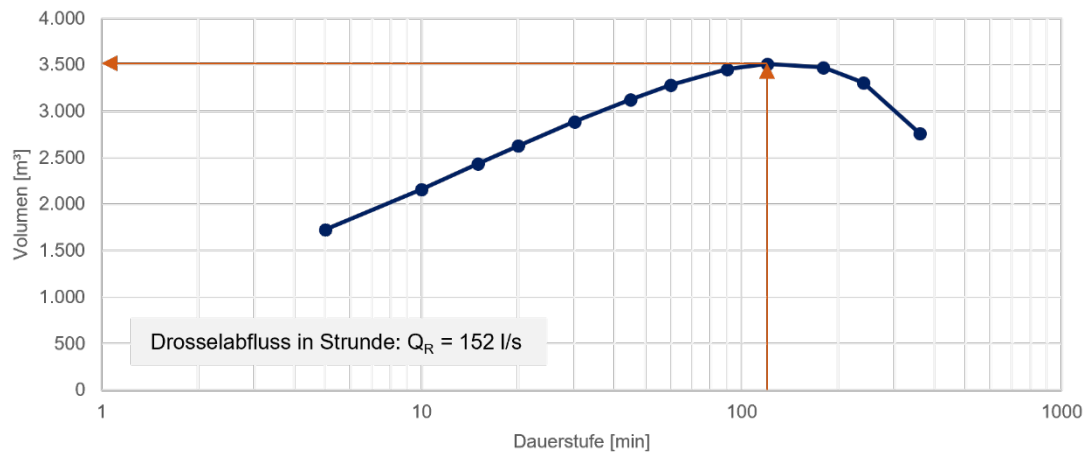


Abbildung 6-23: Ermittlung des Speichervolumens nach DWA-A117:2013.

Abbildung 6-24 zeigt den maximalen Speicherbedarf für zwei verschiedene Jährlichkeiten ($T_n = 2$ und 5 Jahre), zwei Energievarianten (zentral und dezentral) sowie der Gegenüberstellung konventioneller Gründachaufbauten mit jenen von Retentionsdächern. Bei den Ergebnissen handelt es sich um vereinfachte Abschätzungen. Im Falle der Nutzung von Retentions Speichern im Aquapark ist der Zufluss auf die angeschlossenen Flächen entsprechend zu reduzieren.

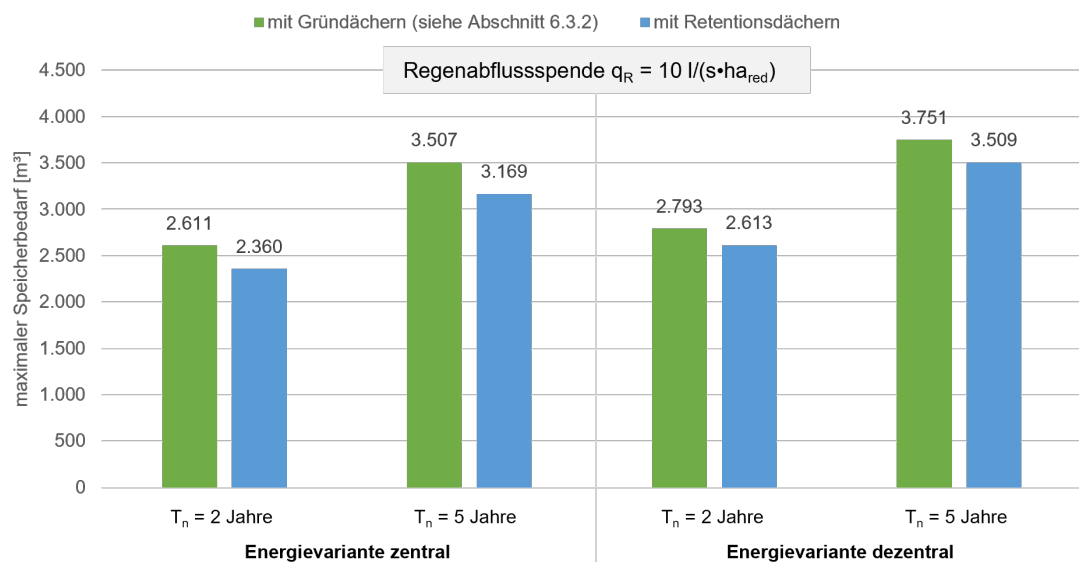


Abbildung 6-24: Ergebnisse Speicherbemessung für verschiedene Untersuchungen

Nachfolgend werden verschiedene Bewertungskriterien diskutiert und anschließend die Varianten in Hinblick auf eine Niederschlagswasserrückhaltung und -ableitung argumentativ bewertet.

- Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Investitions- und Betriebskosten basierend auf dem technischen Aufwand und dem notwendigen Flächenbedarf bewertet.

- Die Kosten von Variante 1 variieren je nach Aufbau der Gründächer und sind teurer als herkömmliche Hartdächer zu bewerten. Speziell bei Neubauten wird der Unterschied jedoch als gering eingestuft. Die Kombination aus extensiven Gründächern und Photovoltaikanlagen wird sich positiv auf die Energiegewinnung aus. Demnach werden die Investitions- und Betriebskosten für Variante 1 als gering eingeschätzt.
- Variante 2 mit der Implementierung von dezentralen Versickerungsanlagen wird für das Zanders-Areal trotz der vergleichsweise höheren Betriebskosten für den Unterhalt am besten bewertet. Hinsichtlich der Komplexität der Anlage gibt es jedoch deutliche Unterschiede (z.B. Muldenversickerung vs. Mulden-Rigolen-System). In diesem Zusammenhang ist auch der Platzbedarf der Anlagen zu berücksichtigen, was v.a. in dicht bebauten Gebieten zu Nutzungskonflikten führen kann. Für das Zanders-Areal werden diese jedoch als gering eingeschätzt, da sie frühzeitig in die Stadtplanung mit einfließen können.
- Für Variante 3 (zentrale Retentionsanlage) werden die Investitions- und Betriebskosten am höchsten geschätzt. Hier sind die Kosten für den Umbau der bestehenden Becken und einer vorgeschalteten Anlage miteinzubeziehen. Zusätzlich fallen Betriebskosten für den Unterhalt an, falls die Anlagen mit blau-grünen Elementen kombiniert werden. Bei den Kosten von Variante 3 sind Skalierungseffekte zu berücksichtigen. Der Flächenbedarf ist vergleichsweise gering.
- Bei Variante 4.1, welche eine Weiternutzung der bestehenden Regenkanalisation vorsieht, fallen keine Investitionskosten an. Perspektivisch sind aber hohe Betriebskosten durch Sanierungsmaßnahmen zu erwarten. Sollte die Regenkanalisation auf dem Zanders-Areal neu errichtet werden (Variante 4.2), wird die Wirtschaftlichkeit durch die hohen Investitionskosten sehr gering bewertet.
- Bei der Umsetzung Variante 5, welche die Ableitung von Niederschlagswasser über Gräben und Rinnen (offene Wasserwege) vorsieht, wird die Wirtschaftlichkeit als hoch bewertet. Die Betriebskosten für den Unterhalt an der Oberfläche werden geringer eingestuft als die Betriebskosten für Variante 4. Die Investitionskosten sind abhängig von den Geometrien, den Materialien und ggf. notwendigen Abdichtungsmaßnahmen.

- Betrieb

Unter Betrieb wird der Aufwand für die Instandhaltung sowie die technische Komplexität bewertet.

- Variante 1 (Gründächer) werden mit dem geringsten betrieblichen Aufwand bewertet. Extensive Begrünungen erfordern keine Pflege, bei intensiven Gründächern ist ein geringer Aufwand für die Bewässerung und Pflege der Begrünung notwendig.
 - Variante 2 (Versickerungsanlagen) erfordern regelmäßige Wartungs-, Pflege- und Instandsetzungsarbeiten, die v.a. die Vegetation (z.B. Rasen, Stauden, Gehölze) betreffen. Wichtig ist das Freihalten des Einlauf- und Überlaufbereiches von Laub und anderen Fließhindernissen. Bei Nachlassen der Versickerungsleistung sind Zusatzarbeiten notwendig. Bei einer großen Anzahl an dezentralen Systemen erhöht sich der Aufwand entsprechend. Der betriebliche Aufwand wird bei Variante 2 am höchsten eingeschätzt.
 - Variante 3 (Retentionsanlagen), welche meist als zentrale Systeme umgesetzt werden, bedingen betriebliche Aufwände die stark von der Gestaltung des Systems abhängig sind. Begrünte Anlagen mit Vegetation, wie z.B. Retentionsfilterbecken, erfordern Pflegemaßnahmen ähnlich den Versickerungsanlagen. Zusätzlich können Aufwände an vorgeschalteten Anlagen entstehen. Bezogen auf die i.d.R. hohen angeschlossenen Flächenanteile, wird der Betriebsaufwand geringer als bei Variante 2 bewertet.
 - Der betriebliche Aufwand für Variante 4.1 kann nur schwer eingeschätzt werden, da der Zustand der bestehenden Regenkanalisation unbekannt ist. Hier wird jedoch ein hoher Aufwand erwartet. Für Kanäle sind Inspektionen vorgesehen, die langwierig und teuer sind. Darüber hinaus sind Reparaturen aufwändiger als an der Oberfläche. Bei Variante 4.2 (neues Kanalnetz) wird der Aufwand als mittelhoch eingeschätzt.
 - Der betriebliche Aufwand zur Aufrechterhaltung der Funktion bei Variante 5 (offene Niederschlagswasserableitung) kann, je nach eingesetztem Oberflächenmaterial, unterschiedlich hoch sein. Bei einer naturnahen Ausführung der Gräben sind z.B. regelmäßige Unterhaltungsarbeiten notwendig. Im Vergleich zu den Aufwänden der Varianten 4a und 4b werden die betrieblichen Aufwände als gering eingestuft.
- Nachhaltigkeit
- Es werden die Faktoren Wasserkreislauf, Biodiversität, Mikroklima, Hitzereduktion, CO₂ Emissionen und Reinigungseffekte des Niederschlagswassers bewertet.
- Variante 1 trägt zur Reduktion des urbanen Hitzeeffektes und zur Steigerung der Biodiversität bei und wird als nachhaltig eingestuft.
 - Durch Variante 2 wird ein Teil des Niederschlagswassers versickert, wodurch der lokale Wasserkreislauf geschlossen wird. Es findet eine Grundwasseranreicherung statt. Ebenso wird bei Variante 2 der urbane Hitzeinseleffekt reduziert und die Biodiversität gesteigert. Durch die Versickerung werden Niederschlagsabflüsse gereinigt. Variante 2 wird deshalb als sehr nachhaltig eingestuft.
 - Variante 3 ist primär für die Entlastung der Gewässer und Dämpfung der Abflussschwelle sinnvoll. Werden herkömmliche „graue“ Speicherbecken aus Beton mit blau-grünen

Elementen kombiniert oder gar ersetzt, kann neben der Abflussverzögerung auch eine Behandlung des Niederschlagswassers erfolgen. In der Regel findet keine Anreicherung des Grundwasserspiegels statt. Für das Zanders-Areal wird Variante 3 als nachhaltig bewertet.

- Variante 4.1 wird neutral bewertet mit dem Hinweis, dass perspektivisch Erneuerungen notwendig sein werden, die als nicht nachhaltig bewertet werden. Varianten 4.2 entspricht nicht dem Konzept der Schwammstadt und wird am schlechtesten bewertet.
- Variante 5 wird aufgrund der offenen und möglichst naturnah gestalteten Niederschlagswasserableitung am besten bewertet.

■ Umsetzbarkeit

Es werden mögliche genehmigungsrelevante Aspekte in Hinblick auf den jeweiligen Standort, bauliche Einschränkungen sowie die Vereinbarkeit mit der phasenweisen Entwicklung des Zanders-Areals bewertet.

- Die baulichen Einschränkungen von Variante 1 bezüglich Anforderungen an die Baustatik und die Dachneigung werden für das Zanders-Areal gering eingestuft. Einschränkungen bestehen ggf. bei denkmalgeschützten Bestandsgebäuden oder Satteldächern. Bei Neubauten sind keine Einschränkungen zu erwarten. Es besteht eine Abhängigkeit zur gewählten Energievariante. Zusammenfassend wird die Umsetzbarkeit von Variante 1 als hoch bewertet.
- Variante 2 gilt als zentrales Schwammstadtelement. Für das Zanders-Areal sind Einschränkungen aufgrund des hohen Grundwasserspiegels und der Altlasten erwartbar. Dies kann von zusätzlichen konstruktiven Anforderungen bis zum Ausschluss solcher Anlagen reichen. Im „worst-case“-Fall ist keine Versickerung möglich. Die Umsetzbarkeit von Variante 2 wird zum derzeitigen Projektstand als gering eingeschätzt.
- Bei Variante 3 können Teile der bestehenden Betriebskläranlage umgenutzt werden. Dabei sind ggf. bauliche Einschränkungen durch die vorhandenen Becken (z.B. festgesetzte Höhenlagen, Geometrien, Anordnung der Zu- und Abläufe) zu erwarten, welche durch Umbaumaßnahmen behoben werden können. Einschränkungen bezüglich Altlasten sind nicht zu erwarten, da eine Versickerung verhindert wird. Durch den hohen Grundwasserspiegel ist bei einer geplanten Beckenentleerung die Stabilität der Beckensohle zu überprüfen (Auftriebssicherheit). Variante 3 wird mit einer hohen Umsetzbarkeit bewertet.
- Beim Variante 4.1 ist man an die bestehenden Höhenlagen der Regenkanäle gebunden, was ggf. zu Einschränkungen bei der Anbindung an ein bestehendes Retentionsbecken (Variante 3) führt. Bei Variante 4.2 ist auf mögliche Kollisionspunkte mit anderen Infrastrukturnetzen zu achten. Die Höhenlage, z.B. zur Anbindung an ein bestehendes Retentionsbecken, kann entsprechend einfach angepasst werden. Die Umsetzbarkeit wird als gering (Variante 4.1) bis mittelhoch (Variante 4.2) bewertet.

- Variante 5 ist flexibel gestaltbar und ergibt sich über die Geländeneigung. Einschränkungen ergeben sich durch Geländetiefpunkte, die durchquert werden müssen. Unter Umständen können auch Einschränkungen aufgrund von Altlasten auftreten. Da jedoch keine gezielte Versickerung stattfindet, wird die Ableitung über bewachsene Gräben weniger kritisch bewertet als bei Variante 2. Insgesamt wird die Umsetzbarkeit von Variante 5 geringer als bei Variante 4.2 bewertet.

Die voran geführte Diskussion wird in mit gewichteten Kriterien nach einem 5-stufigen Notensystem (1-sehr gut, 2-gut, 3-befriedigend, 4-ausreichend und 5-mangelhaft) zusammenfassend bewertet, wobei das volle Notenspektrum nur dann verwendet wird, wenn dies sinnvoll erscheint. Die Wasserrückhaltevarianten (Varianten 1, 2 und 3) werden getrennt von den Ableitungsvarianten (Varianten 4.1, 4.2 und 5) bewertet. Hier ist zu erwähnen, dass bei allen Varianten auch Mischformen zum Einsatz kommen können. Die Bewertung dient jedoch dazu, einen Schwerpunkt bei der Wahl der Infrastruktur zur Niederschlagsentwässerung zu setzen. Die für das Zanders-Areal am besten geeignete Rückhaltevariante ist Variante 1 – Gründächer (siehe Tabelle 6-6). Die am besten bewertete Niederschlagswasserableitungsvariante ist Variante 5 – offene Wasserwege (siehe Tabelle 6-7).

Tabelle 6-6: Bewertung der Niederschlagswasserrückhaltevarianten

Kriterium	Gewichtung	V 1	V 2	V 3
Wirtschaftlichkeit	20 %	2	1	3
Betrieb	20 %	1	3	2
Nachhaltigkeit	40 %	2	1	2
Umsetzbarkeit	20 %	1	3	2
Gesamtnote		1,6	1,8	2,2

V1: Gründächer, V2: Versickerungsanlagen, V3: Retentionsanlagen

Die Bewertung ist gilt für den Fall, dass keine Regenwassernutzung vorgesehen ist. Bei einer Regenwassernutzung führen Gründächer und v.a. Retentionsdächer zu geringeren Erträgen.

Tabelle 6-7: Bewertung der Niederschlagswasserableitungsvarianten

Kriterium	Gewichtung	V 4.1	V 4.2	V 5
Wirtschaftlichkeit	25 %	2	3	2
Betrieb	15 %	3	2	1
Nachhaltigkeit	40 %	2	3	1
Umsetzbarkeit	20 %	3	1	2
Gesamtnote		2,4	2,5	1,5

V 4.1: alte Regenkanalisation; V 4.2 neue Regenkanalisation; V 5: Ableitung an der Oberfläche

6.4. Schmutzwasserableitung und -behandlung

Nachfolgend werden, wie in Kapitel 5.2 dargestellt, die Möglichkeiten einer zentralen Behandlung auf der Kläranlage Beningsfeld sowie Möglichkeiten zur dezentralen Abwasserbehandlung auf dem Zanders-Areal sowie die dazugehörige Schmutzwasserableitung diskutiert. Eine Betriebswassernutzung gem. Kapitel 6.2 ist bei allen Varianten integrierbar. Dabei ist die Nutzung des Grundwassers (nach energetischer Nutzung) zu priorisieren. Alternativ hierzu kann Grauwasser genutzt werden.

6.4.1. Variante 1 – Zentrale Schmutzwasserbehandlung auf der KA Beningsfeld

Für die Schmutzwasserableitung sind die Höhenlagen der möglichen Anschlusspunkte an die zentrale Schmutzwasserkanalisation in der Umgebung des Zanders-Areals zu berücksichtigen. In einer vorliegenden Studie zur Schmutzwasserableitung im „Office Bereich“ wurden die folgenden zwei Anschlusspunkte in Betracht gezogen [Brendebach (2022)]:

- Anschlusspunkt „An der Gohrmühle“: SH 79,94 NHN, Pumpstation südlich VEWA 5
- Anschlusspunkt „Cederstraße“: SH 78,78 NHN, Pumpstation ehem. Vorklärbecken

Aufgrund der Höhenlagen ist bei beiden Anschlusspunkten eine Pumpstation erforderlich. Die Profilhöhen der Anschlusskanäle zu den genannten möglichen Anschlusspunkten betragen DN300. In dieser Studie werden folgende zusätzliche Anschlusspunkte in Betracht gezogen:

- Anschlusspunkt „Cederwaldstraße“: SH 77,57 NHN
- Anschlusspunkt „Hauptstraße 1“: SH 77,58 NHN
- Anschlusspunkt „Hauptstraße 2“: SH 78,49 NHN

Der Anschlusspunkt „Cederwaldstraße“ liegt 1,21 m bzw. 2,37 m tiefer als die beiden zuvor betrachteten Anschlusspunkte. In diesem Fall müsste die 53 m lange DN300 Kanalhaltung in der Cederstraße (Baujahr 1965) erneuert und tiefergelegt werden. Eine Schmutzwasserpumpe wird nach dem derzeitigen Stand nicht benötigt. In weiterer Folge wird die Schmutzwasserableitung mit einem zentraler Anschlusspunkt in der „Cederwaldstraße“ weiter untersucht (siehe Abbildung 6-25). Im weiteren Verlauf ist auch die Trassenführung der offenen Strunde mit zu berücksichtigen (siehe Kapitel 6.6).

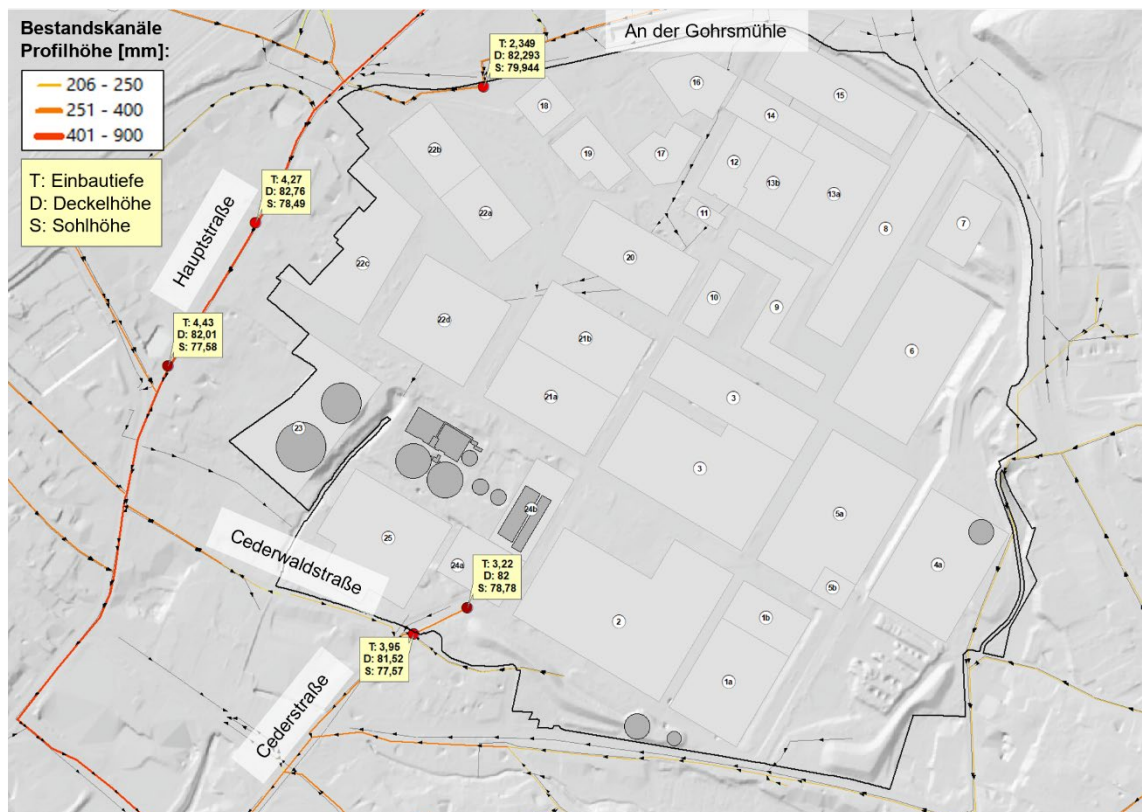


Abbildung 6-25: Bestehende Schmutzwasserkanalisation im Umkreis des Zanders-Areals mit fünf möglichen Schmutzwasseranschlüssen

Wie in Kapitel 4.2 beschrieben, ist das Schmutzwasserkanalnetz zeitweise bei Regenfällen, u.a. in Abhängigkeit der Drosselung aus den Regenklärbecken, überlastet. Aus dem Zanders-Areal wird zukünftig lediglich das Schmutzwasser abgeleitet. Abbildung 6-26 zeigt einen möglichen Verlauf der neuen Schmutzwasserkanäle. Um die zusätzliche Belastung während Regenereignissen zurückzuhalten, wäre eine Zwischenspeicherung des Schmutzwassers auf dem Zanders-Areal denkbar (siehe Abbildung 6-26, rechts). Dabei wird, wenn im Regenfall erforderlich, das Schmutzwasser in einen Schmutzwasserspeicher abgeschlagen. Dies erfordert ein entsprechendes Steuer- und Regelkonzept. Nach dem Regenereignis wird der Schmutzwasserspeicher mittels Pumpen langsam entleert. Ein entsprechendes Speicherbecken ist einzuhausen, die anfallende Abluft abzusaugen und entsprechend zu behandeln. Dies wäre aufgrund der Lage und einer möglichen Kanalführung bspw. im Bereich der Vorklärbecken der Betriebskläranlage möglich. Nach der Entleerung der Schmutzwasserspeicher sind diese manuell zu reinigen, was einen zusätzlichen Personalaufwand bedeutet. Nach den vorliegenden Auswertungen der Fa. AFRY treten an der Kläranlage Überschreitungen des genehmigten Höchstwasserabflusses mehrfach im Jahr auf [AFRY (2021)]. Somit es ist davon auszugehen, dass in Abhängigkeit des Kriteriums für die Steuerung der Schmutzwasserspeicher mehrmals im Jahr aktiviert werden muss.

Wird vereinfacht der Trinkwasserverbrauch dem Abwasseranfall gleichgesetzt, liegt der maximale Abwasseranfall bei 47,2 l/s (Trinkwasserverbrauch zur Spitzenstunde am Spitzentag, vgl. Kapitel 2.2.3). Dies macht rund 4 % des genehmigten Höchstabwasserabflusses der KA Beningsfeld von 1.287 l/s aus. Der Aufwand, ein Schmutzwasserspeicher zu errichten und zu betreiben erscheint vor diesem Hintergrund unverhältnismäßig und wird im Rahmen dieser Studie nicht näher betrachtet. An dieser Stelle wird empfohlen, die Ausführung und den Betrieb der Trennkanalisation auch unter Berücksichtigung des Fremdwassers zu optimieren. Dies sollte im Rahmen der Gesamtkonzeption der Schmutzwasserkanalisation zur Kläranlage Beningsfeld erfolgen.

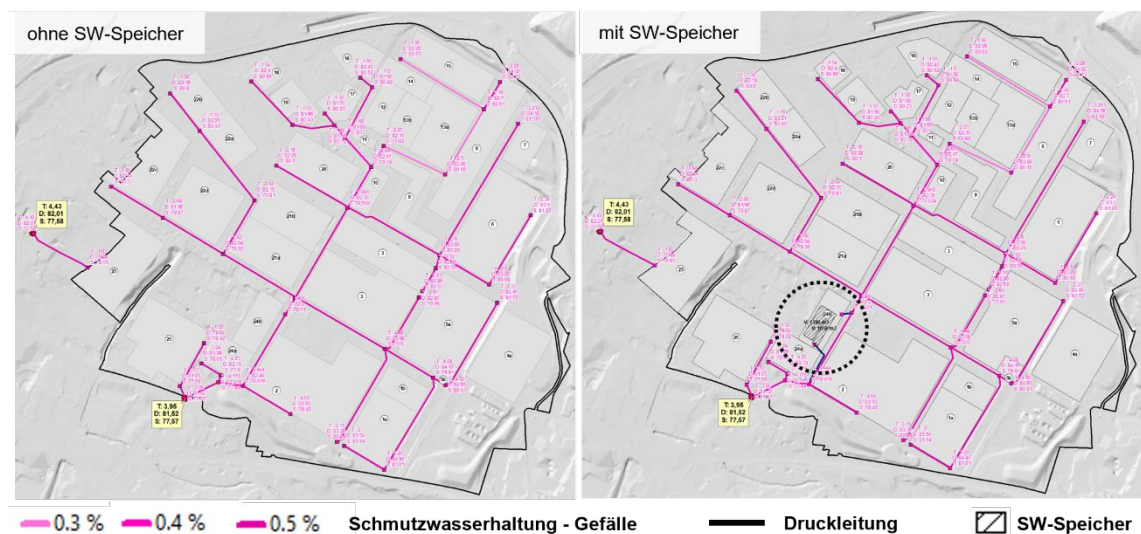


Abbildung 6-26: Mögliche Schmutzwasserableitung am Zanders-Areal

Um das Abwasser zukünftig auf der KA Beningsfeld zu behandeln, ist entsprechend der Bestandsaufnahme (siehe Kapitel 4) sowie der davon abgeleiteten Randbedingungen (siehe Kapitel 5) eine Steigerung der Behandlungskapazität erforderlich. Durch Optimierungsmaßnahmen (bspw. Prozesswasserbehandlung) oder Umnutzung nicht genutzter vorhandener Beckenvolumina (Becken der A-Stufe) zur Belegung (bspw. Denitrifikation) können mittelfristig die Behandlungskapazitäten gesteigert werden. Bei Optimierungsmaßnahmen und Umnutzungsmaßnahme ist der Zustand der Becken sowie die voraussichtliche Nutzungsdauer dieser zu berücksichtigen. Für Erweiterungsmaßnahmen (Neubau Belegungsvolumen) oder Erneuerungsmaßnahmen (bspw. Belegung 1) sind nach Aussage der Stadt Bergisch Gladbach kaum bis keine Erweiterungsflächen vorhanden. Um unter diesen Voraussetzungen die Abwasserbehandlung langfristig zu ermöglichen, sollten Alternativen zur konventionellen einstufigen Belegung wie beispielsweise der Betrieb eines Membranbioreaktors geprüft werden, welche einen geringeren Platzbedarf aufweisen. Zudem kann dies vorteilhaft in Hinblick auf eine mögliche Erweiterung der KA Beningsfeld um eine Spurenstoffentfernung sein. Welche Maßnahmen und in welchem Umfang konkret umzusetzen bzw. ausreichend sind, ist gezielt zu untersuchen.

Abbildung 6-27 zeigt die geplante Phasierung des Zanders-Areals bzw. die daraus resultierende Schmutzwasserbelastung. Die Daten basieren auf der in Kapitel 2.2.4 dargestellten Schmutzwasserbelastung und zeigen eine Spannweite (Annahme 1 und Annahme 2) der zu erwartenden Schmutzwasserbelastung an. Die zusätzliche Gesamtbelastung wird mit rd. 4.500 - 5.000EW angesetzt. Ersichtlich ist, dass sich die zu erwartende zusätzliche Belastung gleichmäßig über die Entwicklungsphase 1 – 3 verteilt. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt diese Darstellung einen orientierenden Planungszeitraum vor, in welchem die Kläranlage zu ertüchtigen ist. Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität (Optimierung, Sanierung, Umnutzung, Erweiterung) sind vor dem Hintergrund der Entwicklung der Einwohnerzahl (gesamter Stadtbereich), der Erschließung des Zanders-Areals (Phasierung) und potenziell zukünftiger Anforderungen an die Abwasserreinigung (Entwurf EU-Kommunalabwasserrichtlinie) aller Wahrscheinlichkeit nach sowieso erforderlich und in naher Zukunft gezielt zu untersuchen.

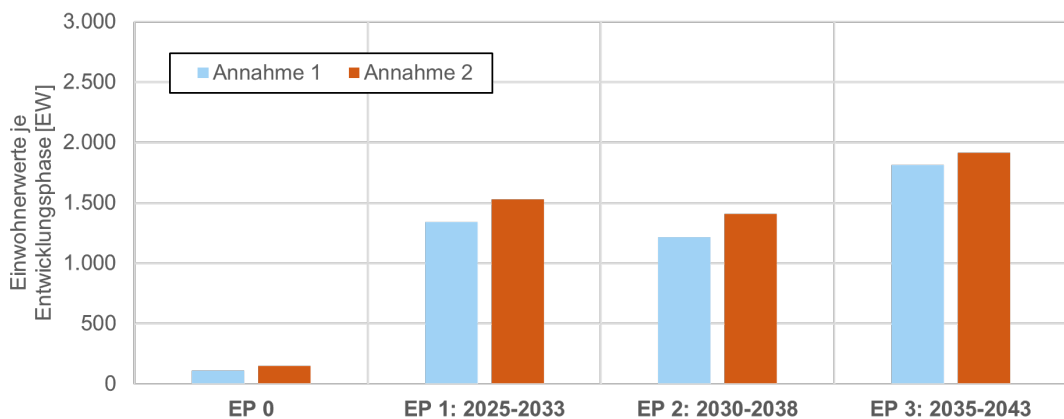


Abbildung 6-27: Zusätzliche Schmutzwasserbelastung der KA Beningsfeld in Abhängigkeit der Entwicklungsphasen des Zanders-Areals

6.4.2. Variante 2 – Dezentrale Schmutzwasserbehandlung auf dem Zanders-Areal

Basierend auf der Analyse der Geländetopographie des Zanders-Areals erscheint hinsichtlich der Ableitung und Behandlung des Schmutzwassers der aktuelle Standort der Betriebskläranlage auch als geeigneter Standort für eine dezentrale Abwasserbehandlung. Nachfolgend werden zwei grundsätzliche Varianten diskutiert.

6.4.2.1. Variante 2.1: Konventionelle Abwasserbehandlung

Das Schmutzwasser wird über ein Freispiegelkanal abgeleitet. Aufgrund des schlechten Zustands der Betriebskläranlage ist von einem Neubau einer dezentralen Abwasserbehandlung auszuge-

hen. Diese umfasst eine mechanische (Rechen und Sandfang) und eine biologische Abwasserbehandlung (Belebung und Nachklärung) sowie zum Betrieb der Anlage erforderliche Gebäude (Betriebsgebäude/Maschinengebäude (Gebläse, Schlammbehandlung)). Sofern die Kläranlage Beningsfeld nicht zusätzlich belastet werden soll, ist eine aerobe Stabilisierung des Überschussschlammes vorzusehen. Die Belebungsbecken sind entsprechend groß auszulegen. Der aerob stabilisierte Überschussschlamm wird entwässert und ist anschließend einer Verwertung zuzuführen. Wird der Schlamm lediglich teilstabilisiert, kann das Belebungsbecken kleiner ausgeführt werden. Der Überschussschlamm ist vor Ort einzudicken und zwecks Stabilisierung bspw. zur KA Beningsfeld zu transportieren (Tankwagen). In diesem Fall kann aus dem Überschussschlamm Faulgas erzeugt werden, welches energetisch genutzt werden kann. Allerdings entsteht dabei eine, wenn auch vergleichsweise geringe, zusätzliche Belastung der KA Beningsfeld (Rückbelastung aus der Schlammbehandlung). Alternativ zum herkömmlichen einstufigen Belebungsverfahren kann die biologische Abwasserreinigung auch in einem Membranbioreaktor durchgeführt werden. Dadurch verringert sich das erforderliche Belebungsvolumen, allerdings ist zu beachten, dass dieses Verfahren aufwändiger ist als das herkömmliche einstufige Belebungsverfahren (Siebung zur mechanischen Vorbehandlung, Betrieb und Reinigung der Membranen, Energiebedarf). Unabhängig von der Verfahrenswahl kann das aufbereitete Abwasser der Strunde oder dem Rechtsrheinischen Kölner Randkanal eingeleitet werden, was aber prinzipiell eine entsprechende Genehmigung voraussetzt.

Durch den Antransport von Betriebsmitteln und dem Abtransport von Reststoffen (Rechengut, Sandfanggut und Klärschlamm) ist mit einem ggf. geringen, aber zusätzlichen Verkehrsaufkommen im Stadtgebiet zu rechnen, was im Rahmen dieser Studie nicht näher betrachtet wird. Für Abwasserbehandlungsanlagen bis einschließlich 100.000 EW ist aufgrund der Geruchsquellen ein Abstand von 300 m zu Wohngebieten einzuhalten, sodass unzulässige Geruchs- aber auch Lärmimmissionen nicht auftreten. Voraussetzung hierfür ist, dass Gebläse, Kompressoren, Pumpwerke etc. in schalltechnisch optimierten Gebäuden untergebracht oder durch Einhausungen bzw. Abschirmungen schallgedämmt sind. Der Abstand kann auf 200 m reduziert werden, wenn die Anlage weitgehend abgedeckt bzw. eingehaust und die Abluft über Biofilter behandelt wird [MUNLV 2007]. Die mögliche Lage einer dezentralen Abwasserbehandlung wurde im Rahmen dieser Studie nicht festgelegt, weshalb in Abbildung 6-28 zur ersten Einordnung die Abstände von 200 und 300 m exemplarisch von einem zentralen Punkt der derzeitigen Betriebskläranlage dargestellt sind. Das ausgewiesene Wohngebiet im Süden liegt teilweise innerhalb der Radien. Zudem liegt weitere bereits vorhandene Wohnbebauung (gemischte Bauflächen im Süden und Westen) sowie diverse Entwicklungsfelder mit Wohnbebauung innerhalb der angegebenen Abstände. Diese Aspekte wären im Rahmen einer weitergehenden Planung näher zu betrachten. Es ist davon auszugehen, dass für eine Genehmigung Geruchs- und Lärmprognosen zu erstellen

sind, die nachweisen, dass keine Beeinträchtigung von Anwohnern oder anderen Interessensgruppen (bspw. Schule) vorliegt.



Abbildung 6-28: Abstände der Betriebskläranlage (exemplarisch als zentraler Punkt) zu Entwicklungsfeldern und vorhandener Bebauung, Kartengrundlage: [GEOportal.NRW (2023)]

Die dezentrale Kläranlage ist basierend auf Kapitel 2.2.4 mit einer Belastung von rd. 6.000 EW – 8.000 EW der Größenklasse 3 zuzuordnen. Die Mindestanforderung gem. Abwasserverordnung umfassen die Parameter CSB, BSB₅ und NH₄-N. In Abhängigkeit des Vorfluters (Strunde oder über den vorhandenen Verbindungskanal der Rechtsrheinischer Kölner Randkanal) können auch strengere Anforderungen gelten (zusätzlich die Parameter N_{ges,anorg} und P_{ges}). Eine grobe Einordnung des erforderlichen Flächenbedarfs für die biologische Abwasserbehandlung (aerobe Stabilisierung) ergibt, dass hierfür Belebungsstufe 1 und Nachklärungsstufe 1 ausreichen würden. Hinzu kommt die mechanische Abwasserbehandlung sowie ein erforderliches Betriebs-/Maschinengebäude (Gebläsestation, Schlammbehandlung, Leitwarte, Aufenthaltsraum etc.). Es wird abgeschätzt, dass der Flächenbedarf der Belebungsstufe 1+2 und Nachklärungsstufe 1+2 für eine dezentrale Abwasserbehandlung ausreichen kann. Entsprechend steht eine dezentrale Abwasserbehandlung deutlich im Konflikt mit der Nutzung des Standorts als Aquapark bzw. dem Entwicklungsfeld 24 b. Zudem ist zu berücksichtigen, dass sich dieser Standort im Überschwemmungsgebiet der

Strunde befindet. Potenzielle Einschränkungen oder Schutzmaßnahmen der baulichen Umsetzung sind mit der Wasserbehörde abzustimmen.

Ein weiterer zu berücksichtigender Aspekt ist die Phasierung der Erschließung des Zanders-Areals. Planung und Bau der dezentralen Abwasserbehandlung und der dazugehörigen Infrastruktur sind parallel zur Erschließung des Zanders-Areal durchzuführen. In Abbildung 6-29 ist die Schmutzwasserbelastung für die dezentrale Abwasserbehandlung entsprechend der Phasierung und basierend auf Kapitel 2.2.4 dargestellt. Ersichtlich wird, dass sich die maßgebliche Belastung gleichmäßig über die Entwicklungsphase 1 bis 3 verteilt. Der Bau einer dezentralen Abwasserbehandlung (unabhängig der Variante) wird im Rahmen dieser Studie mit sechs bis zehn Jahren veranschlagt (Schmutzwasserkanal und Abwasserbehandlung). Entsprechend ist mit einer Fertigstellung der Anlage im Zeitraum 2029 - 2033 zu rechnen. Demnach wäre bis in die Entwicklungsphase 2 eine provisorische Ableitung des bis dahin anfallenden Schmutzwassers zur Kläranlage Beningsfeld und eine dortige Behandlung erforderlich. Die zusätzliche Schmutzwasserbelastung lässt sich anhand Abbildung 6-27 (Variante 1) einordnen und ist bei Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität der Kläranlage Beningsfeld entsprechend zu berücksichtigen.

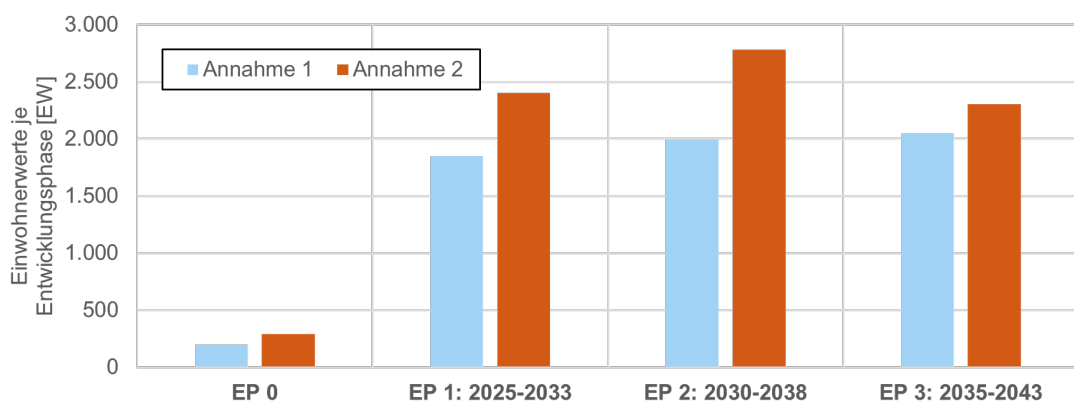


Abbildung 6-29: Schmutzwasserbelastung der dezentralen Abwasserbehandlung unter Berücksichtigung der Entwicklungsphasen des Zanders-Areals

6.4.2.2. Variante 2.2: Neuartige Sanitärsysteme

Alternativ können bspw. neuartige Sanitärsysteme umgesetzt werden. Die Grundidee ist die getrennte Erfassung und zielgerichtete Behandlung von Teilströmen aus häuslich genutzten Gebieten (Wohnzwecke) oder ähnlichen Herkunftsbereichen. Demnach kann je nach Abwasserqualität und -quantität eine Behandlung gewerblicher Abwässer auf der KA Beningsfeld erforderlich sein. Die Entlastung der Kläranlage Beningsfeld ist in diesem Fall im Vergleich zu Variante 2.1 geringer. Aufgrund des frühen Planungsstands kann dies jedoch nicht näher eingeordnet werden.

Ohne die gewerblichen Abwässer verbleiben die Teilströme Regenwasser, Grauwasser, Fäzes und Urin. Wird Fäzes mit Wasser weggespült, wird dieser Abwasserteilstrom als Braunwasser bezeichnet. Die Mischung aus Fäzes, Urin und Spülwasser wird als Schwarzwasser bezeichnet. Wird Urin separat abgeleitet, wird dieser Abwasserteilstrom als Gelbwasser bezeichnet [DWA-A 272:2014, Imhoff et al. (2018)]. Der Abwasserteilstrom Grauwasser wurde bereits in Kapitel 6.2.2 näher beschrieben. Das übergeordnete Ziel Neuartiger Sanitärkonzepte ist die Wiederverwertung von im Abwasser enthaltenen Wertstoffe sowie das weitgehende Schließen von Stoff- und Wasserkreisläufen. Entsprechend können unterschiedliche und verschieden weitgehende Ziele verfolgt werden [DWA-A 272:2014]:

- Gezielte Rückführung von Nährstoffen in die Landwirtschaft, Produktion von Düngemitteln
- Erzeugen von Energie durch die Gewinnung von Biogas und/oder Nutzung von Abwärme
- Elimination problematischer Spurenstoffe in höher konzentrierten Abwasserteilströmen
- Erfüllung hygienischer Anforderungen
- Einhaltung erhöhter Anforderungen an die Gewässerqualität
- Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs durch effiziente Wassernutzung und Verwendung des behandelten Abwassers für verschiedene Nutzungen (z.B. Bewässerung, Toilettenspülung etc.), die keine Trinkwasserqualität benötigen.

Die DWA unterscheidet die in Tabelle 6-8 dargestellten sechs Systemgruppen. Voraussetzung ist dabei stets die getrennte Ableitung und Bewirtschaftung von Regenwasser. Das 1-Stoffstromsystem entspricht der herkömmlichen Ableitung und Behandlung des Abwassers (zentrale Kläranlage). Eine separate direkte Ableitung ist von Grauwasser und Schwarzwasser möglich. Sollte letzteres separiert werden (Gelbwasser und Braunwasser), sind bspw. sogenannte Trenntoiletten vorzusehen.

Tabelle 6-8: Unterteilung in Systemgruppen aus DWA-A 272:2014

Bezeichnung der Systemgruppe	Kurzbeschreibung des Systems	Anfallende Stoffströme
1-Stoffstromsystem	Keine Stoffstromtrennung bei der Ableitung	Schmutzwasser
2-Stoffstromsystem	Separate Erfassung von Grau- und Schwarzwasser	Grauwasser, Schwarzwasser
2-Stoffstromsystem (Trenntoilette)	Separate Fassung von Urin oder Gelbwasser und gemeinsame Ableitung der anderen Teilströme	Urin oder Gelbwasser, Braunwasser, Grauwasser
3-Stoffstromsystem (Trenntoilette)	Separate Erfassung von Urin oder Gelbwasser, Braun- und Grauwasser	Urin oder Gelbwasser, Braunwasser, Grauwasser
2-Stoffstromsystem (Trockentoilette)	Separate Erfassung von Grauwasser und Fäkalien	Grauwasser, Fäkalien
3-Stoffstromsystem (Trockentoilette)	Separate Erfassung von Urin und Fäzes sowie Grauwasser	Urin, Fäzes, Grauwasser

Tabelle 6-9 gibt einen Überblick über mögliche Behandlungsziele und -verfahren. Durch Trennung bzw. Aufkonzentrierung des Schwarz- oder Braunwassers kann eine feststoffreiche und feststoffarme Phase gewonnen werden, die unterschiedlich zu behandeln sind. Mögliche Produkte/Wertstoffe sind in der Landwirtschaft zu verwerten (bspw. Gelbwasser und daraus erzeugte Düngemittel, Kompost, Gärreste). Ein entsprechender Bedarf und Abnahme solcher Produkte/Wertstoffe sind im Vorfeld zu eruieren und zu bewerten. Neben Nährstoffen kann Energie (anaerobe Schwarz-/Braunwasserbehandlung) zurückgewonnen oder Betriebswasser (Grauwasserbehandlung) bereitgestellt werden. Alternativ kann aufbereitetes Grauwasser auch in die Strunde oder den Rechtsrheinischen Kölner Randkanal abgeleitet werden, was eine Genehmigung und eine entsprechende Aufbereitung bedingt. Je nach Abwasserquantität und -qualität aus dem gewerblichen Bereich ist ggf. eine Ableitung zur KA Beningsfeld erforderlich.

Tabelle 6-9: Mögliche Behandlungsverfahren für verschiedene Stoffströme mit Behandlungsziel aus DWA-A 272:2014 gem. [DWA 2008]

Stoffstrom	Behandlungsziel	Mögliche Behandlungsverfahren
Gelbwasser/Urin	Hygienisierung	Lagerung
	N- und P-Aufkonzentrierung (Düngemittelerzeugung eines nährstoffreichen Düngers)	Struvit-Ausfällung (Magnesium-Ammonium-Phosphat, MAP)
	N-Aufkonzentrierung (Düngemittelerzeugung)/Hygienisierung	Ammoniak-Strippping
	Stabilisierung/Nährstoffaufkonzentrierung	Nitrifikation/Destillation
Schwarz- und Braunwasser	Trennung/Aufkonzentrierung	Filtration
Schwarz- und Braunwasser, feststoffreiche Phase	Hygienisierung/Erzeugung eines Bodenverbessers	Aerob (Kompostierung, geeignet für Fäzes aus Trockentoiletten)
	Energieerzeugung/Stabilisierung (Biogas)	Anaerob (mesophil)
	Hygienisierung/Volumenreduktion	Trocknung (geeignet für Fäzes aus Trockentoiletten)
	Hygienisierung/Stabilisierung	Kalkung (geeignet für Fäzes aus Trockentrenntoiletten)
Schwarz- und Braunwasser, feststoffarme Phase	Nährstoffkonzentrierung	Fällung/Flockung
	Nährstoffelimination	Aerob
	Energieerzeugung	Anaerob (mesophil)
Grauwasser	Hochwertiges Brauchwasser	Biologische (Membran-)Verfahren

Im Vergleich zum konventionellen System erfordert die separate Ableitung und Behandlung verschiedener Teilströme einen höheren Aufwand bei der Leitungsführung. Entsprechend ist die

Umsetzung solcher Systeme bei Neubaugebieten wirtschaftlicher als im Bestand. Um eine Verdünnung der Abwasserteilströme mit Wasser gering zu halten, kann zur Ableitung eine Vakuumkanalisation (Vakuumtoilette) sinnvoll sein. Die Umsetzung neuartiger Sanitärsysteme setzt die Akzeptanz und sachgemäße Verwendung der Nutzer voraus. Eine Untersuchung und konzeptionelle Auslegung möglicher Behandlungsverfahren finden im Rahmen dieser Studie nicht statt. Ebenso ist eine grobe Einordnung des erforderlichen Flächenbedarfs nicht möglich. Es ist davon auszugehen, dass der Flächenbedarf geringer ist als der grob abgeschätzte Flächenbedarf von Variante 2.1. Es ist aber auch für Variante 2.2 zu erwarten, dass die dezentrale Abwasserbehandlung im Konflikt mit der Nutzung des Standorts der Betriebskläranlage als Aquapark bzw. mit dem Entwicklungsfeld 24 b steht. Zudem sind Geruchs- und Lärmimmissionen, wie bereits bei Variante 2.1 diskutiert, sowie die Lage der Überschwemmungsgebiete zu berücksichtigen.

Analog zu Variante 2.1 ist zu berücksichtigen, dass Planung und Bau der dezentralen Abwasserbehandlung parallel zur Erschließung des Zanders-Areals erfolgen werden. Entsprechend wird eine provisorische Ableitung des Schmutzwassers zur Kläranlage Beningsfeld und eine dortige Behandlung erforderlich. Es ist davon auszugehen, dass eine Behandlung des gewerblichen Abwassers auf der zentralen Kläranlage Beningsfeld erforderlich wird und demnach nicht mit in das Neuartige Sanitärsystem einzubeziehen ist.

6.4.3. Variante 3 – Vorbehandlung auf dem Zanders-Areal

Um die Kläranlage Beningsfeld zu entlasten, kann das auf dem Zanders-Areal anfallende Abwasser vorbehandelt werden. Um eine signifikante Entlastung zu erreichen, ist im wesentlichen Stickstoff zu eliminieren. In diesem Fall ist das Schmutzwasser einer biologischen Behandlung zu unterziehen, wobei der Aufwand vergleichbar mit einer konventionellen Behandlung des Schmutzwassers ist. Eine entsprechende Vorbehandlung wird als unverhältnismäßig bewertet und nicht weiterverfolgt.

Die maßgebliche Stickstoffbelastung stammt mit rund 80 % aus dem Urin [DWA 2008]. Eine separate Ableitung und Behandlung des Urins ist prinzipiell möglich (vgl. Variante 2.2 in Kapitel 6.4.2). In diesem Fall ist eine Ableitung des restlichen Abwassers (Grau- und Braunwasser) zur zentralen Kläranlage möglich. Das Konzept entspricht demnach einer Kombination von dezentraler und zentraler Abwasserbehandlung. Bei der separaten Ableitung von Urin ist aufgrund der stofflichen Zusammensetzung und des hohen pH-Werts die Neigung zu Ausfällungen zu berücksichtigen. Dies kann zu Inkrustationen in Leitungen etc. führen [DWA 2008]. Zur Behandlung von Urin steht eine Vielzahl verschiedener Verfahren zur Verfügung. Eine biologische Stickstoffelimination kann bspw. mittels der anaeroben Ammonium Oxidation (Anammox) erreicht werden. Für

eine klassische Nitrifikation und Denitrifikation ist externer Kohlenstoff zuzudosieren. Zudem kann Urin in der Art behandelt werden, dass die enthaltenen Nährstoffe zurückgewonnen werden [DWA 2008]. Der Aufwand einer solchen Vorbehandlung erscheint im Vergleich zu einer ausschließlich zentralen oder dezentralen Abwasserbehandlung hoch. Entsprechend wird im Rahmen dieser Studie eine derartige Vorbehandlung nicht weiter betrachtet.

6.4.4. Variantendiskussion und Bewertung

Basierend auf den vorangegangenen konzeptionellen Vorüberlegungen werden die Varianten 1 (zentrale Schmutzwasserbehandlung), 2.1 (dezentrale (konventionelle) Schmutzwasserbehandlung) und 2.2 (dezentrale Neuartige Sanitärsysteme) nachfolgend anhand der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Betrieb, Nachhaltigkeit, Umsetzbarkeit und Nutzungskonflikte diskutiert. Da im Rahmen dieser Studie kein Konzept mit entsprechender Vordimensionierung entwickelt sowie Möglichkeiten zur Ertüchtigung der Kläranlage Beningsfeld nicht detailliert untersucht wurden, erfolgt die Bewertung rein argumentativ:

- Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Investitions- und Betriebskosten diskutiert.

- Bei Variante 1 können Investitionen zur Steigerung der Behandlungskapazität ggf. mit erforderlichen Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen kombiniert werden. Aufgrund der Größe der Kläranlage können bei Erweiterungs- und/oder Ausbaumaßnahmen (Neubau) Skalierungseffekte genutzt werden. Nach derzeitigem Kenntnisstand weist die Kläranlage Beningsfeld zukünftig einen umfangreichen Sanierungs- und Erweiterungsbedarf auf. Durch den Anschluss des Zanders-Areals können hier Synergien genutzt werden. Es wird davon ausgegangen, dass sich die Betriebskosten nur unwesentlich erhöhen. Insgesamt wird Variante 1 als die wirtschaftlichere Lösung eingeordnet.
- Die Investitionskosten bei Variante 2 werden am höchsten eingeschätzt. Neben Investitionen in eine dezentrale Kläranlage sind weiterhin hohe Investitionen in die zentrale Kläranlage Beningsfeld (Sanierungs- und Optimierungsmaßnahmen) erforderlich. Aufgrund der Kläranlagengröße fallen im Vergleich zu Variante 1 mögliche Skalierungseffekte geringer aus. Die Betriebskosten werden zudem als höher eingeordnet (bspw. zusätzliche Personalkosten). Zudem ist zu berücksichtigen, dass Optimierungs-/Sanierungsmaßnahmen der zentralen Kläranlage in den gleichen Zeitraum wie Planung und Bau der dezentralen Kläranlage fallen können. Beim Neubau einer dezentralen Abwasserbehandlung werden die Kosten für Variante 2.2 tendenziell höher eingeschätzt als für Variante 2.1. Zudem ist zu berücksichtigen, dass bei Variante 2.2 in Abhängigkeit von der Qualität des Abwassers aus dem gewerblichen Bereich eine Behandlung

auf der zentralen Kläranlage erforderlich wird. Demnach wäre neben einer Ableitung des häuslichen Abwassers zur dezentralen Kläranlage auch eine Ableitung von gewerblichem Abwasser zur zentralen Kläranlage erforderlich. Eine Unterscheidung zwischen Variante 2.1 und 2.2 ist nicht möglich.

▪ Betrieb

Unter Betrieb ist bspw. der Aufwand für Instandhaltung zu bewerten.

- Bei Variante 1 ist eine große Abwasserbehandlungsanlage zu betreiben. Nach Ertüchtigung der Kläranlage Beningsfeld wird kein zusätzlicher Betriebsaufwand durch den Anschluss des Zanders-Areals gesehen.
- Variante 2 bedingt aufgrund des Betriebs einer zusätzlichen Abwasserbehandlung einen zusätzlichen Betriebsaufwand (bspw. zusätzliche Instandhaltung). Dieser wird je nach Konzept bei Variante 2.2 höher eingeschätzt als bei Variante 2.1.

▪ Nachhaltigkeit

Unter Nachhaltigkeit ist bspw. die Gewässerbelastung, die Rückgewinnung von Wertstoffen sowie die Energieeffizienz zu bewerten.

- Bei konventionellen Kläranlagen (Variante 1) weisen größere Anlagen eine höhere Energieeffizienz auf als kleine. Zudem sind die Reinigungsanforderungen strenger, sodass die Gewässerbelastung bei großen Anlagen als geringer einzuordnen ist. Entsprechend ist Variante 1 besser als Variante 2.1 zu bewerten. Bei Variante 1 wird zukünftig Phosphor als Wertstoff aus Klärschlamm zurückgewonnen. Zudem wird bereits Faulgas erzeugt und energetisch genutzt.
- Bei Variante 2.2 wird das Potenzial zur Rückgewinnung von Wertstoffen (Nährstoffe, Energie) am höchsten eingeschätzt. Entsprechend werden Stoffkreisläufe im direkten Vergleich zu den übrigen Varianten am weitestgehenden geschlossen. Je nach Behandlungskonzept ist aufgrund der geringen Verdünnung der Abwasserteilströme mit einer effizienteren Abwasserreinigung im Vergleich zu Variante 1 und Variante 2.1 zu rechnen und demnach ggf. mit einer geringeren Belastung der Gewässer. Zudem kann spezifisch betrachtet die Energieerzeugung höher ausfallen. Insgesamt ist Variante 2.2 in Hinblick auf die Nachhaltigkeit am besten und Variante 2.1 am schlechtesten zu bewerten.

▪ Umsetzbarkeit

Es werden mögliche genehmigungsrelevante Aspekte in Hinblick auf den jeweiligen Standort sowie die Vereinbarkeit mit der phasenweisen Entwicklung des Zanders-Areals bewertet.

- Bei Variante 1 erscheinen Maßnahmen zur Steigerung der Behandlungskapazität der Kläranlage Beningsfeld unter Berücksichtigung der phasenweisen Erschließung des Zanders-Areals gut kombinierbar. Dies setzt allerdings eine zeitnahe Planung und Umsetzung möglicher Maßnahmen voraus. Ein potenzieller Genehmigungsaufwand hinsichtlich einer möglichen Erweiterung der Kläranlage kann nicht abgeschätzt werden.

Variante 1 hat keine Auswirkung auf die stadtplanerische Entwicklung des Zanders-Areals. Aufgrund der Gegebenheiten ist insgesamt die Umsetzbarkeit von Variante 1 höher zu bewerten als die der übrigen Varianten. Allerdings ist aufgrund der nicht vorhandenen Erweiterungsflächen ein schwieriger Ausbau der Kläranlage Beningsfeld zu berücksichtigen.

- Bei Variante 2 sind standortspezifische und teilweise genehmigungsrelevante Aspekte zu berücksichtigen. Teile der Betriebskläranlage liegen im Überschwemmungsgebiet. Eine Bebauung muss entsprechend geprüft werden, da diese nur in Ausnahmefällen zulässig ist. Sofern eine Bebauung zulässig ist, ist der verloren gegangene Rückhalte- raum umfangs-, funktions- und zeitgleich auszugleichen (§ 78 WHG). Zudem ist die Nähe zu bestehenden Wohngebieten aber auch der Wohnbebauung in gemischten Bauflächen bzw. der geplanten Entwicklungsfeldern zu berücksichtigen. Der Abstand liegt unter 200 m. Unter Berücksichtigung der Phasierung wird ein stufenweiser Aus- bau der Variante 2.1 als unwirtschaftlich betrachtet. Demnach wäre die dezentrale konventionelle Kläranlage für die Gesamtbelastung zu errichten, was bedeuten würde, dass die Kläranlage in der Anfangszeit in Unterlast zu betreiben sein wird. Für Variante 2.2 kann an dieser Stelle keine eindeutige Unterscheidung dargestellt werden, wes- halb hierfür beide Varianten gleich zu bewerten sind. Dadurch, dass Planung und Bau der dezentralen Anlage (Variante 2.1 und 2.2) zeitgleich mit der Erschließung des Zan- ders-Areals erfolgt wird vorübergehend eine provisorische Ableitung und Behandlung des anfallenden Schmutzwassers auf der Kläranlage Beningsfeld erforderlich. Je nach Konzept bei Variante 2.1 (ggf. Klärschlamm) und 2.2 (ggf. gewerbliche Abwässer) wird die Kläranlage Beningsfeld trotz dezentraler Abwasserbehandlung zusätzlich belastet. Bei Variante 2.2 wird in Abhängigkeit des Konzepts ein sachgemäßes Nutzungsverhal- ten und die Akzeptanz der Anwohner vorausgesetzt (bspw. Vakuumkanalisation, Trenntoilette etc.).

- Nutzungskonflikte

Es werden Nutzungskonflikte bspw. zum möglichen Aquapark oder anderen Teilkonzepten wie bspw. dem Niederschlagswassermanagement sowie zu Entwicklungsfeldern bewertet.

- Bei Umsetzung von Variante 1 ist mit keinen wesentlichen Nutzungskonflikten auf dem Zanders-Areal zu rechnen.
- Bei Variante 2 würde eine dezentrale Abwasserbehandlung an dem jetzigen Standort der Betriebskläranlage errichtet. Entsprechend ergibt sich für die Fläche der Betriebs- kläranlage ein Nutzungskonflikt zwischen dezentraler Abwasserbehandlung, der Nut- zung als Aquapark bzw. der Nutzung zur Niederschlagswasserbehandlung und dem Entwicklungsfeld 24b. Zudem ist der Flächenbedarf der dezentralen Abwasserbehand- lungsanlage bei der Ermittlung der Bruttogeschossflächen zu berücksichtigen. Neben

dem Flächenbedarf sind auch bauliche sowie gestalterische Aspekte zu beachten. Demnach ist Variante 2 schlechter als Variante 1 zu bewerten.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Varianten 1, 2.1 und 2.2 anhand eines gewichteten Notensystems mit den Noten 1-sehr gut, 2-gut, 3-befriedigend, 4-ausreichend und 5-mangelhaft zusammenfassend bewertet, wobei das volle Notenspektrum nur dann verwendet wird, wenn dies sinnvoll erscheint. Es zeigt sich, dass Variante 1 (zentrale Abwasserbehandlung) am besten abschneidet und demnach als Vorzugslösung identifiziert wird.

Tabelle 6-10: Bewertung der Schmutzwasserableitungs- und -behandlungsvarianten

Kriterium	Gewichtung	V 1	V 2.1	V 2.2
Wirtschaftlichkeit	30 %	2	3	3
Betrieb	20 %	1	3	3
Nachhaltigkeit	20 %	2	3	1
Umsetzbarkeit	20 %	2	3	4
Nutzungskonflikte	10 %	1	5	5
Gesamtnote		1,7	3,2	3,0

V 1: Zentrale Schmutzwasserbehandlung, V 2.1: Dezentrale Schmutzwasserbehandlung (konventionell), V 2.2: Neuartige Sanitärsysteme

6.5. Grundwasserbewirtschaftung auf dem Zanders-Areal

Der mittlere Grundwasserflurabstand im Jahr 2022 beträgt an den Grundwassermessstellen auf dem Zanders-Areal zwischen 0,47 m und 3,77 m [Bieske (2023c)]. Die Auswertung des Flurabstandsplans ergibt eine Unterschreitung des 3 m Grundwasserflurabstands auf ca. 25 ha (70 %) des Zanders-Areals (siehe Abbildung 3-18). Demzufolge sind die bestehenden oder neu geplanten Keller auf einem Großteil des Zanders-Areals einem dauerhaften Grundwasserdruck ausgesetzt.

6.5.1. Variante 1 – Absenken des Grundwasserspiegels

Durch das permanente Absenken des Grundwasserspiegels auf dem Zanders-Areal könnten die zu erhaltenden Bestandsgebäude mit Unterkellerung vor eindringendem Grundwasser, ähnlich wie es zurzeit in der Innenstadt praktiziert wird, geschützt werden. Ein Vorteil der Grundwasserspiegelabsenkung bestünde neben der Trockenlegung der Keller in dem zusätzlichen Potenzial

das Grundwasser energetisch zu nutzen. Als Nachteile sind der große Eingriff in den Wasserhaushalt, die Erlangung der wasserrechtlichen Genehmigungen, die Baukosten für die Brunnen, die Energiekosten für den Pumpenbetrieb und die möglichen Auswirkungen auf Altlastenmobilisierung in das Grundwasser zu nennen. Eine Grundwasserentnahme auf dem Zanders-Areal zur potenziellen energetischen Nutzung wurde zum derzeitigen Projektstand aufgrund fehlender hydrogeologischer Aspekte und fehlender Gutachten zu möglichen Interaktionen mit den Altlasten nicht weiterverfolgt.

6.5.2. Variante 2 – Abdichten der Gebäude

Bei den derzeitigen Grundwasserspiegellagen sind die Kellerbereiche der Bestandsgebäude von starkem Grundwassereintritt betroffen (siehe Flurabstandsplan in Abbildung 3-18). Eine Anreicherung des Grundwasserspiegels, z.B. durch Versickerungsanlagen, würde diese Problematik zusätzlich verschärfen. Im Zuge der Umbau- und Sanierungsmaßnahmen sind die zu erhaltenden Gebäude entsprechend den zukünftigen Nutzungsanforderungen abzudichten. Als Möglichkeiten sind Außen- oder Innenabdichtungen, in Form von Horizontal- und Vertikalsperren, zu untersuchen. Generell sind nachträgliche Grundwasserabdichtungen bei Bestandsgebäuden als sehr aufwendig einzustufen. Vergleichsweise einfach sind entsprechende Maßnahmen bei Neubauten umsetzbar. Für alle Neubauten auf dem Zanders-Areal mit Unterkellerung kann die Konstruktion einer wasserundurchlässigen Stahlbetonkonstruktion („weiße Wanne“) oder einer Grundwasserabdichtung mit Bitumenbahnen („schwarze Wanne“) erfolgen [DAfStb (2006), DIN 18533:2017]. Diese wasserundurchlässige Bauweise schützt zusätzlich vor Überschwemmungen infolge Hochwasser oder Starkregen. Die nachträgliche Konstruktion einer „weißen Wanne“ von innen ist möglich, aber sehr aufwendig.

6.5.3. Variante 3 – Verfüllen der Keller

Das Verfüllen der maroden Altbaukeller kann eine kostengünstige Option darstellen, wenn die Kellerräume der zu erhaltenden Bestandsgebäude nicht benötigt werden. Der Verlust der Kellerräume ist jedoch mit der Wertminderung des Gebäudes verknüpft. Zudem muss bei der Verfüllung auf geeignete Materialien und sachgerechte Ausführung geachtet werden, damit die Problematik nicht weiter verschärft wird. Bei den Neubauten muss festgelegt werden, ob Kellerräume vorgesehen werden oder nicht.

6.5.4. Variantendiskussion und Bewertung

Im Rahmen der konzeptionellen Vorbetrachtung erfolgt die Bewertung anhand der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Betrieb, Nachhaltigkeit und Umsetzbarkeit rein argumentativ:

- Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Investitions- und Betriebskosten diskutiert.

- Bei Variante 1 wird von hohen Investitions- und Betriebskosten ausgegangen, da Grundwasserentnahmebrunnen und ein Leistungssystem errichtet werden müssen. Zusätzlich sind weitere planerische Aufwände (z.B. Hydrogeologie) zu berücksichtigen.
- Variante 2 erfordert ebenfalls hohe Investitionskosten, da v.a. die Bestandsgebäude sehr aufwendig gegen das einströmende Grundwasser abgedichtet werden müssen. Auch bei unterkellerten Neubauten ist mit erhöhten Investitionskosten zu rechnen. Betriebskosten sind nicht zu erwarten.
- Bei Variante 3 wird der Verlust der Keller ist mit einer Wertminderung der Gebäude verknüpft. Dennoch stellt diese Variante durch den geringen Aufwand die wirtschaftlichste Maßnahme dar. Betriebskosten sind nicht zu erwarten.

- Betrieb

Es werden die Nutzung und der betriebliche Aufwand bewertet.

- Variante 1 erfordert den dauerhaften Einsatz von Energie zum Betrieb der Grundwasserpumpen und regelmäßige Kontroll- bzw. Instandhaltungsarbeiten. Gleichzeitig kann das Grundwasser jedoch einer weiteren energetischen, sehr effizienten Nutzung zugeführt werden, was positiv bewertet wird.
- Bei Variante 2 sind bei fachgerechter Ausführung keine regelmäßigen Aufwände oder wesentliche Nutzungseinschränkungen zu erwarten. Die Abdichtung der Gebäudehülle hat zudem positive Effekte hinsichtlich Überflutungen zufolge Starkregen oder Hochwasser. Die Variante wird am besten bewertet.
- Variante 3 ist mit großen Nutzungseinschränkungen verbunden, da Kellerräume nicht mehr zur Verfügung stehen.

- Nachhaltigkeit

Es werden Faktoren wie der Eingriff in den Wasserkreislauf und die Wahl von Baumaterialien betrachtet.

- Variante 1 erfordert eine kontinuierliche Absenkung des Grundwasserspiegels, was einen großen Eingriff in den natürlichen Wasserkreislauf bedeutet. Außerdem können zum derzeitigen Projektstand keine Aussagen zu einer eventuellen Mobilisierung von Altlasten durch die veränderten Grundwasserströmungen getroffen werden. Variante 1 wird hinsichtlich Nachhaltigkeit am schlechtesten bewertet.
- Variante 2 erfordert einen erhöhten Einsatz an CO₂-Intensiven Baumaterialien (z.B. WU-Beton und Bitumenabdichtungen).

- Variante 3 sind keine Einschränkungen nachhaltiger Aspekte zu erwarten. Die Variante wird diesbezüglich am besten bewertet.
- **Umsetzbarkeit**
 Es werden mögliche genehmigungsrelevante Aspekte in Hinblick auf den jeweiligen Standort und bauliche Einschränkungen bewertet.
 - Die Umsetzung von Variante 1 ist mit hoher Unsicherheit hinsichtlich einer wasserrechtlichen Genehmigung verbunden und wird daher sehr gering bewertet.
 - Variante 2 ist stark davon abhängig, ob es sich bei den vorzunehmenden Maßnahmen um Neubauten (mit Kellergeschossen) oder um Bestandsgebäude handelt. Die Umsetzbarkeit im Bestand wird geringer als bei Neubauten, generell jedoch als hoch bewertet.
 - Bei Variante 3 wird die Umsetzbarkeit als sehr hoch bewertet.

Basierend auf der Beschreibung und Diskussion werden in der nachfolgenden Tabelle die Varianten 1, 2 und 3 anhand eines gewichteten Notensystems mit den Noten 1-sehr gut, 2-gut, 3-befriedigend, 4-ausreichend und 5-mangelhaft zusammenfassend bewertet, wobei das volle Notenspektrum nur dann verwendet wird, wenn dies sinnvoll erscheint. Demzufolge ergibt die Variante 3 – „Verfüllen der Keller“ die beste Bewertung.

Tabelle 6-11: Bewertung der Grundwasserbewirtschaftungsvarianten

Kriterium	Gewichtung	V 1	V 2	V 3
Wirtschaftlichkeit	30 %	4	4	2
Betrieb	20 %	2	1	3
Nachhaltigkeit	30 %	4	2	1
Umsetzbarkeit	20 %	3	1	1
Gesamtnote		3,4	2,2	1,7

V 1: Absenken des Grundwasserspiegels, V 2: Abdichten der Gebäude, V 3: Verfüllen der Keller

6.6. Trassenverlauf Strunde auf dem Zanders-Areal

Die Offenlegung der Strunde auf dem gesamten Zanders-Areal ist ein wesentliches Element der Strukturplanung (siehe Kapitel 2.2.1) und soll unabhängig vom gewählten Wasserbewirtschaftungskonzept (siehe Kapitel 7) umgesetzt werden.

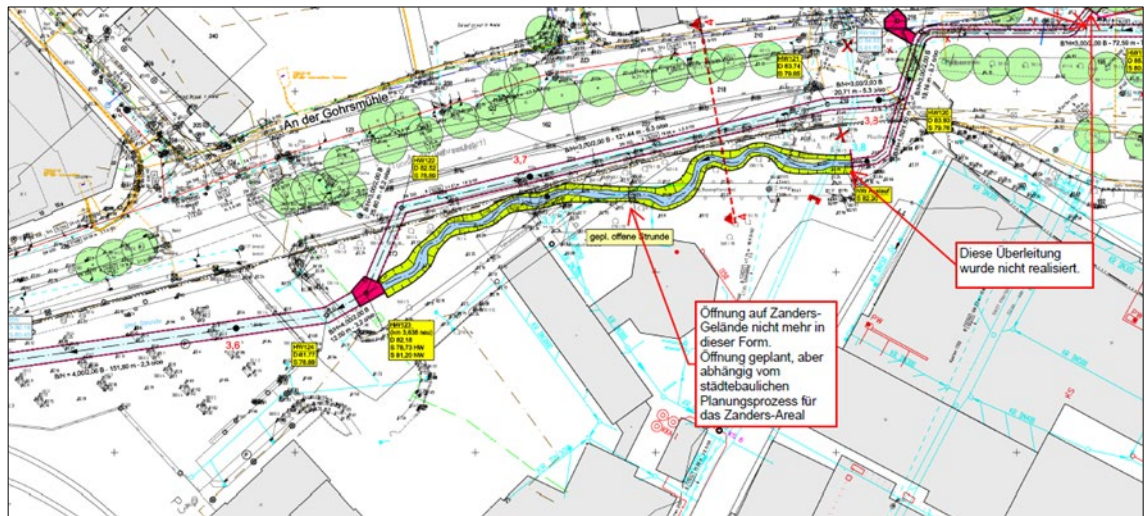


Abbildung 6-30: Ausschnitt genehmigter Trassenverlauf aus [Fischer Ingenieurbüro (2010)]

Derzeit verläuft die Strunde im Hochwasserkanal, der durch das Zanders-Areal verläuft. Bevor dieser gebaut wurde, verlief die Strunde ebenfalls durch eine Verrohrung, welche derzeit für die Niederschlagsentwässerung genutzt wird (siehe Kapitel 3.3.1).

Derzeit besteht eine Planung der Strundeöffnung für den nördlichen Bereich des Zanders-Areals aus dem Projekt „StrundeHoch4“ [Fischer Ingenieurbüro (2010)] für die eine planfestgestellte Trasse als offener Verlauf bereits genehmigt wurde (siehe Abbildung 6-30). Im Zuge der Entwicklung des Zanders-Areals soll die Strunde auf dem gesamten Areal offengelegt werden. Für den offenen Trassenverlauf des Niedrigwasserprofils der Strunde auf dem gesamten Zanders-Areal werden verschiedene Varianten untersucht. Das Gerinne ist nach Angaben des Strundeverbands auf einen maximalen Durchfluss von $2 \text{ m}^3/\text{s}$ zu bemessen. Höhere Abflussmengen werden über das Hochwasserprofil abgeleitet. Abbildung 6-31 zeigt mögliche Verläufe der Strunde in vier Varianten [Strundeverband (2023)].



Abbildung 6-31: Varianten für die Offenlegung der Strunde nach [Karres en Brands (2022), Strundeverband (2023)]

Bevor die Strunde auf dem Zanders-Areal offengelegt werden kann, ist die Zuleitung außerhalb des Areals zu untersuchen. Das bestehende Niedrigwasserprofil der Strunde liegt ungefähr 4 Meter über dem Hochwasserprofil. Aufgrund der Höhenlagen ist ein Anschluss an das bestehende Niedrigwasserprofil notwendig. Dies bedeutet, dass eine neue Verrohrung unterhalb der Straße „An der Gohrmühle“ errichtet werden muss. In Abbildung 6-32 ist eine Möglichkeit der Unterquerung, ausgehend vom derzeitigen Einlaufbauwerk, dargestellt. Bei der Unterquerung ist auf das bestehende Regenklärbecken „An der Gohrmühle“ zu achten. Nach der Unterquerung kann die Strunde ca. 40 bis 50 Meter parallel zur Straße verlaufen, bevor sie auf das ca. 2 Meter tiefer gelegene Zanders-Areal geführt wird. Hier kann bereits über eine offene Trassenführung diskutiert werden. Der Abstand der Verrohrung zur Geländehöhe beträgt bei einem Gefälle von 1,5 % ca. 1,43 m.

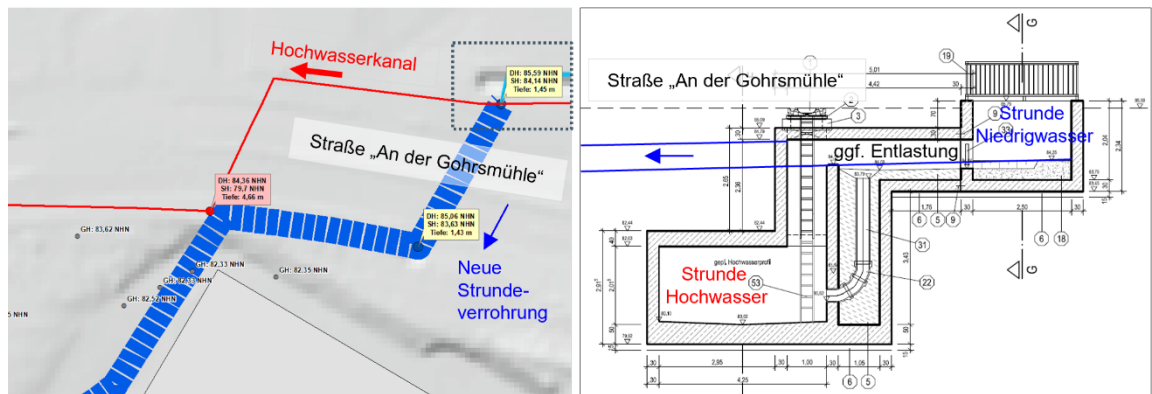


Abbildung 6-32: Möglichkeit der Straßenunterquerung „An der Gohrsmühle“ angepasst nach [Fischer Ingenieurbüro (2015)]

In den nächsten Abschnitten werden die Varianten genauer beschrieben und deren Längsprofil ausgewertet. Die Geländehöhen basieren auf dem DGM1 (siehe Kapitel 3.3) und sind stark überhöht dargestellt. Der Ausgangspunkt (Entfernung = + 0,0 m) ist die Verrohrung nach der Straßenunterquerung „An der Gohrsmühle“ und der Endpunkt ist mit dem Einlauf in die bestehende Strunde definiert. Beim Übergang auf das Zanders-Areal und bei der Einleitung in die bestehende Strunde sind bei allen Varianten die deutlichen Geländesprünge zu erkennen. Solche Geländeeinschnitte können z.B. aufgefüllt werden, sodass kein Absturz bzw. keine Sohlgleite eingebaut werden muss und die Tiefenlage der Strunde im weiteren Verlauf deutlich geringer ausfallen kann [Strundeverband (2023)]. Als Anhaltspunkt ist jeweils die eingeschnittene Strundeachse mit einem notwendigen Gefälle angegeben. Das Gefälle ist möglichst variabel zu gestalten, wobei ein festgelegtes Mindestgefälle von 2,0 ‰ eingehalten werden soll. Überschreitet die Gewässerachse das Gelände, so müssen Ausgleichsmaßnahmen vorgenommen werden. Ziel ist es, tiefe Geländeeinschnitte zu vermeiden und das Profil möglichst flach nahe der Oberfläche zu führen. Die genauen Höhenlagen müssen im Einzelfall im Zuge der Dimensionierung des Strundeprofils ermittelt werden, was in dieser Studie nicht durchgeführt wird.

6.6.1. Variante 1 – Verlauf über dem Hochwasserprofil

Variante 1 verläuft über dem verrohrten Hochwasserprofil. Die Trassenführung schließt den planfestgestellten Abschnitt nördlich der Verwaltungsgebäude mit ein und verläuft nördlich der Entwicklungsfelder 18 und 22b (Mobilitätshub) und im weiteren Verlauf durch das Entwicklungsfeld 22d. In Abbildung 6-33 ist der Längsschnitt der Variante 1 dargestellt. Die Gesamtlänge der Variante 1 beträgt (ohne die Straßenverrohrung) ca. 720 m. Aufgrund des Verlaufs über dem Hochwasserkanal ist die Altlastensituation durch vergangene Untersuchungen und Grabungen bekannt und kann für die Planung herangezogen werden. Nachteile dieser Variante ergeben sich durch die Trassenführung am Rand des Areals, durch die unmittelbare Nähe zum Mobilitätshub

(Entwicklungsfeld 22b) und die somit mögliche erhöhte Verkehrsbelastung, welche die Gewässerqualität beeinträchtigen kann. Es besteht eine Überlagerung mit dem Entwicklungsfeld 22d.

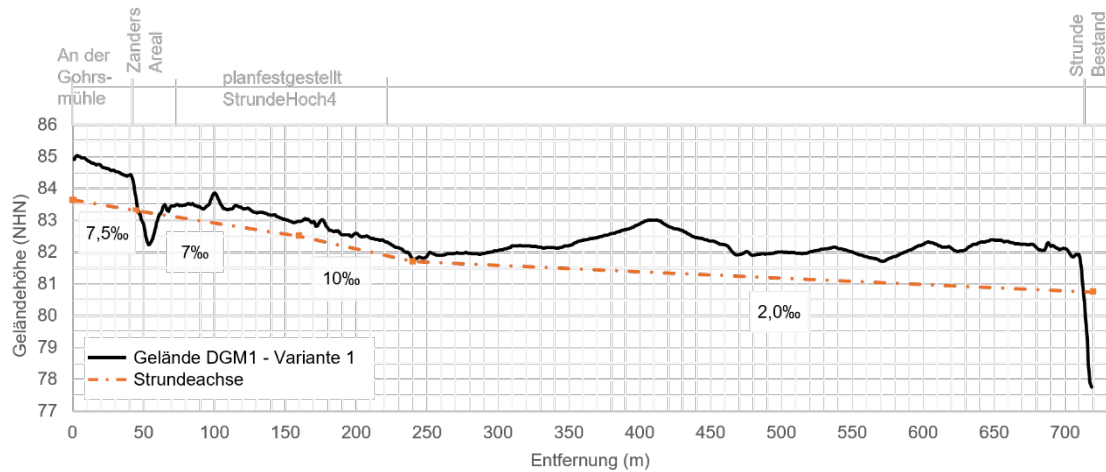


Abbildung 6-33: Längsschnitt Variante 1 – Verlauf über dem Hochwasserprofil

6.6.2. Variante 2 – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas

Variante 2 stellt einen möglichen Verlauf der Strunde dar, der sich an der „blauen Achse“ aus dem Strukturatlas [Karres en Brands (2022)] orientiert. Im Norden richtet sich der Verlauf nach der ehemaligen Strunde- bzw. Umbachverrohrung, bevor sie unter oder um den denkmalgeschützten Büstengarten geführt wird (siehe Kapitel 2.2.2). Hier werden zwei Möglichkeiten betrachtet (siehe Varianten 2a und 2b). Im Anschluss verläuft die Trasse durch das Entwicklungsfeld 20, um das zu erhaltende Forumgebäude herum und durchfließt den im Bereich der Betriebskläranlage geplanten Aquapark. In Abbildung 6-34 und Abbildung 6-35 ist der jeweilige Längsschnitt der Variante 2a und 2b dargestellt. Bei diesen Varianten ist der über 3 m tiefe Graben südlich des Büstengartens zu erkennen. Zudem ist ein Höhengsprung beim Übergang auf die ehemalige Betriebskläranlage (Aquapark) erkennbar.

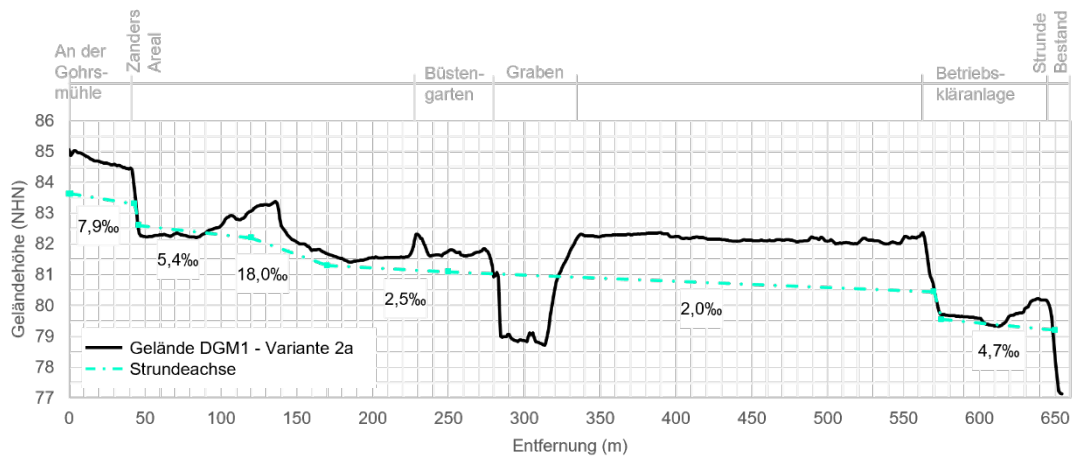


Abbildung 6-34: Längsschnitt Variante 2a – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas

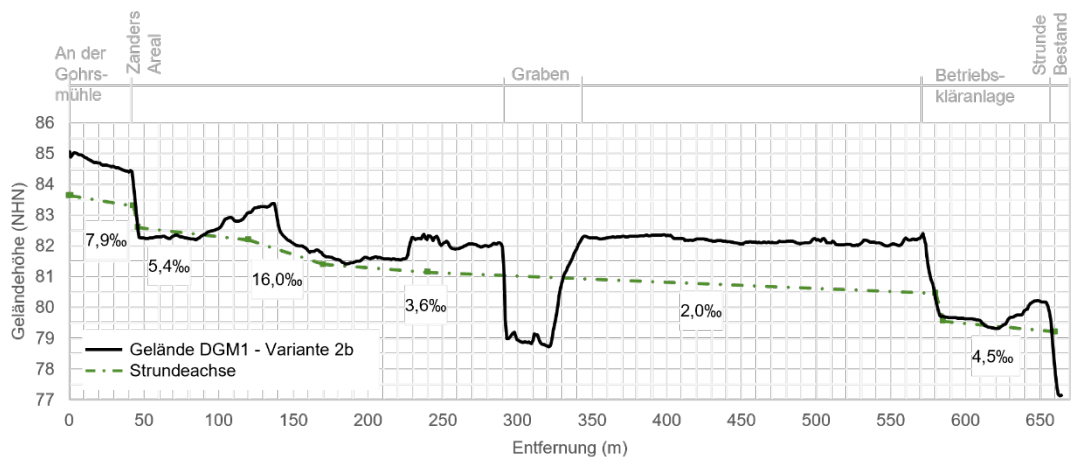


Abbildung 6-35: Längsschnitt Variante 2b – Verlauf in Anlehnung an den Strukturatlas

Die Vorteile dieser Variante(n) sind die zentrale Trassenführung durch das Zanders-Areal sowie Nutzung des historischen Verlaufs der Strunde- bzw. Umbachverrohrung. Aus städteplanerischer Sicht ist eine Führung der offenen Strunde durch den Aquapark als gestalterisches Element positiv zu bewerten. Die Nachteile liegen in der neuen Genehmigung für den nördlichen Trassenverlauf, da der planfestgestellte Abschnitt nicht genutzt wird¹. Bei einem Verlauf der Strunde durch den Aquapark müsste das Becken Biologie 1/Biologie 2 umgebaut werden. Eine alternative Führung durch den Aquapark ohne Umbaumaßnahmen ist aufgrund der engen Beckenabstände (Abstände zwischen Biologie und Nachklärung ca. 3,3 – 3,5 m) nur schwer umsetzbar (siehe Abbildung 6-36).

¹ Grundsätzlich gilt der im Planfeststellungsverfahren planfestgestellte Verlauf

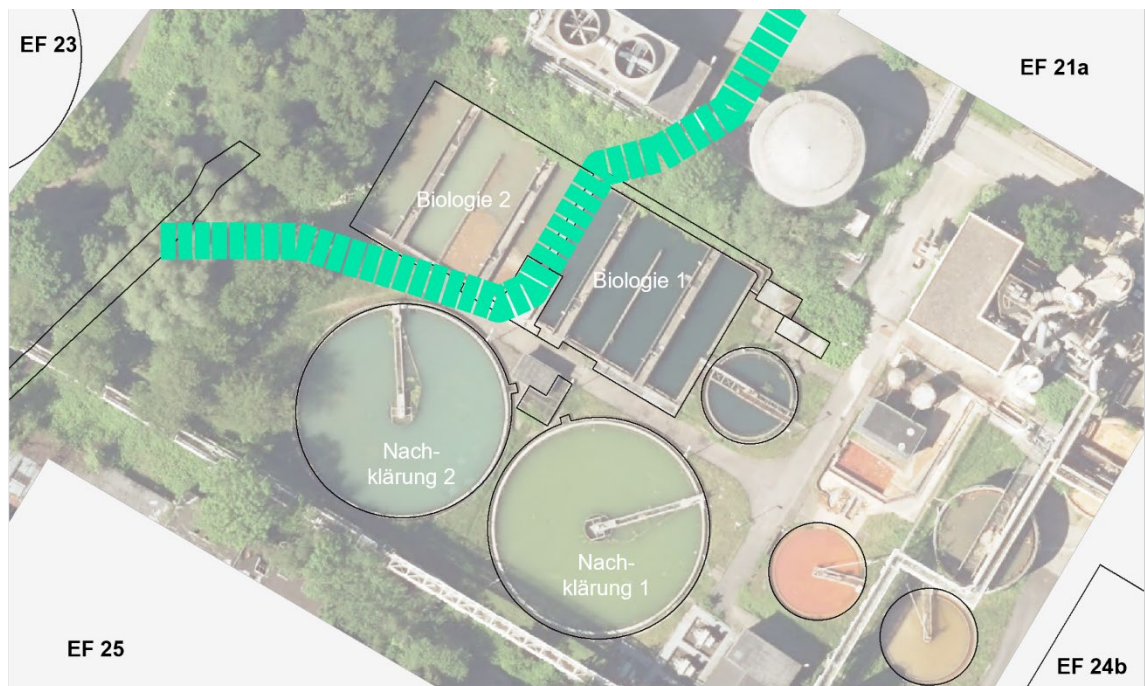


Abbildung 6-36: Verlauf der Strunde bei Variante 2 durch den Aquapark, Kartengrundlage: [GE-Oportal.NRW (2023)]

6.6.3. Variante 3 – Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark

Bei Variante 3 erfolgt ein Anschluss an die planfestgestellte Offenlegung. Die Trasse verläuft über den Parkplatz, dann zwischen Entwicklungsfeld 19 (Vewa 5) und Entwicklungsfeld 18 und anschließend durch den Gleispark. Die Gleise können entweder abgetrennt werden oder als reine Eisenbahnschienen über der Strunde als Element der Industriekultur erhalten bleiben. Anschließend führt der Verlauf nordwestlich der zu erhaltenden Staplerwerkstatt vorbei. Der Abstand zum Entwicklungsfeld 22a und der Staplerwerkstatt beträgt nur ca. 6 m. Im Anschluss führt der Verlauf durch das Entwicklungsfeld 22d in Richtung offener Strunde (Bestand). In Abbildung 6-37 ist der Längsschnitt der Variante 3 dargestellt. Die Trassenlänge beläuft sich auf ca. 590 m und stellt damit die kürzeste Variante dar.

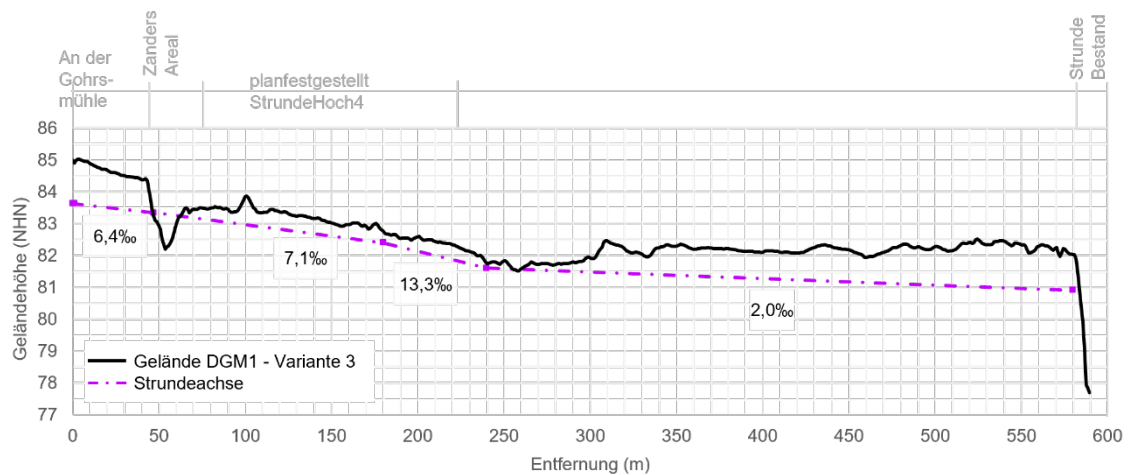


Abbildung 6-37: Längsschnitt Variante 3 – Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark

6.6.4. Variante 4 – Verlauf an Pförtnergebäude und Gleispark

Bei Variante 4 erfolgt ein Anschluss an die planfestgestellte Offenlegung. Der Trassenverlauf führt dann durch die Wiese vor dem Entwicklungsfeld 17 (Vewa1), welche unter Denkmalschutz steht. Im weiteren Verlauf führt die offene Strunde durch das Entwicklungsfeld 19, zwischen dem altem Pförtnergebäude und der Vewa 5 durch. Die heutige Pforte wird abgerissen. Anschließend wird die Strunde durch den Gleispark geführt. Die Gleise können entweder abgetrennt werden oder als reine Eisenschienen über der Strunde als Element der Industriekultur erhalten bleiben. Dann führt der Verlauf südöstlich der zu erhaltenden Staplerwerkstatt vorbei und dann durch das Entwicklungsfeld 22d in Richtung offener Strunde (Bestand). In Abbildung 6-38 ist der Längsschnitt der Variante 4 dargestellt.

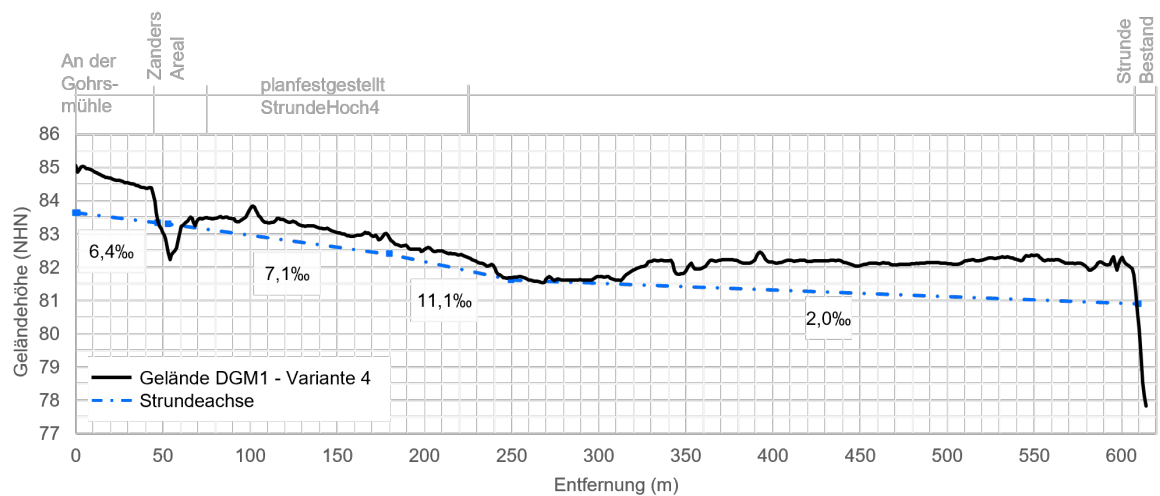


Abbildung 6-38: Längsschnitt Variante 4 – Verlauf an Pfortnergebäude und Gleispark

6.6.5. Variantendiskussion und Bewertung

Der Querschnitt der offenen Strunde wird zur Definition des Mindestabstands mit einem gleichschenkeligen Trapezprofil und einer variablen Böschungsneigung von 1:5 bis maximal 1:1 festgelegt. Bei einer geringen Böschungsneigung wird eine geringere Sohlbreite gewählt. Es sollte eine Trassenbreite von ca. 10 m geplant werden [Strundeverband (2023)]. Auf Grund der vorhandenen Altlasten ist ggf. eine wasserundurchlässige Sohle und Böschung erforderlich. Dies kann z.B. über eine Tonabdichtung erzielt werden. Die offene Strunde wird mit einer naturnahen Sohle hergestellt. Die Oberflächenbeschaffenheit beeinflusst das Abflussverhalten und damit die Gerinnegeometrie zur Ableitung der Niedrigwassermenge von 2 m³/s.

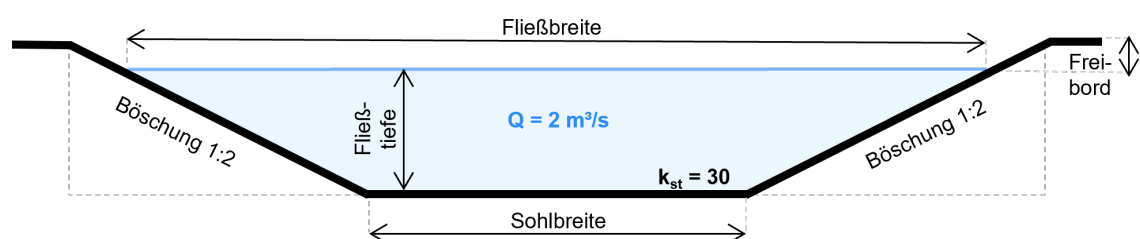


Abbildung 6-39: Beispiel Strundequerschnitt

Die folgende beispielhafte Betrachtung soll die Zusammenhänge des Fließquerschnitts mit der Abflussberechnung aufzeigen (siehe Tabelle 6-12). Über die Fließformel von Manning – Strickler können bei dem angesetzten Mindestgefälle von 2,0 ‰, einem konservativ angenommenen Rauheitswert k_{st} von 30 (naturnahe Bäche mit mäßigem Uferbewuchs) und einem Gesamtabfluss von 2,0 m³/s erforderliche Profilabmessungen abgeleitet werden. Beispielsweise ergibt sich bei einer

Böschungsneigung von 1:2 und einer Sohlbreite von 3 m eine minimal erforderliche Fließtiefe von 0,60 m. Bei einer reduzierten Fließtiefe von 0,40 m würde, bei gleichbleibenden Annahmen, eine Sohlbreite von mindestens 6,5 m erforderlich. Bei Ausschöpfung der Gerinnebreite (Fließbreite) von 10 m würde eine Gerinnehöhe (Fließtiefe) von mindestens 0,35 m erforderlich.

Die notwendigen Profilabmessungen ergeben sich aus der gewählten Variante, der Geländetopographie, den Materialrauheiten und der Höhenlage der Achse.

Tabelle 6-12: Profilabmessungen bei variierenden Parametern nach Manning-Strickler

Böschungsneigung	Sohlbreite	Fließbreite	Fließtiefe	Q_{\max}
1:1	3,5 m	4,7 m	0,60 m	2,0 m ³ /s
1:2	3 m	5,4 m	0,60 m	2,0 m ³ /s
1:2	6,5 m	8,1 m	0,40 m	2,0 m ³ /s
1:2	8,6 m	10 m	0,35 m	2,0 m ³ /s
1:5	1,8 m	7,8 m	0,60 m	2,0 m ³ /s
1:5	6,0 m	10 m	0,40 m	2,0 m ³ /s

Der in Abbildung 6-40 dargestellte Verlauf der offenen Strunde (10 m Puffer) beeinflusst durch das eingeschnittene Profil die Flächenaufteilung, den Verlauf der oberflächennahen Niederschlagswasserableitung, die Zwischenspeicherung im Aquapark und ggf. auch die Schmutzwasserkanalisation. Dies ist bei der Konzepterstellung zu berücksichtigen. Bei unbelasteten Flächen (z.B. Gründächern) ist eine Niederschlagswassereinleitung in die offene Strunde denkbar. Zudem kann sie als Notwasserweg bei Starkniederschlägen dienen. Dies ist bei einer späteren Dimensionierung zu betrachten, die in dieser Studie nicht durchgeführt wird.



Abbildung 6-40: Flächenaufteilung des Areals nach dem Gewässerverlauf

In Abbildung 6-41 sind die betrachteten vier Varianten für die Offenlegung der Strunde auf dem Zanders-Areal mit den denkmalgeschützten bzw. erhaltenswerten Gebäuden und Außenflächen (siehe Kapitel 2.2.2) sowie einem hinterlegten Luftbild dargestellt. Als Orientierung entspricht die Breite der dargestellten Linien einem Abstand von ca. 5 m. Aufgrund der räumlichen Nähe der Varianten 3 und 4 nördlich der Staplerwerkstatt ist eine Kombination der Trassenverläufe möglich.

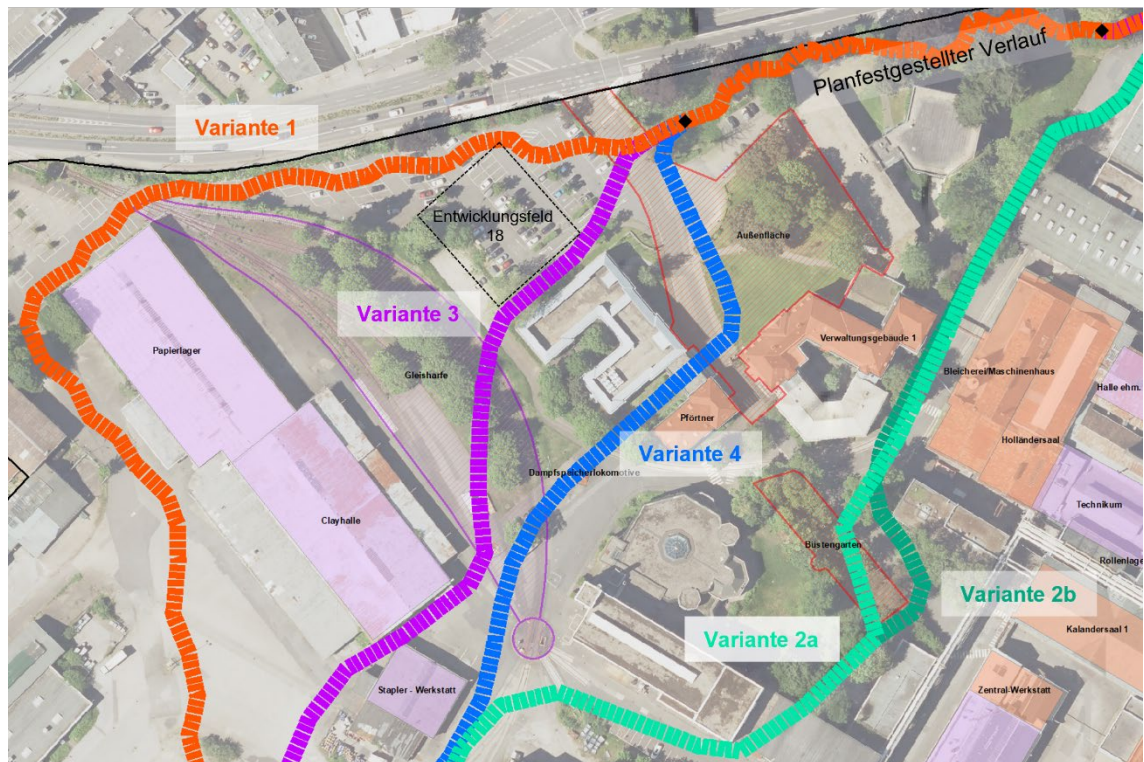


Abbildung 6-41: Variantendarstellung mit Luftbild und erhaltenswerter Infrastruktur, Kartengrundlagen [GEOportal.NRW (2023), Projektgruppe Zanders-Areal (2023d), Strundeverband (2023)]

Variante 3 stellt mit ca. 590 m den kürzesten Trassenverlauf dar. Auch ist der Geländeverlauf nach dem derzeitigen Planungsstand mit wenig ausgeprägten Senkenbereichen für die oberflächen-nahe Profilverführung von Vorteil (geringe Einschnitttiefen). Gegenüber Variante 2a und Variante 4 besteht der Vorteil darin, dass keine denkmalgeschützten Außenflächen durchquert werden müssen. Die Schienen der Gleisharfe können als industriestrukturgebendes Element erhalten und in die offene Strunde integriert werden. Variante 1 wird aufgrund der Länge, der Randlage sowie der unmittelbaren Nähe zum Mobilitätshub (Konfliktpotenzial) nicht priorisiert. Die Varianten 2a und 2b weisen den sprunghaftesten Geländeverlauf auf. Dort sind nachzeitigem Stand die größten Einschnitttiefen zu erwarten. Zudem müssen Lösungen für den Graben südlich des Büstengarten und für die Durchquerung des möglichen Aquaparks getroffen werden, was Umbaumaßnahmen der Bestandsbecken erfordert. Bei Variante 2a und 2b sind derzeit die höchsten Trassenüberschneidungen zu erwarten, z.B. bestehende Strunde- bzw. Umbachverrohrung oder die neue Schmutzwasserableitung, welche ggf. zusätzliche Maßnahmen (z.B. Dükerung der Kanäle) erfordern.

Im Rahmen der konzeptionellen Vorbetrachtung erfolgt eine argumentative Bewertung anhand der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Gestaltung, Naturnähe/ökologisches Potenzial und Umsetzbarkeit:

- Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Trassenlänge, die Einbautiefen und Fließhindernisse bewertet.

- Variante 1 stellt mit ca. 720 m die längste Trassenführung dar. Die Altlastensituation wurde bereits im Zuge der Hochwasserschutzmaßnahmen erhoben und bewertet. Beim Übergang auf das Zanders-Areal sind Ausgleichsmaßnahmen des Geländes (z.B. durch Auffüllen) notwendig, um einen Absturz zu vermeiden. Die erforderliche Profilleinschnitttiefe ist bei Berücksichtigung des Mindestgefälles höher als bei Variante 3 oder Variante 4. Insgesamt wird die Variante eher unwirtschaftlich, jedoch besser als Variante 2 bewertet.
- Die Gesamtlänge der Variante 2a bzw. Variante 2b beträgt ca. 655 bzw. 665 m. Im Trassenverlauf sind aufgrund der hohen Variabilität der Geländetopographie tiefe Einschnitte und Abstürze erforderlich. Dies betrifft die beiden Tiefpunkte beim Übergang auf das Zanders-Areal und bei der ehemaligen Betriebskläranlage. Beim Graben südlich des Büstengartens sind Ausgleichsmaßnahmen (z.B. Kunstbauwerk/Aquädukt oder Geländeauffüllung) erforderlich. Unter Berücksichtigung eines Mindestgefälles sind maximale Einbautiefen > 1,5 m zu erwarten. Im Bereich der Betriebskläranlage ist ein Beckenumbau erforderlich. Diese Variante wird am schlechtesten bewertet.
- Bei Variante 3 beträgt die Trassenlänge ca. 590 m und stellt damit die kürzeste Variante dar. Beim Übergang auf das Zanders-Areal sind Ausgleichsmaßnahmen des Geländes (z.B. durch Auffüllen) notwendig, um einen Absturz zu vermeiden. Unter Berücksichtigung eines Mindestgefälles sind maximale Einbautiefen von > 1 m zu erwarten. Variante 3 wird zusammen mit Variante 4 am besten bewertet.
- Die Trassenlänge beläuft sich bei Variante 4 auf ca. 615 m. Beim Übergang auf das Zanders-Areal sind Ausgleichsmaßnahmen des Geländes (z.B. durch Auffüllen) notwendig, um einen Absturz zu vermeiden. Unter Berücksichtigung eines Mindestgefälles sind maximale Einbautiefen von > 1 m zu erwarten. Variante 4 wird zusammen mit Variante 3 am besten bewertet.

- Gestaltung

Es werden Aspekte aus der Strukturplanung und gestalterische Elemente bewertet.

- Durch die Randlage auf dem Zanders-Areal wird Variante 1 im Hinblick auf die Zentralität und Erlebbarkeit am schlechtesten bewertet.
- Variante 2 stellt die zentralste Variante hinsichtlich der Flächenaufteilung dar. Der Verlauf orientiert sich an der „blauen Achse“ aus dem Strukturatlas und führt durch den Aquapark. Die Variante 2 wird demzufolge am besten bewertet.
- Bei Variante 3 überschneidet der Strundetrasse die Gleisharfe. Die Schienen können als industriestrukturegebendes Element erhalten und in die offene Strunde integriert werden. Durch den „schleifenden“ Schnitt der Strundeachse mit den Schienen ist die

Überlagerung deutlich länger ausgeprägt als bei Variante 4. Entsprechende Stützkonstruktionen sind einzuplanen. Variante 3 wird gleich bewertet wie Variante 4.

- Bei Variante 4 können die Schienen der Gleisharfe ebenfalls als industriestrukturegebendes Element erhalten und in die offene Strunde integriert werden. Der Überlagerungsbereich ist jedoch geringer. Variante 4 wird gleich bewertet wie Variante 3.

■ Naturnähe/ökologisches Potenzial

Die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) zielt u.a. darauf ab, das „ökologische Potenzial“ der Strunde zu verbessern. Zu den Kriterien gehören die Möglichkeiten einer natürlichen oder naturnahen Trassenführung und Uferentwicklung. In dieser Bewertung werden Einschränkungen bzgl. Trassenbreite in Abhängigkeit der Entwicklungsfelder und der zu erhaltenden Bestandgebäude abgeschätzt.

- Bei Variante 1 ist die Trassenführung auf den Rand des Areals festgelegt. Der Verlauf führt über den derzeitigen Parkplatz und an einem zukünftigen Mobilitätshub vorbei, was ein Konfliktpotenzial (z.B. Stoffeintrag durch hohes Verkehrsaufkommen) darstellen kann. Die Platzverhältnisse sind bei dieser Variante am größten einzuschätzen. Insgesamt wird die Variante 1 ähnlich der Variante 3 mit gut bewertet.
- Bei Variante 2 führt die Trasse durch das ehemalige Kernareal und die ehemalige Betriebskläranlage, wo durch die zu erhaltenden Bestandgebäude und Klärbecken die geringsten Platzverhältnisse vorherrschen. Dadurch wird eine naturnahe Führung der Strunde erschwert und die Variante entsprechend schlecht bewertet.
- Bei Variante 3 ergibt sich eine räumliche Einschränkung, da der Abstand zwischen der zu erhaltenen Stapler-Werkstatt und Entwicklungsfeld 22a derzeit nur ca. 6 m beträgt. Bei einem Abriss der „Clayhalle“ und einer Neuerschließung kann dieser Abstand vergrößert oder die Bauweise der Trassenführung angepasst werden. Ansonsten sind keine wesentlichen räumlichen Einschränkungen zu erwarten. Das Potenzial einer naturnahen Trassenführung ist demnach hoch einzuschätzen.
- Bei Variante 4 ergibt sich eine räumliche Einschränkung durch die Führung zwischen dem alten Pförtnergebäude (Denkmalschutz) und dem Vewa 5 Verwaltungsgebäude. Der Abstand beträgt jedoch ca. 11 m. Das Potenzial einer naturnahen Trassenführung wird am besten eingeschätzt.

■ Umsetzbarkeit

Es werden mögliche genehmigungsrelevante Aspekte in Hinblick auf die jeweilige Trassenführung und das Konfliktpotenzial (z.B. Denkmalschutz der Außenflächen und mögliche Kollisionspunkte mit anderen Infrastrukturen) bewertet.

- Variante 1 verläuft über dem Hochwasserprofil und schließt an den planfestgestellten Abschnitt der Strunde an. Im Verlauf verläuft sie durch das Entwicklungsfeld 22d. Die Umsetzbarkeit wird zusammen mit Variante 3 am höchsten eingeschätzt.

- Variante 2 nutzt den planfestgestellten Abschnitt der Strunde nicht mit. Die Trassenführung verläuft durch das Entwicklungsfeld 20. Aufgrund der Umbauarbeiten im Bereich der ehemaligen Betriebskläranlage wird die Umsetzbarkeit erschwert. Durch die zentrale Lage sind auch die meisten Kollisionspunkte mit neuen Infrastrukturnetzen zu erwarten, was ggf. zusätzliche Maßnahmen (z.B. Dükerung von Kanälen erfordert). Die Variante 2a durchquert den denkmalgeschützten Büstengarten, wohingegen Variante 2b diesen umgeht. Insgesamt wird die Umsetzbarkeit am schlechtesten bewertet.
- Variante 3 schließt an den planfestgestellten Abschnitt der Strunde an. Im Verlauf verläuft die Trasse durch das Entwicklungsfeld 22d. Es müssen keine denkmalgeschützten Außenflächen durchquert werden. Die Umsetzbarkeit wird zusammen mit Variante 1 am höchsten eingeschätzt.
- Variante 4 schließt an den planfestgestellten Abschnitt der Strunde an. Der Trassenverlauf führt durch die Wiese vor dem Entwicklungsfeld 17 (Vewa1), welche unter Denkmalschutz steht. Dadurch kann sich ggf. ein Ausschlusskriterium ergeben. Die heutige Pforte muss abgerissen werden. Im Verlauf verläuft die Trasse durch das Entwicklungsfeld 22d. Die Variante 4 wird demzufolge geringer als Variante 1 und 3 bewertet.

Eine abschließende Bewertung des offenen Strundeverlaufs hängt neben den wasserwirtschaftlichen Aspekten auch maßgeblich von weiteren stadtplanerischen Gesichtspunkten ab. Die voran geführte Beschreibung wird in Tabelle 6-13 mit gewichteten Kriterien nach einem 5-stufigen Notensystem (1-sehr gut, 2-gut, 3-befriedigend, 4-ausreichend und 5-mangelhaft) zusammenfassend bewertet, wobei das volle Notenspektrum nur dann verwendet wird, wenn dies sinnvoll erscheint. Aus derzeitiger Sicht ist Variante 3 – „Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark“ zu bevorzugen. Variante 1 – „Verlauf über Hochwasserprofil“ und Variante 4 – „Verlauf an Pfortnergebäude und Gleispark“ werden gleich gut auf Rang 2 bewertet. Die Variante 2 – „Verlauf Strukturatlas“ erhält die schlechteste Bewertung. Der finale Trassenverlauf der Strunde auf dem Zanders-Areal wird in dieser Studie nicht festgesetzt.

Tabelle 6-13: Bewertung der Gewässervarianten

Kriterium	Gewichtung	V 1	V 2	V 3	V 4
Wirtschaftlichkeit	20 %	3	4	1	1
Gestaltung	10 %	3	1	2	2
Naturnähe/ökologisches Potenzial	30 %	2	3	2	1
Umsetzbarkeit	40 %	1	3	1	3
Gesamtnote		1,9	3,0	1,4	1,9

V 1: Verlauf über Hochwasserprofil, V 2: Verlauf Strukturatlas, V 3: Verlauf an Staplerwerkstatt und Gleispark, V 4: Verlauf an Pfortnergebäude und Gleispark

7. Konzeptentwicklung

Die im Folgenden vorgestellten drei Konzepte beinhalten priorisierte Teilkonzepte (TK1 bis TK6, siehe Kapitel 6), bauen aufeinander auf bzw. ergänzen sich gegenseitig. Es wird ein zentrales Basiskonzept (Konzept 1) erarbeitet, welches um blau-grüne Infrastruktur (Konzept 2) und um Betriebswassernutzung (Konzept 3) erweitert wird. Konzept 2 und Konzept 3 berücksichtigen entsprechende Anpassungen und Auswirkungen auf das Basiskonzept (siehe Abbildung 7-1).

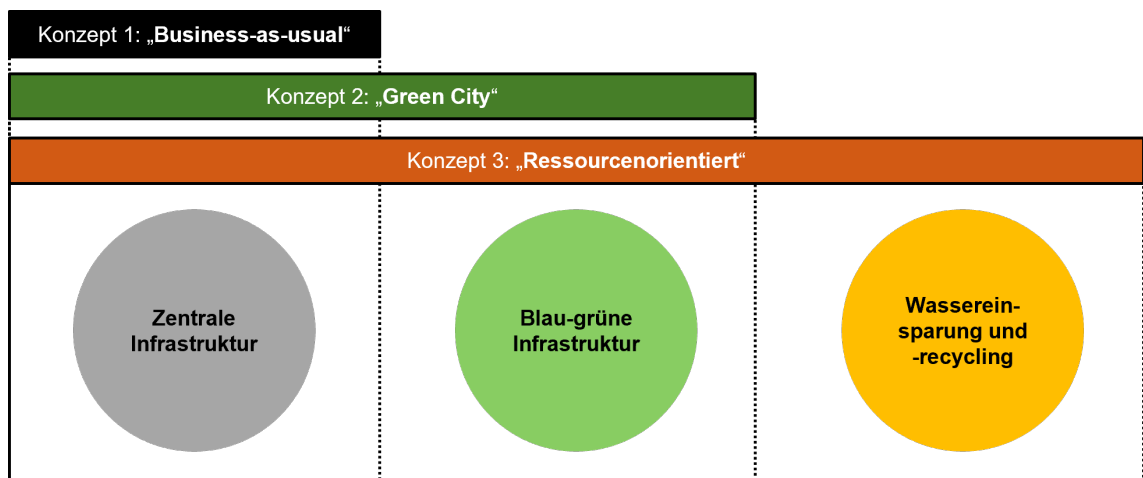


Abbildung 7-1: Gliederung der Konzepte

Basierend auf der Identifikation der Vorzugsvarianten (siehe Kapitel 6.6) ist bei allen drei Konzepten ist der Anschluss an das öffentliche Trinkwassernetz sowie die Schmutzwasserableitung und -behandlung auf der Kläranlage Beningsfeld vorgesehen (TK1 und TK4). Die Grundwasserbewirtschaftung auf dem Zanders-Areal (TK5) wird nicht abschließend festgelegt. Ebenfalls ist die Offenlegung der Strunde (TK6) bei allen Konzepten vorgesehen, die Trassenführung wird jedoch nicht abschließend festgelegt.

Bei den drei Konzepten werden folgende unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt, die in den nachfolgenden Kapiteln ausführlich diskutiert werden:

- Konzept 1: „Business-as-usual“
 - Hauptsächlich rohrgebundene Niederschlagswasserableitung in die Strunde
 - Ggf. Retention im Bereich der Betriebskläranlage
 - Gründächer als Wasserrückhaltemaßnahmen
- Konzept 2: „Green City“
 - Offene Niederschlagswasserableitung in die Strunde
 - Retentionsdächer (Gründächer mit zusätzlichem Retentionsspeicher)
 - Aquapark in Kombination mit Niederschlagswassermanagement

- Konzept 3: „Ressourcenorientiert“
 - Erweiterung des Konzepts 2 „Green City“ mit einer Betriebswassernutzung
 - Konzept 3.1: zentrale Grundwassernutzung (abhängig vom Energiekonzept)
 - Konzept 3.2: kombinierte, dezentrale Grau- und Niederschlagswassernutzung (unabhängig vom Energiekonzept)

7.1. Konzept 1 „Business-as-usual“ – Konventionelle Ableitung

Das Konzept „Business-as-usual“ basiert auf einer traditionellen und rohrleitungsgebundenen Infrastruktur. Ziel ist es, das Zanders-Areal an die vorhandenen zentralen Ver- und Entsorgungsnetze anzuschließen. Bei diesem Konzept werden bereits Elemente aus dem Strukturatlas eingearbeitet, die sowohl mit dem wasserwirtschaftlichen als auch mit dem energetischen Konzept verbunden sind. Zum einen wird eine Reduktion des Versiegelungsgrades auf dem gesamten Areal von ca. 75 % auf ca. 55% angestrebt [Karres en Brands (2022)]. Zudem wird die Implementierung von intensiven und extensiven Gründachflächen vorgesehen. Letztere kommen in Kombination mit Photovoltaik- und Solaranlagen zum Einsatz

7.1.1. Trinkwasserversorgung

Der Trinkwasserbedarf für das Zanders-Areal wurde in Kapitel 2.2.3 abgeschätzt. In Konzept 1 wird der gesamte Jahresbedarf von 246.781 m³/a sowie der Löschwasserbedarf über das zentrale Versorgungsnetz von Bergisch Gladbach (BELKAW) bereitgestellt (siehe Abbildung 7-2).

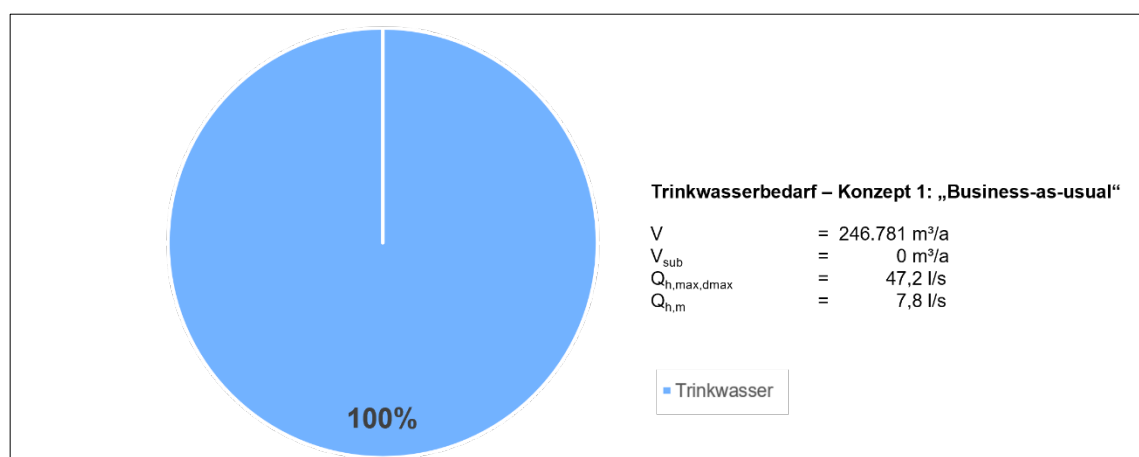


Abbildung 7-2: Übersicht Trinkwasserbedarf – Konzept 1

In Abbildung 7-3 ist die zukünftige Verteilung des Trinkwassers dargestellt, über die auch Löschwasser bereitgestellt wird. Da die ehemaligen rückgebauten Trinkwasseranschlüsse nicht genutzt

werden können, sind neue Anschlüsse zu errichten. Die vorhandenen Löschwasserbecken werden für die Bereitstellung des Grundschutzes nicht berücksichtigt. Sollte ein derzeit noch nicht abschätzbarer Objektsschutz erforderlich werden, kann die Verwendung des Löschwassertanks, der sich in einem guten Zustand befindet und nicht überbaut wird, berücksichtigt werden (siehe Kapitel 3.1.1).

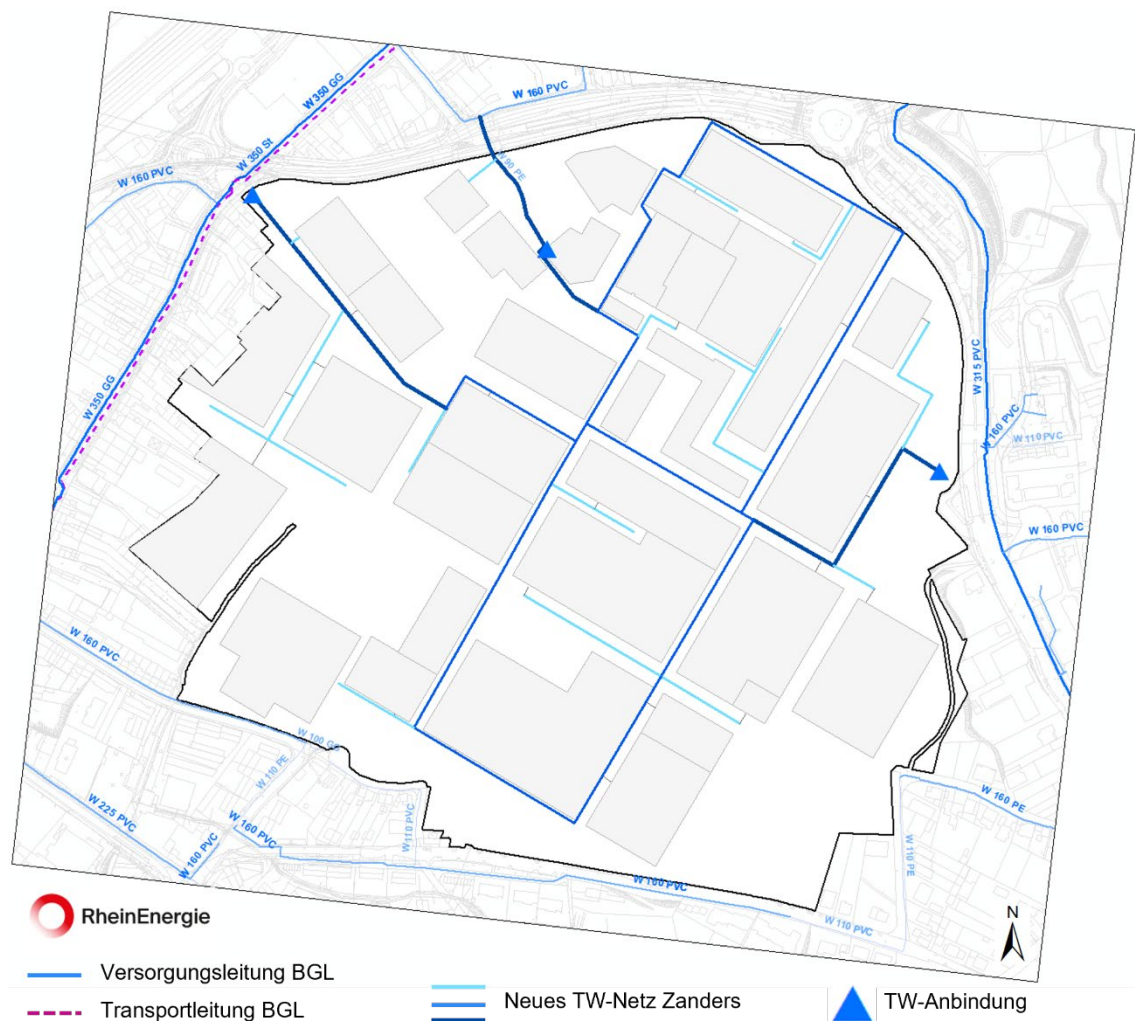


Abbildung 7-3: Konzept einer zukünftigen Trinkwasserversorgung, Kartengrundlage [RheinEnergie (2023)]

Im Hinblick auf ein robustes Leitungsnetz werden zwei unabhängige Maschen, sowie drei Einspeisestellen/Anbindungen an das zentrale Versorgungsnetz vorgesehen. Die bestehende Anbindung zum Verwaltungstrakt wird aufrechterhalten. Zwei ehemals genutzte Anbindungen, welche derzeit abgetrennt und rückgebaut sind, werden in zwei Entwicklungsphasen an das Versorgungsnetz neu angebunden. Somit kann die Versorgung nach der (n-1) Regel auch bei Ausfall eines Versorgungspunktes gewährleistet werden und die Redundanz des Systems gesteigert werden.

Die Phasierung des Trinkwassernetzausbaus in Bezug auf die drei Entwicklungsphasen ist in Abbildung 7-4 skizziert. Die Qualitätsanforderungen sind bei der Dimensionierung der Rohrleitungen mit einem hydraulischen Modell zu überprüfen und erfordern ggf. eine Anpassung der Netztopologie. So kann u.U. ein Ringschluss bereits in einer früheren Ausbauphase vorteilhaft sein. Generell ist die Planung des Leitungsausbaus mit den anderen Infrastrukturnetzen abzustimmen und zu optimieren.

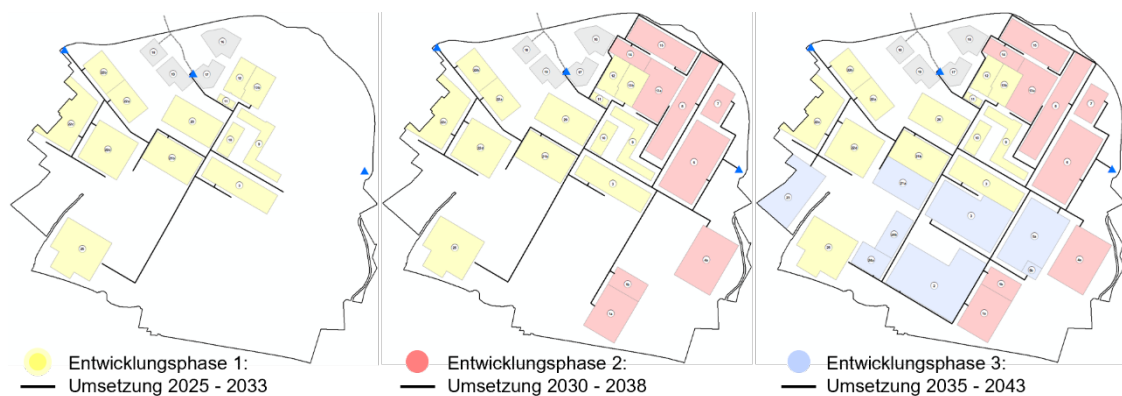


Abbildung 7-4: Phasierung des Trinkwassernetzausbaus

7.1.2. Schmutzwasserableitung und -behandlung

Gemäß Kapitel 6.4 ist der Anschluss an die zentrale Abwasserbehandlung (KA Beningsfeld) als Vorzugslösung identifiziert worden. Demnach ist ein Anschluss an die vorhandene Schmutzwasserkanalisation vorzusehen. Für die Schmutzwasserableitung auf dem Zanders-Areal ist ein neues Netz vorzusehen, da der Zustand der bestehenden Kanäle unbekannt ist und diese für den Industriebetrieb ausgelegt waren und weder vom baulichen Zustand noch von der Dimensionierung den neuen Anforderungen entsprechen. Die Führung der Schmutzwasserkanalisation wird in Abhängigkeit der Trassenführung der offenen Strunde gewählt, um Unterquerungen und mögliche Dükerungen zu vermeiden. Aufgrund der großen Einbautiefen des bestehenden Hochwasserkanals sind keine Kollisionen zu erwarten.

Der Großteil des auf dem Zanders-Areal anfallenden Schmutzwassers wird in der Schmutzwasserkanalisation gesammelt und im Bereich der „Cederwaldstraße“ in die bestehende zentrale Schmutzwasserkanalisation von Bergisch Gladbach eingeleitet. Die geplante Schmutzwasserableitung erfolgt im freien Gefälle ohne Pumpwerk. In der „Mainstreet“ ist ein zentraler Sammelkanal vorgesehen. Bei einem möglichen Erhalt der bestehenden Regenkanalisation (u.a. Strunde- und Umbachverrohrungen) ist auf eventuelle Kollisionspunkte zu achten (siehe Abschnitt 7.1.3). Derzeit kann dies aufgrund der unbekanntenen Höhenlagen nicht abgeschätzt werden.

In Abbildung 7-5 ist das Konzept einer Schmutzwasserableitung dargestellt. Die Ableitung der westlichen Entwicklungsfelder 22a, 22b, 22c, 22d, 23 und 18 kann aufgrund der offenen Strunde (mögliche Kollisionspunkte) an drei Stellen in den Schmutzwasserkanal westlich des Zanders-Areals (Hauptstraße) im Freispiegelgefälle erfolgen. Ein Anschluss dieser Entwicklungsfelder ist, mit Ausnahme des Entwicklungsfeldes 23, auch zur „Mainstreet“ auf dem Zanders-Areal möglich. In der Abbildung sind die berechneten Sohlhöhen der Schächte und die Abstände zur Geländeoberkante (Deckelhöhen) dargestellt.

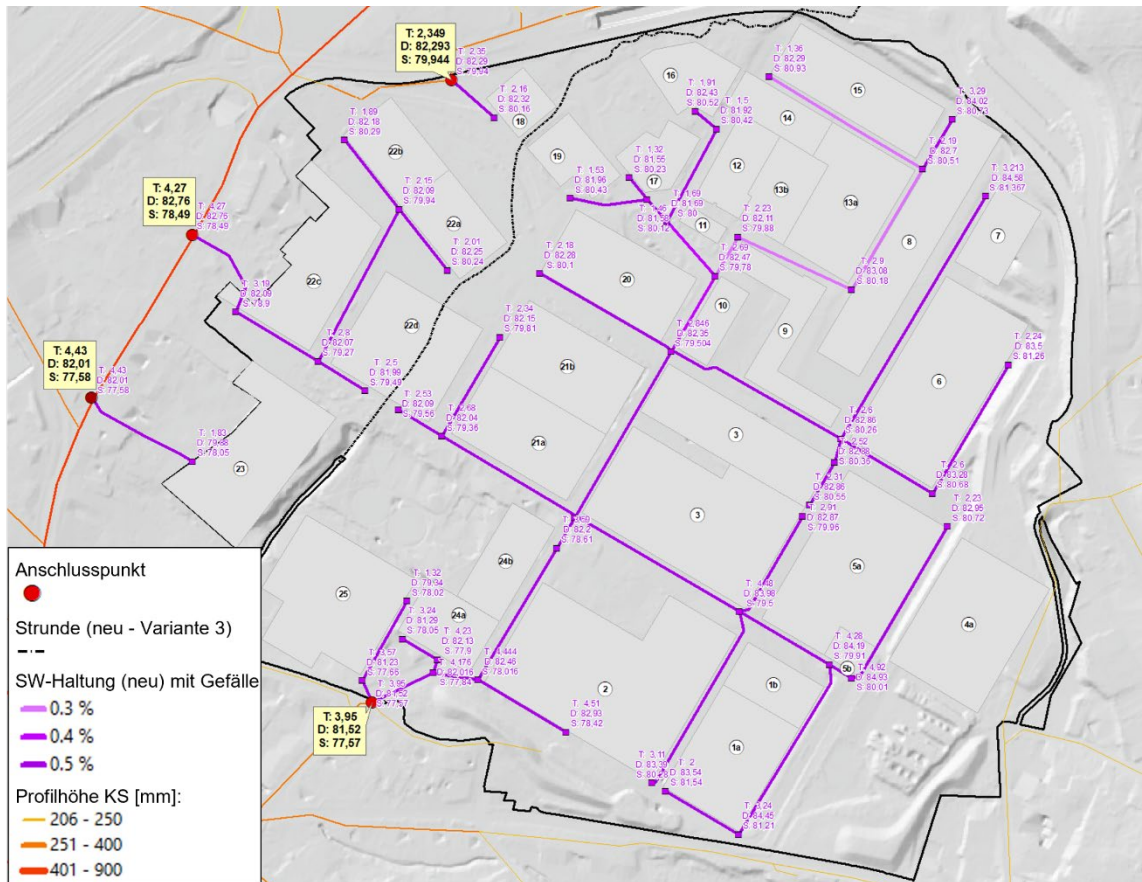


Abbildung 7-5: Konzept einer zukünftigen Schmutzwasserableitung

Die Geländehöhen wurden aus dem DGM1 entnommen und die Sohlhöhen der Anschlusspunkte wurden aus dem vorliegenden Kanalnetz entnommen [Stadt Bergisch Gladbach (2022)]. Das Gefälle der Haltungen wurde zwischen 3 ‰ und 5 ‰ angesetzt. Abbildung 7-6 zeigt ein Histogramm der ermittelten Einbautiefen (Deckelhöhen minus Sohlhöhen) der Schmutzwasserkanäle.

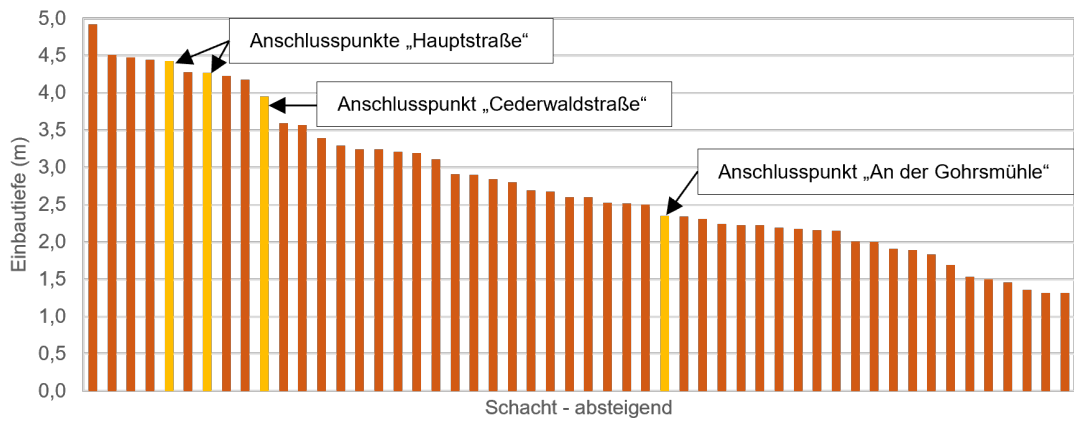


Abbildung 7-6: Ermittelte Einbautiefen der Schmutzwasserkanäle aus dem DGM1

Abbildung 7-7 zeigt das Konzept der Schmutzwasserableitung für den Ausschnitt des Office-Bereichs. Es sind zwei Ableitungsmöglichkeiten in Abhängigkeit der Führung der offenen Strunde dargestellt. Die bestehenden Verwaltungsgebäude werden in beiden Darstellungen an den neuen Schmutzwassersammler in der Mainstreet angeschlossen. Entwicklungsfeld 18 kann ebenfalls an den Sammler angeschlossen oder alternativ zum Anschlusspunkt „An der Gohrmühle“ entwässern.

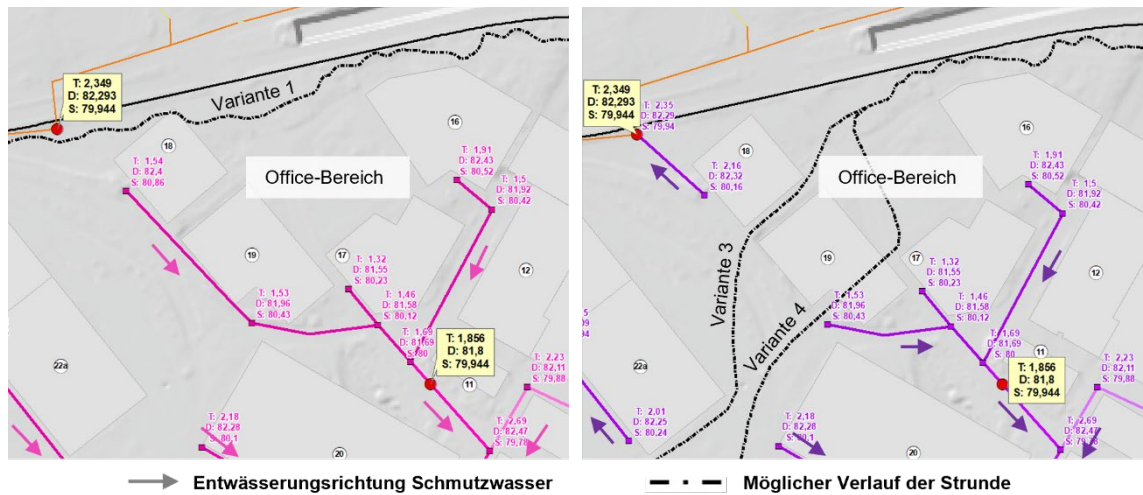


Abbildung 7-7: Mögliche Schmutzwasserableitung im Office-Bereich

Die Phasierung des Schmutzwassernetzausbaus bezüglich der drei Entwicklungsphasen ist in Abbildung 7-8 skizziert. Die Anforderungen an die Mindestschubspannungen hinsichtlich Ablagerungen sind bei der Dimensionierung der Kanäle zu überprüfen. Es sind Möglichkeiten zur Kanalreinigung vorzusehen.

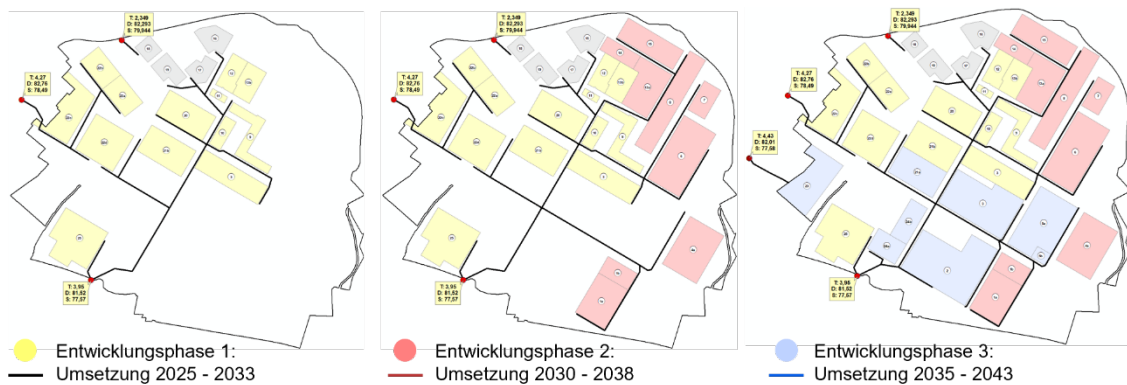


Abbildung 7-8: Phasierung des Schmutzwassernetzausbaus (mit vier Anschlusspunkten)

7.1.3. Niederschlagswasserableitung und -behandlung

Im IST-Zustand wird das Niederschlagswasser über Regenkanäle direkt in die Strunde eingeleitet. Dafür besteht eine Genehmigung bis 2026 [Hydrotec (2021)]. Das neue Konzept für die Niederschlagswasserableitung orientiert sich am bestehenden, kanalgebundenen System.

Als dezentrale Wasserrückhaltemaßnahmen werden intensive und extensive Gründächer auf den begehbaren Dachterrassen bzw. in Kombination mit Photovoltaik- und Solaranlagen vorgesehen (siehe Kapitel 6.3.2). Somit kann der Abfluss der Dachflächen gegenüber konventioneller Dach-eindeckungen (Harddächer) im Jahresdurchschnitt zwischen 33 % und 43 % (dezentrale und zentrale Energievariante) reduziert werden.

In diesem Zusammenhang ist auch zu berücksichtigen, dass durch die Entsiegelungsmaßnahmen, die im Zuge der Quartiersentwicklung unabhängig der vorgestellten Konzepte vorgesehen sind, sowie dem flächendeckenden Einsatz von Gründächern als Wasserrückhaltemaßnahme [Karres en Brands (2022)], eine Abflussreduktion gegenüber dem IST-Zustand erzielt wird. Außerdem verbleiben von den stark belasteten Dachflächen (Kategorie III) im Bestand von ca. 12.369 m² nach der Erschließung noch 3.682 m² (ca. 30 %). Somit wird die Strunde gegenüber dem IST-Zustand hydraulisch und stofflich entlastet.

Die Ableitung des Niederschlagswassers erfolgt über Teile der bestehenden Regenwasserkana-lisation, sofern der Zustand dies zulässt und sich keine Überlagerungen mit den geplanten Ge-bäuden ergeben. Es ist jedoch davon auszugehen, dass weite Teile der bestehenden Kanalisation erneuert werden müssen. Die Dachabläufe der Neubauten und Verkehrsflächen auf den Entwick-lungsfeldern können zuerst offen an der Oberfläche abgeleitet und anschließend auf den Infra-strukturfeldern in die Kanalisation eingeleitet werden (siehe Abbildung 7-14). Somit ergibt sich ein hybrides System aus kanalgebundener und offener Ableitung. Ggf. können unverschmutzte

Dachabläufe auch in die offene Strunde eingeleitet werden. Für die Behandlung der verschmutzten Straßenabflüsse und der verbleibenden Metalldächer können dezentrale Systeme (z.B. modulare Filtersysteme in Entwässerungsrinnen oder sog. Filterpatronen, die in den Standardstraßenabläufen eingesetzt werden) eingesetzt werden [z.B. Birco (2023)]. Dadurch wird die stoffliche Belastung der Strunde weiter reduziert.

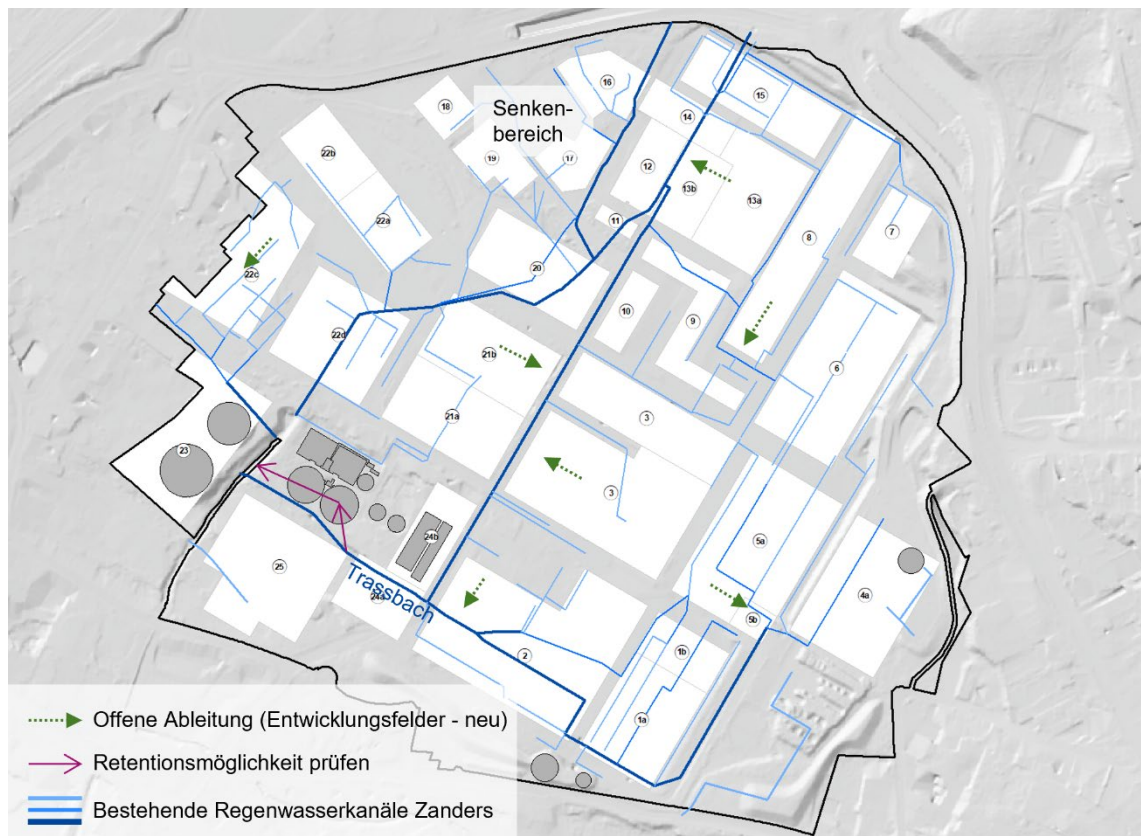


Abbildung 7-9: Bestehende Regenwasserkanäle mit den überlagerten Entwicklungsfeldern

Bevor das Niederschlagswasser jedoch direkt in die Strunde eingeleitet wird, ist die Möglichkeit einer Retention im Bereich der ehemaligen Betriebskläranlage zu prüfen. Dabei sind die Höhenlagen der bestehenden Kanäle in Bezug auf die vorhandenen Speicherbecken zu prüfen. Es muss ein Zulauf des Niederschlagswassers im freien Gefälle möglich sein. Dies gilt im Speziellen für den südlich der Betriebskläranlage verlaufenden, zum Teil verrohrten Trassbach, an dem ein Großteil der versiegelten Flächen des derzeitigen Kernareals angeschlossen ist. Hier sind ggf. auch ökologische Kriterien mitzubedenken.

Die in Abbildung 7-10 dargestellten Höhenlagen basieren auf dem DGM1. Diese Höhenlagen sind im Zuge einer Konzeptumsetzung zu prüfen und zu vermessen. Sollte ein Zufluss im Freispiegelgefälle möglich sein, können die vorhandenen Becken als konventionelle Retentionspeicher umgenutzt werden.

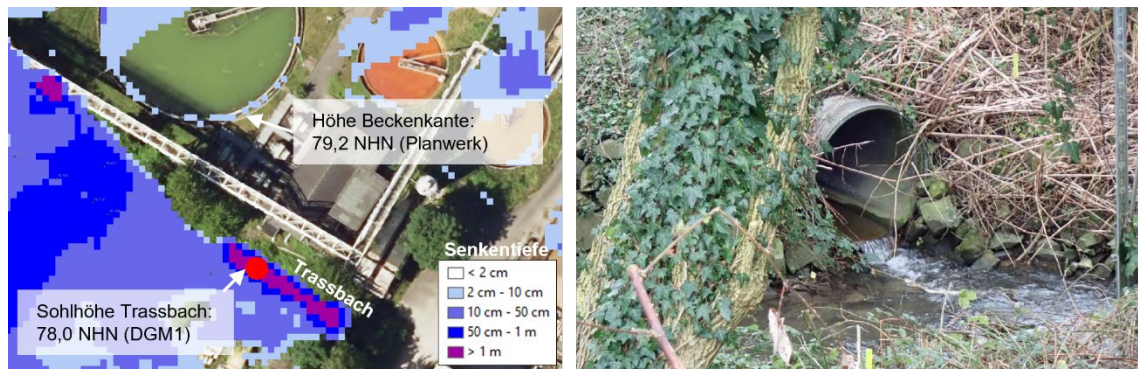


Abbildung 7-10: Höhenpunkte offener Trassbach und Nachklärbecken – links und Auslauf Trassbachverrohrung nach [Hydrotec (2021)] – rechts

7.2. Konzept 2 „Green City“ – Niederschlagswasserbewirtschaftung

Das Konzept 2 „Green City“ legt den Schwerpunkt auf die Niederschlagswasserbewirtschaftung mit Elementen der blau-grünen Infrastruktur. Das Ziel ist die Annäherung des natürlichen Wasserkreislaufes auf dem zukünftigen Zanders-Areal durch ein aktives Niederschlagswassermanagement auf den an der Oberfläche dafür geschaffenen Flächen. Ein zentraler Baustein des Konzeptes ist die Errichtung eines Aquaparks im Bereich der ehemaligen Industriekläranlage.

Die Teilkonzepte für die Trinkwasserversorgung- und Schmutzwasserentsorgung (TK1 und TK4) werden aus dem Basiskonzept (siehe Abschnitt 7.1) übernommen.

7.2.1. Niederschlagswasserableitung und -behandlung

Als Erweiterung der dezentralen Wasserrückhaltemaßnahmen werden alle Gründächer mit zusätzlichem Retentionsvolumen als sog. Retentionsdächer vorgesehen. Dies betrifft sowohl extensive als auch intensive Gründächer. Mit dieser Maßnahme kann der Gesamtabfluss der Dachflächen auf dem Zanders-Areal gegenüber konventionellen Dacheindeckungen (Hartdächer) im Jahresdurchschnitt zwischen 43 % und 57 % reduziert werden. Hier sei erwähnt, dass nicht auf allen Dachflächen ein Retentionsdach vorgesehen ist. Gegenüber den Standardaufbauten von Gründächern (Konzept 1) beträgt die Reduktion des gesamten Dachabflusses zwischen 15 % und 25 %, jeweils in Abhängigkeit einer dezentralen oder zentralen Energievariante (siehe Kapitel 6.3.2).

Die Ableitung des Regenwassers erfolgt in offenen, möglichst naturnah gestalteten Entwässerungsgräben bzw. -rinnen. Ggf. können unverschmutzte Dachabläufe auch in die offene Strunde eingeleitet werden.

Sollte die Versickerung von Niederschlagswasser in Bereichen der offenen Wasserwege im Hinblick auf den Grundwasserspiegel und Altlasten als unkritisch bewertet werden, so kann ein Teil des Wassers z.B. in Mulden oder Mulden-Rigolen-Systemen versickert werden. An den Straßen- und Wegeflächen können Baumrigolen zum Einsatz kommen. Durch die kaskadenartige Anordnung solcher Anlagen, können die offenen Wasserwege mit deutlich reduzierten Profilquerschnitten bemessen werden.

Abbildung 7-11 zeigt zwei Varianten einer möglichen offenen Niederschlagswasserableitung in Abhängigkeit der Strundetrasse. Die beiden dargestellten Varianten der offenen Strunde stellen jene Verläufe dar, die am weitesten auseinanderliegen (siehe Variante 1 und Variante 2 in Kapitel 6.6). Der Verlauf der offenen Wasserwege orientiert sich an den analysierten Fließwegen aus dem aktuellen DGM1. Es ergeben sich 4 Abflusspunkte auf dem Zanders-Areal. Entwicklungsfeld 23 und Entwicklungsfeld 25 müssen separat entwässert werden. Des Weiteren kann das Zanders-Areal in Flächen westlich und östlich der Strunde unterteilt werden (siehe Kapitel 6.6.5). Alle „östlichen“ Flächen (zwischen 74 % und 90 % der Gesamtfläche) werden in den Bereich der Betriebskläranlage zum Aquapark geleitet, dort zwischengespeichert, durch eine horizontale bewachsene Bodenpassage geführt und im Anschluss gedrosselt an die Strunde abgegeben (siehe Abschnitt 7.2.2). Dabei wird der Niederschlagsabfluss auch gereinigt. Alle verbleibenden stark belasteten Dachflächen der Kategorie III von ca. 3.682 m² sind, unabhängig der Trassenführung der Strunde, diesen „östlichen“ Flächen zugeordnet. Die Ableitung unbelasteter Flächen (z.B. Gründachflächen) in die offene Strunde ist möglich.

Die Abflüsse der Flächen westlich der Strunde sollten ebenfalls zwischengespeichert werden, um die Strunde von hydraulischen Stößen zu entlasten. In Abhängigkeit der Trassenführung des Strunde-Niedrigwasserprofils kann dazu eine neue Retentionsanlage erforderlich werden. Dies kann z.B. in Form eines begrünten Erdbeckens oder einer kaskadierenden Ableitung in einer länglichen und schmalen begrünten Rinne umgesetzt werden.

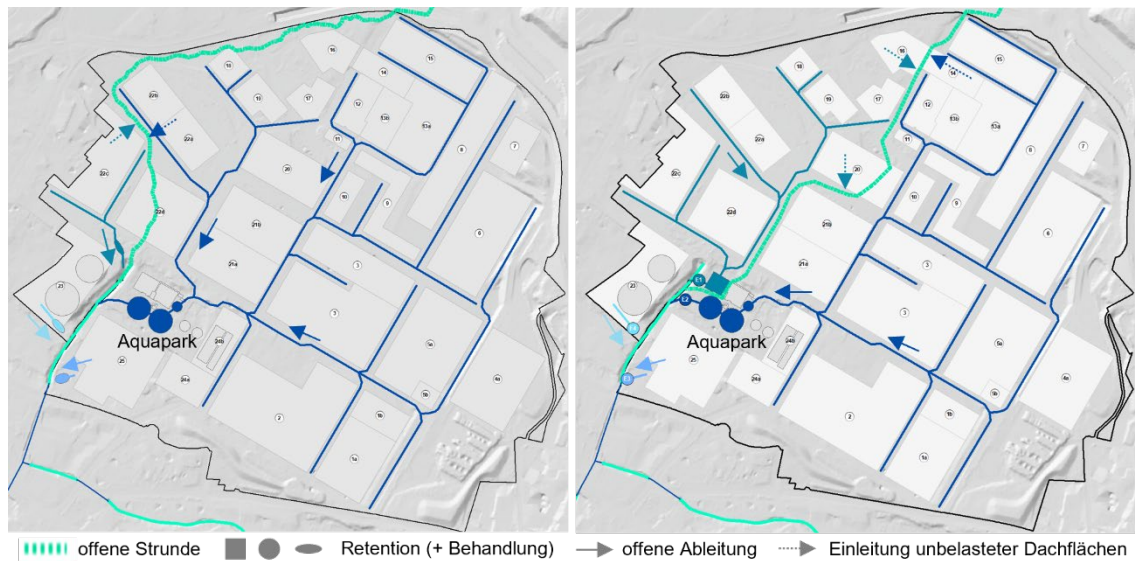


Abbildung 7-11: Mögliche Niederschlagswasserableitung über offene Wasserwege

7.2.2. Aquapark

Im Zuge des Konzepts 2 „Green City“ wird im Bereich der ehemaligen Betriebskläranlage ein Aquapark errichtet. Die vorhandenen Becken werden zum Teil umgenutzt und in den Aquapark integriert. Die Flächen um die Becken werden begrünt. Da mehrere Becken zur Verfügung stehen, ist auch eine Kombination der unterschiedlichen Nutzungsformen denkbar. Neben der Niederschlagswasserbewirtschaftung soll der Aquapark weitere Funktionen erfüllen:

- Attraktiver Erholungsraum
- Verbesserung Mikroklima
- Erhöhung Biodiversität
- Erinnerungsort an die Industriegeschichte
- Retentionsraum für Starkregen- und Hochwasserereignisse

Hinsichtlich der Niederschlagswasserbewirtschaftung ergeben sich für die Becken folgende potenzielle Bewirtschaftungsmöglichkeiten, die aus stadtplanerischer Sicht noch zu bewerten sind:

- Die Becken sind in Trockenzeiten leer und werden nur bei Niederschlagsereignissen gefüllt. Bei einigen Becken muss die Auftriebssicherheit überprüft werden. Es steht das gesamte Beckenvolumen als Retentionsraum zur Verfügung. Bei einer offenen Gestaltung sind die Becken gegen Absturz entsprechend abzusichern. Dies gilt z.T. auch für die weiteren Bewirtschaftungsmöglichkeiten.
- Die Becken sind in Trockenzeiten teilgefüllt. Somit kann die Auftriebssicherheit gegeben sein. Es steht ein begrenzter Retentionsraum zur Verfügung. Die Becken stehen für weitere Nutzungen bereit (z.B. Becken mit Wasserpflanzen).

- Die Becken sind dauerhaft mit Wasser gefüllt. Es ist kein Retentionsvolumen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung vorhanden. Die Becken stehen für weitere Nutzungen bereit (z.B. Fischteich)
- Die Becken werden verfüllt, begrünt und bepflanzt und z.B. als Themengarten umgenutzt. Das Becken ist begehbar. Es steht kein Retentionsvolumen für die Niederschlagswasserbewirtschaftung zur Verfügung.
- Die Becken sind in Trockenzeiten leer. Die Becken werden mit einer bepflanzten Bodenfilterschicht versehen, die sich horizontal über einem unterirdischen Rigolenspeicher befindet. Eine Versickerung wird, wie bei einem Retentionsbodenfilter, verhindert. Es stehen, ähnlich einem Mulden-Rigolen-System, sowohl ein unter- als auch ein oberirdischer Speicher zur Verfügung. Übersteigt der oberirdische Speicher einen festzusetzenden Wasserstand, erfolgt ein (unbehandelter) Überlauf in die Rigole. Von dort wird der Abfluss gedrosselt in die Strunde eingeleitet. Der Bodenfilter kann mit einer Schilfbepflanzung ausgestattet werden, um die Filterleistung zu verbessern und auch stärker verschmutztes Niederschlagswasser zu behandeln. Anforderungen an das Filtermaterial oder die Filtervegetation können bspw. jenen von Retentionsbodenfilteranlagen gleichgesetzt und aus dem DWA-A 178:2019 entnommen werden. Das Becken muss nicht gegen Auftrieb gesichert werden. Der oberirdische Speicherraum kann teilweise begehbar gestaltet werden (siehe Abbildung 7-12).

In Abbildung 7-12 ist der schematische Aufbau eines Retentionsfilterbeckens mit Rigole dargestellt, wie er z.B. in einem bestehenden Nachklärbecken umgesetzt werden kann. Das Konzept muss weiter ausgearbeitet und geprüft werden. Eine erforderlicher Vorklä rung zur Abtrennung von Leicht- und Grobstoffen (Sedimentation) ist nicht dargestellt, aber notwendig. Der dargestellte Aufbau hat den Vorteil, dass die bewachsene Bodenschicht durch die Rigole vom Beckenboden hochgehoben wird, sodass das Becken bei Trockenwetter nicht so tief erscheint. Bei dem Einsatz von Kiesrigolen kann durch das Porenvolumen ca. 25 – 35 % des Speichervolumens beibehalten werden, bei Kunststoffrigolen hingegen ca. 90 – 95 % [Mall (2022)].

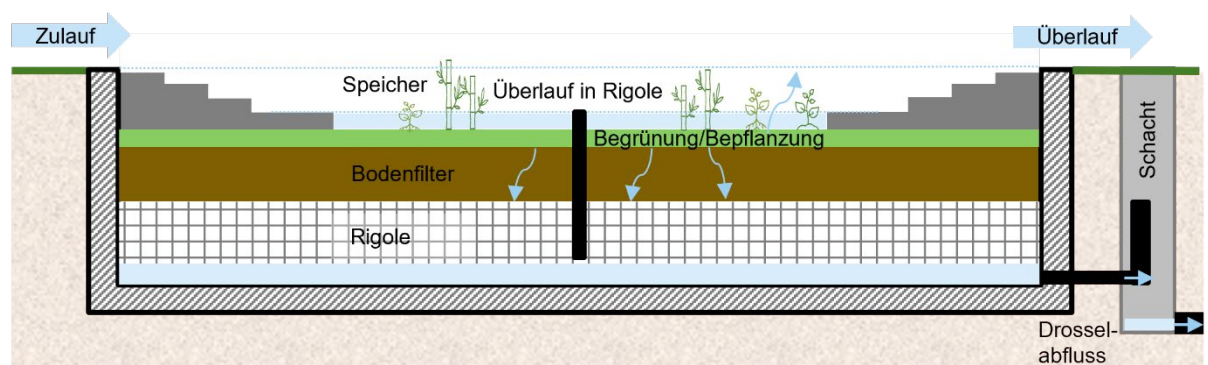


Abbildung 7-12: Schematischer Aufbau eines Retentionsfilterbeckens mit Rigole

Hinweis: Die behandlungsbedürftigen Flächen (siehe Kapitel 6.3.1) des Zanders-Areals betragen ca. 10 % der gesamten abflusswirksamen Fläche. Bisher wurde angenommen, dass die Niederschlagsabflüsse aller Flächen zusammen abgeleitet und behandelt werden. Der erforderliche Stoffrückhalt kann über das DWA-A 102-2/BWK-A 3-2:2020 ermittelt werden. Die unverschmutzten und stärker verschmutzten Flächen können auch getrennt voneinander abgeleitet werden. Somit ist eine Behandlung nur bei den stärker verschmutzten Straßen- und Metalldachflächen notwendig. Der Bodenfilter kann entsprechend kleiner dimensioniert werden. Bei den unverschmutzten Abflüssen ist nur eine Zwischenspeicherung notwendig. In diesem Fall ist darauf zu achten, dass durch die offenen Niederschlagswasserableitung eine zusätzliche Verschmutzung weitestgehend minimiert wird.

In Kapitel 6.3.7 wurde der Speicherbedarf des gesamten Areals in Abhängigkeit der Energievariante, der Dachaufbauten und der Jährlichkeit eines Starkregens grob abgeschätzt. Für ein 2-jähriges Ereignis und dem Bau von Retentionsdächern (zentralen Energievariante) wurde ein erforderliches Speichervolumen von 2.360 m³ ermittelt. Aufgrund möglicher Direkteinleitungen in die offene Strunde (z.B. unbelastete Dachflächen), sowie der Flächenaufteilung durch die Strundeführung und die davon abhängigen anschließbaren Flächen, ist das erforderliche Speichervolumen zu reduzieren. Die zylindrischen Nachklärbecken 1 und 2 haben jeweils einen Durchmesser von ca. 30 m und eine Tiefe von ca. 4,7 m. Nach Abzug des Bodenfilters mit einer angenommenen Höhe von 1 m sowie dem Einsatz von Kunststoffrigolen mit einer Höhe von 2 m ergibt sich ein grob abgeschätztes Nutzvolumen von ca. 2.500 m³. Für diesen stark vereinfachten Fall wäre die Nutzung eines Nachklärbeckens als umfunktioniertes Retentionsbecken ausreichend. Werden Kiesrigolen eingesetzt, so reduziert sich das Nutzvolumen auf ca. 1.600 m³. In diesem Fall würde voraussichtlich ein weiteres Becken für die Retention erforderlich.

Abbildung 7-13 zeigt ein mögliches Niederschlagswasserbewirtschaftungskonzept im Aquapark. Vor dem Retentionsfilterbecken wird ein Becken als Vorstufe mit Tauchwand angeordnet, um absetzbare Stoffe und Leichtstoffe zu entfernen und so die Filteranlage zu entlasten. Alternativ kann für die Vorstufe auch eines der beiden Absetzbecken gewählt werden.

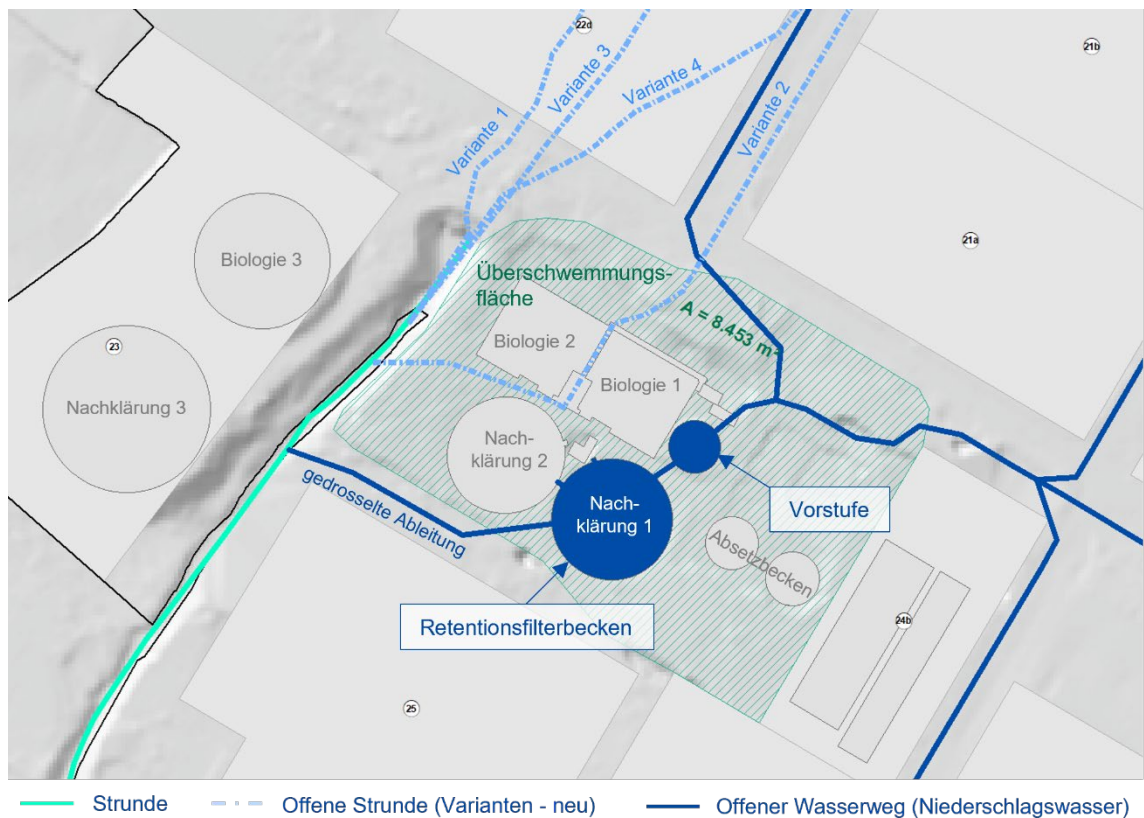


Abbildung 7-13: Niederschlagswasserbewirtschaftung Aquapark

Die Fläche des Aquaparks kann so konzipiert werden, dass sie bei außergewöhnlichen Starkregenereignissen als Überschwemmungsfläche dient und somit zusätzliches Retentionsvolumen schafft. Die Beckenüberläufe („Notüberläufe“) können so gestaltet werden, dass die Fläche des Aquaparks temporär eingestaut werden kann, ohne die angrenzenden Entwicklungsfelder zu schädigen. Nach Abzug der Flächen der Becken für die Überschwemmungsfläche verbleiben 8.453 m^2 . Erst wenn die Überflutungsfläche bis zu einem bestimmten Niveau eingestaut ist, erfolgt ein Notüberlauf in die Strunde. Die größten Volumina weisen die Becken der Biologie 3 und Nachklärung 3 mit insgesamt ca. 12.500 m^3 auf. Ein Beckenzulauf ist jedoch nicht im freien Gefälle möglich. Hinsichtlich eines Strundehochwassers sind die vorhandenen Speicherkapazitäten der Kläranlagenbecken als gering einzustufen.

Weitere Umnutzungsmöglichkeiten der Becken bestehen beispielsweise im Anlegen von Gartenanlagen, Becken für Wasserpflanzen oder Fischteichen. Ein Beispiel dafür ist der BernePark in Bottrop, wo zwei Rundklärbecken in einen Senkgarten und einen Teich umfunktioniert wurden [Hellmann (2022)]. In Beelitz wurde das alte Klärwerk zur Veranstaltungsarea umgebaut, wobei ein Klärbecken zur Landesgartenschau in ein Bassin für Wasserpflanzen umgestaltet wurde, welches über eine Plattform erkundet werden kann [Stadt Beelitz (2023)]. Eine zusätzliche Umnutzung eines Beckens auf dem Zanders-Areal ergibt sich in Konzept 3 bei einer Betriebswassernutzung (siehe Abschnitt 7.3).

7.3. Konzept 3 „Ressourcenorientiert“ – Green City + Betriebswassernutzung

Konzept 3 „Ressourcenorientiert“ baut auf dem Basiskonzept (siehe Abschnitt 7.1) und dem Konzept „Green City“ (siehe Abschnitt 7.2) auf. Das zusätzliche Ziel dieses Konzeptes ist ein nachhaltiger Umgang mit der Ressource Wasser durch den Einsatz einer Betriebswassernutzung. Durch die Kategorisierung des Wasserbedarfs in einen Trinkwasser- und Nicht-Trinkwasseranteil und die Substitution des Letzteren mit Betriebswasser kann wertvolles Trinkwasser eingespart werden.

7.3.1. Trinkwasserversorgung

Der Wasserbedarf wurde für das Zanders-Areal in Kapitel 2.2.3 abgeschätzt. Der gesamte Jahresbedarf von 246.781 m³/a kann in einen Trinkwasseranteil von 193.035 m³/a (78 %) und einen Nicht-Trinkwasseranteil von 53.746 m³/a (22 %) unterteilt werden, wobei in diesem Fall lediglich das Wasser für die Toilettenspülungen dem Nicht-Trinkwasserbedarf zugeordnet wurde (siehe Abbildung 7-14). Im Konzept 3 wird das Nicht-Trinkwasser durch Betriebswasser substituiert, während das Trinkwasser über das zentrale Trinkwassernetz der BELKAW bezogen wird (identisch mit Konzept 1). Eine potenzielle Verkleinerung der Trinkwasserleitungsdimensionen wird trotz des reduzieren stündlichen Spitzenbedarf $Q_{h,max,max}$ gering eingestuft, das der Löschwassernachweis und eine mögliche Trinkwassernachspeisung der Betriebswassernutzung mit berücksichtigt werden müssen.

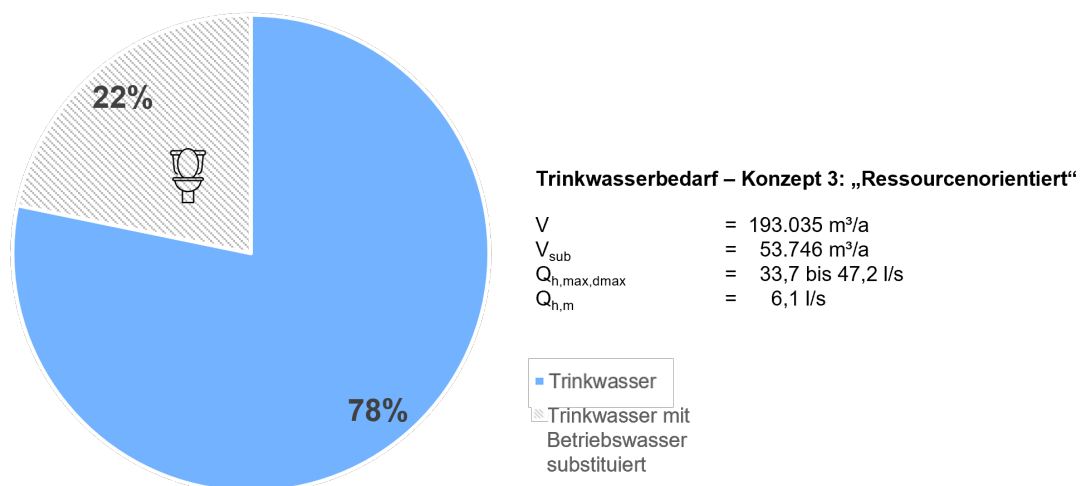


Abbildung 7-14: Übersicht Trinkwasser- und Betriebswassernutzung

7.3.2. Zusammenspiel energetisches Konzept

Die Wahl der Art des Betriebswassers ist stark von der zukünftigen Energievariante des Zanders-Areals abhängig. In der parallellaufenden Energiestudie werden verschiedene energetische Konzepte erarbeitet [Happold (2023)]. In einer Variante wird das Grundwasser aus der Innenstadt (Brunnen 6 oder 7) abgepumpt, auf das Zanders-Areal geleitet und energetisch, mittels einer Wärmepumpe, genutzt. Nach der energetischen Nutzung wird das temperierte Wasser entweder in die Strunde oder den Rechtsrheinischen Kölner Randkanal abgeleitet. Bevor das Wasser vom Zanders-Areal abgeleitet wird, kann es einer zweiten Nutzung, z.B. als Betriebswasser, zugeführt werden. Darauf aufbauend wird in Konzept 3 „Ressourcenorientiert“ eine Nutzung von Grundwasser als Betriebswasser untersucht. Dabei handelt es sich um ein zentrales Betriebswasserkonzept.

Für den Fall, dass die Grundwassernutzung für die Energievariante entfällt, wird für das Zanders-Areal die Grundwassernutzung nicht weiterverfolgt und ein alternatives Betriebswasserkonzept erstellt. Dieses setzt sich aus der Kombination von Grau- und Niederschlagswasser zusammen. In Bereichen wo wenig Grauwasseranfall zu erwarten ist (z.B. Gewerbe- oder Bildungsbereich) wird Niederschlagswasser genutzt. In Bereichen, wo viel Grauwasser anfällt und gleichzeitig der Bedarf an Betriebswasser den Ertrag von Niederschlagswasser übersteigt, wird Grauwasser genutzt. Dabei handelt es sich um ein kombiniertes Betriebswasserkonzept, welches sowohl zentral als auch dezentral umgesetzt werden kann.

7.3.3. Betriebswassernutzung

7.3.3.1. Nutzung von Grundwasser

Nach der energetischen Nutzung kann das (temperierte) Grundwasser für eine zweite Nutzung als Betriebswasser (z.B. Toilettenspülung und Gartenbewässerung) verwendet werden, bevor es vom Zanders-Areal abgeleitet wird. Bei dieser Variante der Betriebswassernutzung ist ein umgebautes Speicherbecken der ehemaligen Betriebskläranlage vorgesehen, welches als Durchlaufbehälter betrieben wird. Da der Betriebswasserbedarf deutlich geringer ist als der kontinuierliche Grundwasserzufluss, ist der Speicher i.d.R. vollgefüllt. Bei dieser Variante ist ein Betriebswassernetz mit Druckerhöhungsanlage zu den jeweiligen Entwicklungsfeldern bzw. den einzelnen Gebäuden notwendig. Die Kosten für das zweite Versorgungsnetz können durch das Zusammenfallen der Erdarbeiten für das neu zu errichtende Trinkwassernetz oder das Nahkälte- und Nahwärmenetz minimiert werden.

Abbildung 7-15 zeigt das Konzept der zweifachen Grundwassernutzung auf dem Zanders-Areal. Derzeit wird bereits Grundwasser aus Brunnen 6 abgepumpt und in den Hochwasserkanal eingeleitet. Zukünftige Planungen berücksichtigen auch eine Entnahmealternative aus Brunnen 7 (an der Schnabelsmühle). Hinsichtlich der Brunnenergiebigkeit sind nur geringe Unterschiede zu erwarten, da die Brunnen über ein unterirdisches Stollensystem miteinander verbunden sind. Um das Grundwasser auf das Zanders-Areal zu transportieren, muss eine neue Leitung gebaut werden. Die Gesamtlänge variiert in Abhängigkeit der Entnahmestelle und der Leitungsführung zwischen ca. 950 und 1.200 m. Ohne die Berücksichtigung einer Reservekapazität ergibt sich bei einem Durchfluss von 110 m³/h und einer Geschwindigkeit von 1 m/s ein abgeschätzter Mindestdurchmesser von DN200. Als zusätzlicher positiver Nebeneffekt wird der Grundwasserspiegel in der Innenstadt durch das Abpumpen auch in Zukunft dauerhaft abgesenkt und die Keller und Tiefgaragen vor Vernässungen geschützt (siehe Kapitel 3.5).

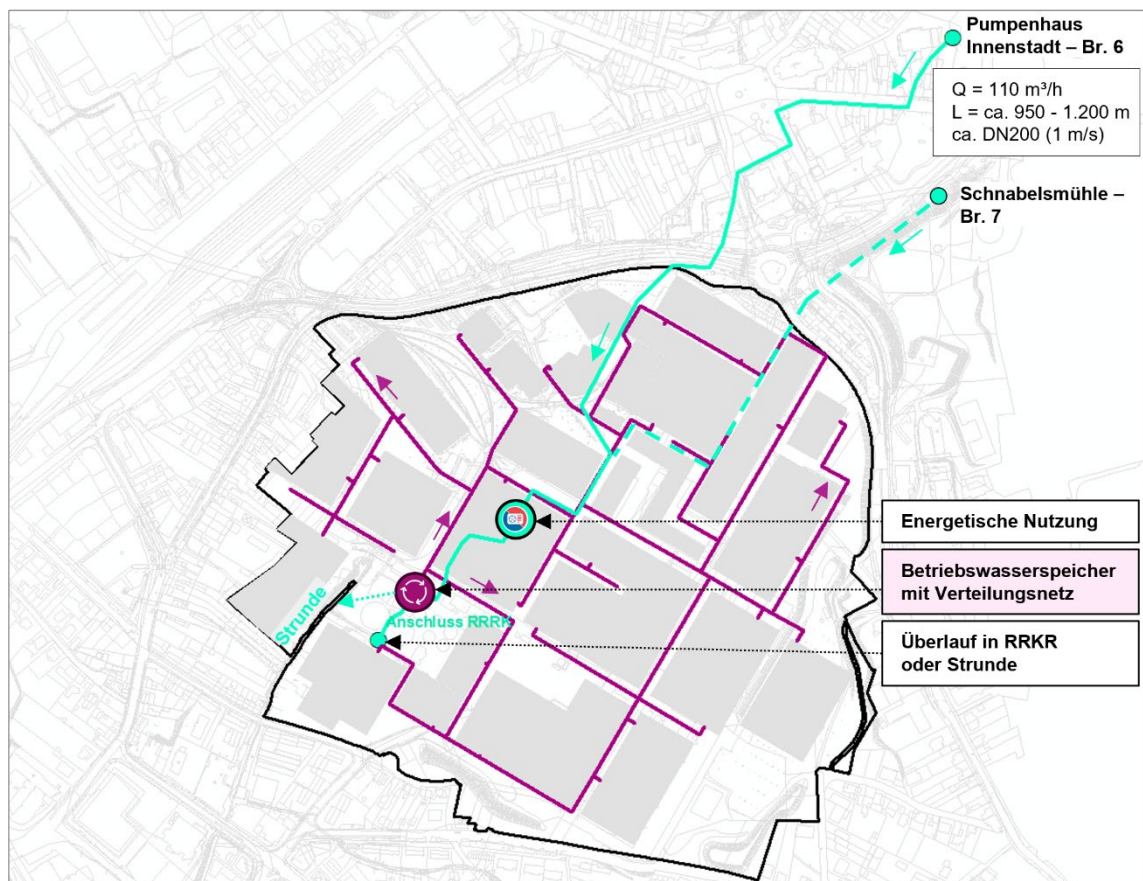


Abbildung 7-15: Konzept der multifunktionalen Grundwassernutzung

Da die abgepumpte und energetisch genutzte Menge an Grundwasser den Nicht-Trinkwasserbedarf des Zanders-Areals deutlich übersteigt, sind weitere Nutzungen des Betriebswassers denkbar. Dazu zählen:

- Bewässerung auf dem Zanders-Areal

- Kanalspülungen
- Zapfstelle für Tankwagen für die Bewässerung außerhalb des Zanders-Areals
- Potenzielle Deckung des Wasserbedarfs für ein noch unbekanntes produzierendes Gewerbe
- Potenzielle Erweiterung des Betriebswassernetzes in angrenzende Gebiete
- Ggf. Löschwasserbereitstellung über den Durchlaufspeicher

In Abbildung 7-16 ist der Aquapark mit der integrierten Betriebswassernutzung dargestellt. Aufgrund des konstant hohen Zuflusses und des vergleichsweise geringen Betriebswasserbedarfs, kann der Speicher entsprechend klein gewählt werden. Die ist bei eventuellen Bedarfsänderungen anzupassen. Die Wahl eines Absetzbeckens als Durchlaufspeicher ist ein Vorschlag und nicht als definitiv anzusehen. Ein weiterer Gedanke ist es, das Grundwasser (Speicher und Überlauf) als optisches Element im Aquapark zu integrieren.

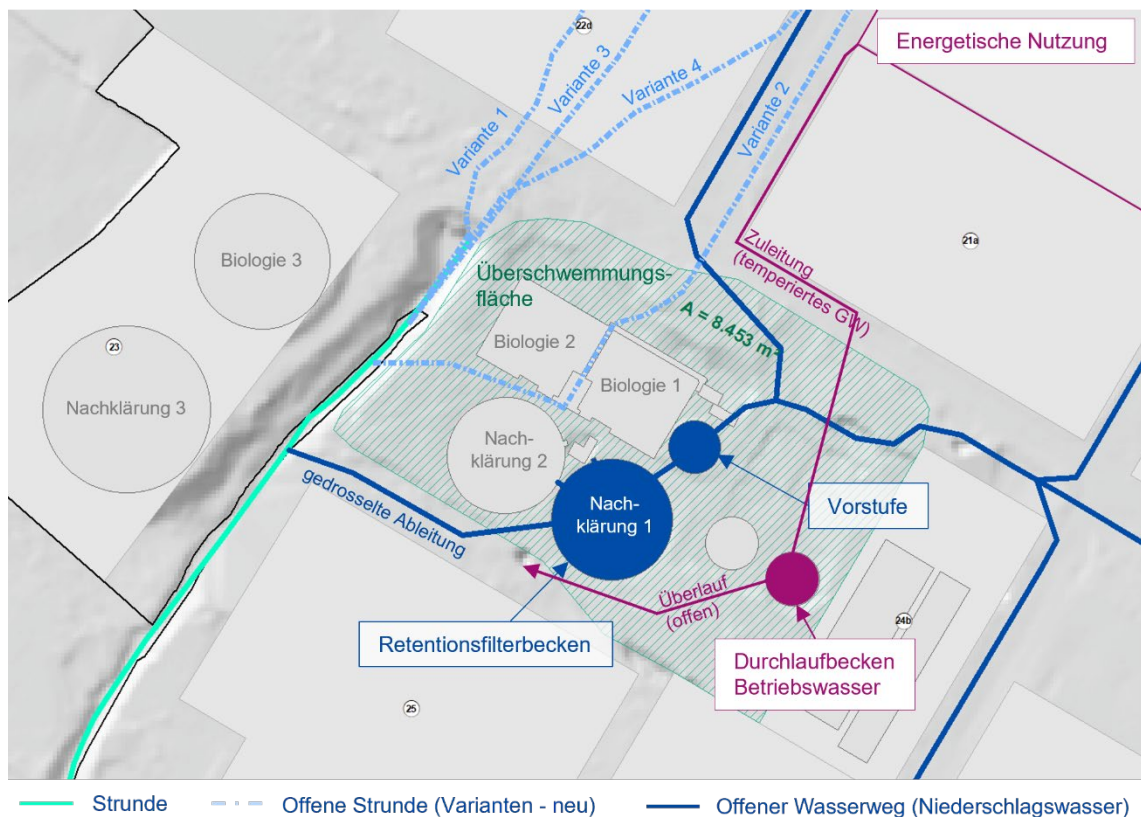


Abbildung 7-16: Niederschlagswasser- und Betriebswasserbewirtschaftung Aquapark

7.3.3.2. Nutzung von Grauwasser und Niederschlagswasser

Basierend auf Kapitel 6.2 wird Grauwasser lediglich für die Nutzung als Toilettenspülwasser aufbereitet und gesammelt. Grauwasser fällt (fast) ausschließlich im Bereich Wohnen an (54.903 m³/a), und deckt den Bedarf für die Toilettenspülung sowohl im privaten Bereich (41.177 m³/a),

als auch den abgeschätzten Bedarf des gesamten Zanders-Areals (53.746 m³/a im Bereich Wohnen, Gewerbe und Bildung). Ab wann sich eine Grauwassernutzung amortisiert, hängt von der Anzahl der angeschlossenen Nutzer, den Trink- und Abwassergebühren sowie dem Grauwasseranfall und -bedarf, bedingt durch Nutzergewohnheiten und technischen Maßnahmen (wassersparende Armaturen etc.), ab. Generell lässt sich einordnen, dass eine Grauwassernutzung umso wirtschaftlicher wird, je mehr Nutzer angeschlossen werden. Demnach wird nachfolgend die Möglichkeit einer zentralen Lösung für das gesamte Zanders-Areal sowie dezentrale Lösungen, bei der eine Grauwasseraufbereitung auf Ebene der Entwicklungsfelder diskutiert wird, betrachtet. Bei einer dezentralen Lösung kann es sinnvoll sein, eine ergänzende Niederschlagswassernutzung zu berücksichtigen.

Das Grauwasser ist im Freispiegelgefälle abzuleiten. Demnach bietet sich für eine zentrale Lösung aufgrund der topographischen Gegebenheiten die derzeitige Betriebskläranlage als Standort für eine zentrale Grauwasserbehandlungsanlage an. In Abbildung 7-17 links ist exemplarisch der Standort der Grauwasseraufbereitung und eine entsprechende Betriebswasserleitung zur Verteilung zu den Entwicklungsfeldern dargestellt. Das Ableitungs- und Verteilungsnetz kann im Zuge einer Maßnahme verlegt werden. Die Aufbereitungsanlage sowie weitere erforderliche Technik (bspw. Pumpen, Druckerhöhungsanlage etc.) sind in einem Versorgungsgebäude zu errichten. Je nach Höhenlage der ankommenden Grauwasserleitung sowie Aufstellungsort der Grauwasseraufbereitungsanlage (bspw. Keller oder Erdgeschoss), ist die Beschickung der Anlage über eine Pumpe zu realisieren. Je nach Verlauf der offengelegten Strunde können ggf. nicht alle Entwicklungsfelder im Freispiegelgefälle an eine zentrale Grauwasseraufbereitungsanlage angeschlossen werden. Darüber hinaus wird der Standort der Betriebskläranlage als Aquapark, zur Retention/Behandlung von Niederschlagswasser sowie als Überschwemmungsfläche bei Starkregen genutzt (vgl. Abbildung 7-16). Zudem sind die dortigen Überschwemmungsgebiete der Strunde zu berücksichtigen. Demnach kann eine Errichtung des zentralen Versorgungsgebäudes im Bereich des Entwicklungsfeldes 24 b sinnvoll sein. In diesem Fall ist ggf. die Größe des Entwicklungsfeldes zu reduzieren. Vorteilhaft ist, dass bei einer zentralen Lösung der Großteil der potenziellen Grauwasserproduzenten angeschlossen werden können und der Nutzerkreis aufgrund der zentralen Speicherung und der Dämpfung der Bedarfsspitzen ggf. auf die Bereiche Bildung und Gewerbe ausgeweitet werden kann.

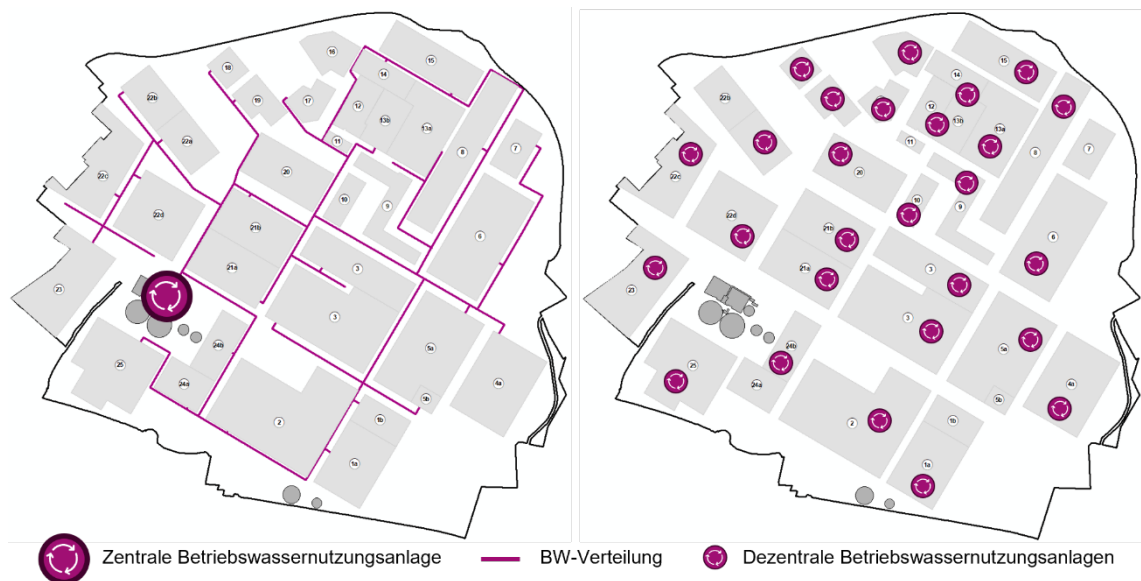


Abbildung 7-17: Schematische Darstellung einer zentralen und dezentralen Grauwasservariante

Bei dezentralen Lösungen werden mehrere Gebäude bspw. auf Basis der Entwicklungsfelder zusammengeschlossen, wie in Abbildung 7-17 rechts schematisch dargestellt. Demnach verringert sich der Aufwand der Leitungsführung (Ableitung und Verteilung), allerdings erfordert dies mehrere Anlagen zur Aufbereitung des Grauwassers. Die Aufbereitungsanlage bzw. das Versorgungsbauwerk ist je Entwicklungsfeld im Idealfall an einer möglichst zentralen Lage zu errichten, um den Leitungsaufwand zu minimieren. Von einer Aufstellung der Grauwasseraufbereitung in einem Keller der vorhandenen Gebäude wird abgesehen, da zu diesem Zeitpunkt nicht beurteilt werden kann, ob die Gebäude unterkellert werden (siehe Kapitel 6.5). Demnach sind die Versorgungsbauwerke bei der Ermittlung der Bruttogeschossflächen zu berücksichtigen.

Es ist auch zu berücksichtigen, dass in Abhängigkeit der Nutzungsart (Wohnen, Gewerbe, Bildung) nicht in jedem Entwicklungsfeld der Grauwasseranfall den Betriebswasserbedarf deckt. Daher kann eine Kombination mit einer Niederschlagswassernutzung sinnvoll sein. Dabei kann sich in Abbildung 7-18 am Trinkwasserbedarf aus dem Bereich Wohnen orientiert werden. Ist der Trinkwasserbedarf gering, so ist näherungsweise von einem geringen Potenzial einer Grauwassernutzung auszugehen. Zum Beispiel kann im Bereich Bildung (Entwicklungsfeld 25, 4a) der Jahresbedarf an Toilettenspülwasser durch die Sammlung und Speicherung von Niederschlagswasser gedeckt werden, wenn auf Retentionsdachaufbauten (bei Wahl einer zentralen Energievariante) verzichtet wird (siehe Kapitel 6.2.4). Hierfür ist das Niederschlagswasser von den Dachflächen zu einem Speicher abzuleiten. Aus diesem wird das Betriebswassernetz mit einer Druckerhöhungsanlage gespeist. Der Speicher ist unterirdisch als Erdtank auszuführen. Eine weitere Aufbereitung des Niederschlagswasser ist nicht erforderlich. Ein weiteres Potenzial zur Niederschlagswassernutzung ergibt sich im Office-Bereich (Entwicklungsfelder 16, 17, 18 und 19). Für

die Entwicklungsfelder 11, 12, 13a, 13b, 14, 15 und 22a ist je nach Nutzung eine Niederschlagswassernutzung und/oder eine Grauwassernutzung denkbar. Hier können ggf. auch mehrere Entwicklungsfelder zusammengefasst werden. Entsprechend ist in Abbildung 7-17 rechts unter den dezentralen Betriebswassernutzungsanlagen nicht nur Grauwasseraufbereitungsanlagen, sondern auch Niederschlagswasserspeicher zu verstehen.

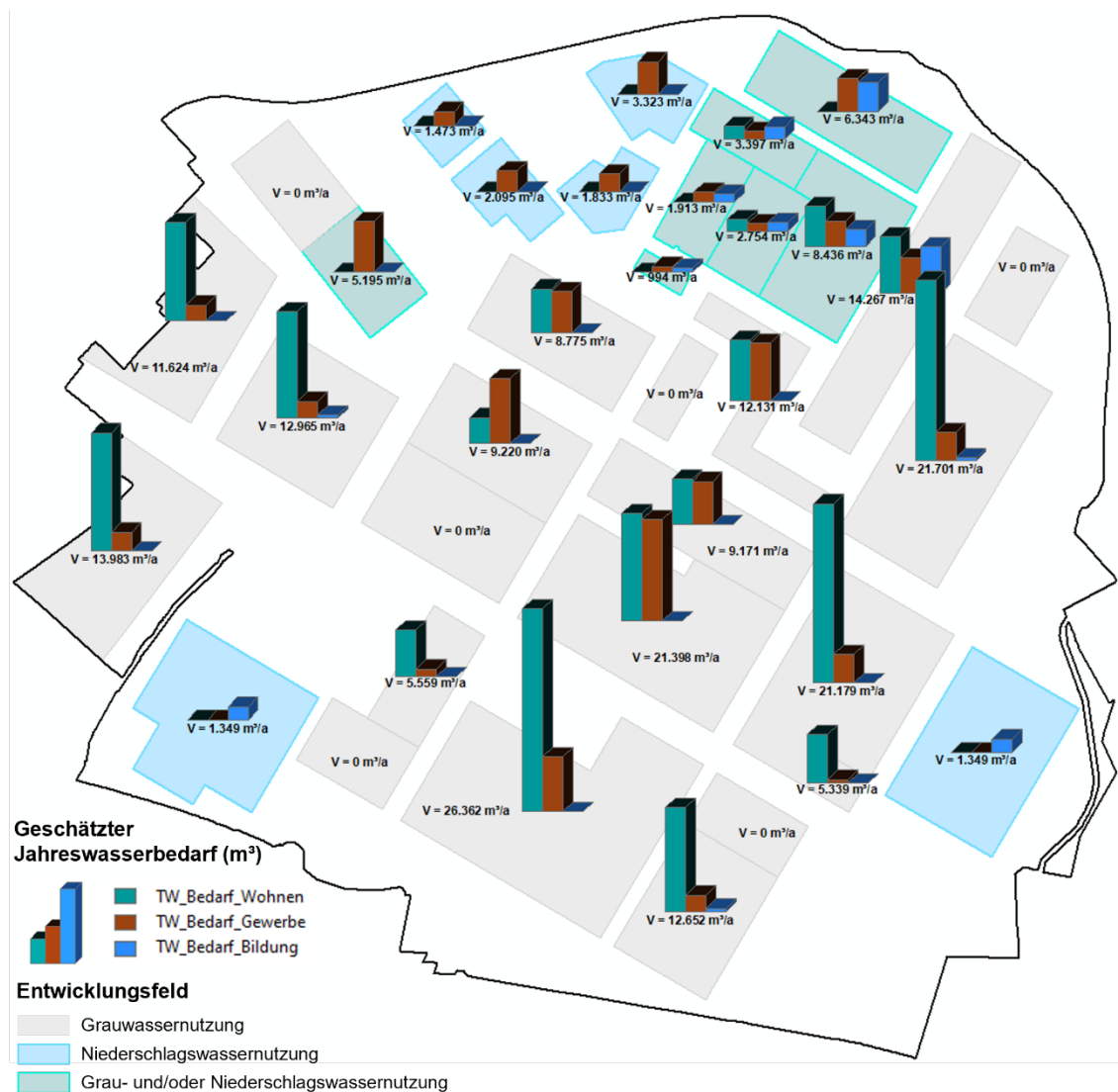


Abbildung 7-18: Jahrestrinkwasserbedarf je Entwicklungsfeld und Nutzungsart

Im Vergleich zur zentralen Lösung ist bei der dezentralen Lösung der Aufwand der Leitungsführung geringer. Mit anderen Worten ausgedrückt, wird das Betriebswasser dort genutzt, wo es auch anfällt. Allerdings kann der Grauwasserbedarf den -anfall übersteigen, wenn nicht ausreichend Nutzer angeschlossen sind.

Bei beiden Lösungen (dezentral und zentral) wird überschüssiges aufbereitetes Grauwasser in die Schmutzwasserkanalisation abgeleitet. Im Zuge der phasenweisen Entwicklung des Zanders-Areals können viele dezentrale Lösungen flexibel und bedarfsgerecht geplant und ausgebaut werden. Dies stellt eine bessere Auslastung der Aufbereitungsanlagen dar. Bei einer zentralen Lösung hingegen ist diese bereits in den frühen Entwicklungsphasen umzusetzen und ggfs. wird die Aufbereitungsanlage anfangs in Unterlast betrieben. Vorteilhaft bei der zentralen Lösung ist, dass Investitionskosten durch den hohen Anschluss von Nutzern spezifisch betrachtet günstiger sind als bei der dezentralen Lösung. Zudem ist vorteilhaft, dass nur eine Anlage betrieben und gewartet werden muss. Allerdings werden auch bei der dezentralen Lösung mehrere Häuser bzw. Wohneinheiten zusammengeschlossen, sodass auch hier Skalierungseffekte genutzt werden können.

Zusammenfassend zeigen sich insbesondere bei der Planung und Umsetzung Vorteile für die dezentrale Lösung in der Kombination aus Grau- und Niederschlagswassernutzungsanlagen. Außerdem muss die Betriebswassernutzung nicht flächendeckend umgesetzt werden, sondern kann auf kleinräumige Bereiche (z.B. „Innovationscluster“) beschränkt werden.

8. Bewertung der Konzepte und Empfehlung einer Vorzugslösung

Basierend auf Kapitel 7 werden das Konzept 1 („Business-as-usual“), das Konzept 2 („Green City“) und das Konzept 3 („Ressourcenorientiert“) anhand der Kriterien Wirtschaftlichkeit, Betrieb, Nachhaltigkeit und Umsetzbarkeit diskutiert. Da im Rahmen dieser Studie die Konzepte nicht vordimensioniert wurden, erfolgt die Bewertung rein argumentativ. Da die Konzepte aufeinander aufbauen werden maßgeblich die Unterschiede der Konzepte erörtert:

▪ Wirtschaftlichkeit

Es werden orientierend die Investitions- und Betriebskosten basierend auf dem technischen Aufwand bewertet.

- Bei Konzept 1 wird davon ausgegangen, dass die bisherige Regenwasserkanalisation zumindest in Teilen genutzt werden kann. Es ist zu berücksichtigen, dass der Zustand dieser Kanäle nicht bekannt ist. Es ist auch davon auszugehen, dass die vorhandene Kanalisation nicht dem Stand der Technik entspricht. Perspektivisch sind aufwändige Instandsetzungsmaßnahmen zu berücksichtigen. Ein kompletter Neubau der Regenwasserkanalisation erscheint unwirtschaftlich. Insgesamt wird das Konzept 1 am unwirtschaftlichsten bewertet.
- Bei Konzept 2 sind neben den Investitionen in die blau-grüne-Infrastruktur auch Unterhaltungskosten ebendieser zu berücksichtigen. Da die Arbeiten jedoch an der Oberfläche flexibel durchgeführt werden können, sind diese im Vergleich zu den unterirdischen Kanalinspektions- und -sanierungsarbeiten als gering und kostengünstig einzuordnen. Konzept 2 wird am wirtschaftlichsten eingestuft.
- Bei Konzept 3 wird Konzept 2 um eine Betriebswassernutzung erweitert. Die Investitionskosten sind deshalb höher einzuordnen. Aufgrund der Betriebswassernutzung können Gebühren eingespart werden (Trink- und/oder Abwassergebühren). Bei Konzept 3.1 ist im Vergleich zu Konzept 3.2 eine vielfältigere Nutzung des Betriebswassers möglich. Bei Konzept 3.1 entfallen die Investitionskosten in eine oder mehrere Aufbereitungsanlagen des Betriebswassers. Konzept 3.1 wird auch aufgrund der vielfältigen Betriebswassernutzungsmöglichkeiten besser als Konzept 3.2 bewertet. Insgesamt ist Konzept 3 hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit zwischen Konzept 1 und Konzept 2 einzuordnen.

▪ Betrieb

Unter Betrieb wird der Aufwand für die Instandhaltung sowie die technische Komplexität der Anlagen bewertet.

- Bei Konzept 1 beziehen sich die Arbeitsschritte der Instandhaltung im Wesentlichen auf die unterirdische Regenkanalisation. Kanalinspektion, Wartung und Instandsetzung sowie damit verbundene Planungen und Auswertungen sind mit einem hohen Aufwand zu bewerten.
 - Bei Konzept 2 beziehen sich Arbeitsschritte der Instandhaltung maßgeblich auf oberirdische Arbeitsschritte (bspw. regelmäßige Mäharbeiten, Reinigung von Einläufen) die im Vergleich zu Konzept 1 mit einem geringen Aufwand bewertet werden. Insgesamt ist Konzept 2 am besten zu bewerten.
 - Bei Konzept 3 wird aufgrund der Erweiterung des Konzepts 2 um eine Betriebswasseraufbereitung und -verteilung mit einem höheren Aufwand hinsichtlich der Kontrolle und Instandsetzung bewertet. Konzept 3.1 und Konzept 3.2 werden ähnlich dem Konzept 1 bewertet.
- Nachhaltigkeit

Es werden orientierend bspw. die erwartbaren Auswirkungen auf den lokalen Wasserkreislauf, die Gewässer, die Förderung der Biodiversität und der ressourcenschonende Umgang mit Trinkwasser bewertet.

 - Konzept 1 ist in Hinblick auf die oben genannten Aspekte am schlechtesten zu bewerten, da das Potenzial der blau-grünen Infrastruktur sowie der Betriebswassernutzung nicht ausgeschöpft werden.
 - In Konzept 2 wird durch die Umsetzung von mehreren Elementen der blau-grünen Infrastruktur der Gewässerschutz erhöht, die Biodiversität von Flora und Fauna gestärkt, das Mikroklima verbessert sowie dem urbanen Hitzeinseleffekt entgegengewirkt.
 - Konzept 3 umfasst neben Maßnahmen der blau-grünen Infrastruktur zusätzliche Schritte das Trinkwasser durch Betriebswasser zu substituieren. Das Konzept ist somit als das nachhaltigste zu bewerten.
 - Umsetzbarkeit

Bspw. werden Genehmigungsaspekte, Zustand der vorhandenen Infrastruktur etc. bewertet

 - Konzept 1 basiert auf der Teilnutzung der vorhandenen Regenwasserkanäle. Diese durchqueren teilweise die Entwicklungsfelder. Dort wo vorhandene Regenwasserkanäle nicht weiter genutzt werden können, sind die Kanäle zu erneuern. Alternativ kann auf eine kombinierte Ableitung durch Kanäle und offene Gerinne geplant werden (hybrides System). Dies ist in einer weiteren Planung zu untersuchen. Zum derzeitigen Projektstand ist davon auszugehen, dass die Weiternutzung der vorhandenen Regenwasserkanäle nicht möglich ist, sodass das Konzept 1 nicht wie beschrieben umgesetzt werden kann. Die Umsetzbarkeit ist demnach am schlechtesten zu bewerten. Die zu genehmigende Einleitmenge in die Strunde ist am höchsten.

- Die Umsetzung des Aquaparks mit erweiterter Niederschlagswasserbewirtschaftung gemäß Konzept 2 ist in einem weiteren Planungsschritt zu überprüfen. Die Kombination aus offenen Wasserwegen, Aquapark und Retention wird für das Zanders-Areal als gut umsetzbar bewertet. Aufgrund der zusätzlichen Retention ist die zu genehmigende Einleitmenge in die Strunde geringer als bei Konzept 1 einzuordnen. Konzept 2 wird am besten bewertet.
- Die Umsetzung des Konzepts 3.1 ist stark von der gewählten Energievariante abhängig. Wird die energetische Nutzung des Grundwassers nicht umgesetzt, wird die Konzept 3.1 ausgeschlossen und Konzept 3.2 als Alternative gewählt. Die zu genehmigende Einleitmenge von Grundwasser in die Strunde (oder den Rechtsrheinischen Kölner Randkanal) wird bei Konzept 3.1 zwischen Konzept 1 und Konzept 2 eingeordnet. Im Vergleich ist das alternative Konzept 3.2 einer dezentralen Grau- und Niederschlagswassernutzung nur melde- und nicht genehmigungspflichtig. Aufgrund des höheren technischen und planerischen Aufwands ist das Konzept 3.2 in der Umsetzbarkeit etwas schlechter zu bewerten als Konzept 3.1. Insgesamt werden die Varianten 3.1 und 3.2 identisch bewertet.

In der nachfolgenden Tabelle werden die Konzepte K 1, K 2, K 3.1 und K 3.2 anhand eines gewichteten Notensystems mit den Noten 1 (sehr gut), 2 (gut), 3 (befriedigend), 4 (ausreichend) und 5 (mangelhaft) zusammenfassend bewertet.

Tabelle 8-1: Bewertung der Konzepte

Kriterium	Gewichtung	K 1	K 2	K 3.1	K 3.2
Wirtschaftlichkeit	20 %	4	1	2	3
Betrieb	20 %	3	2	3	3
Nachhaltigkeit	40 %	3	2	1	1
Umsetzbarkeit	20 %	5	2	3	3
Gesamtnote		3,6	1,8	2,0	2,2

K 1: „Business-as-usual“, K 2: „Green City“, K 3.1: „Ressourcenorientiert“ mit Grundwassernutzung, K 3.2: „Ressourcenorientiert“ mit kombinierter Grau- und Niederschlagswassernutzung

Anhand der vorangegangenen Diskussion und Bewertung lässt sich darstellen, dass die Umsetzung des Konzepts 1 („Business-as-usual“) nicht zu empfehlen ist. Konzept 2 („Green City“), Konzept 3.1 („Ressourcenorientiert“ mit Grundwassernutzung) und Konzept 3.2 („Ressourcenorientiert“ mit Grau- und Niederschlagswassernutzung) wurden mit Gesamtnoten zwischen 1,8 und 2,2 ähnlich gut bewertet.

Zusammenfassend wird Konzept 2 („Green City“) auf Basis der gewichteten Kriterien etwas besser bewertet und somit als Vorzugslösung zum Wassergrundkonzept für das Zanders-Areal empfohlen. Es ist zu berücksichtigen, dass weitere Kriterien (z.B. stadtplanerische Gestaltung oder eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse) nicht in die Bewertung miteinfließen und die Präferenz der Wassergrundkonzepte verschieben können. Daher sollte die vorgelegte Bewertung nicht als endgültig angesehen werden.

9. Zusammenfassung

Das Gelände der ehemaligen Papierfabrik Zanders in der Stadt Bergisch Gladbach soll in den nächsten Jahren in einen attraktiven, ressourceneffizienten und vor allem nachhaltiger Wohn-, Arbeits- und Bildungsstandort umgestaltet werden. Die historische Bedeutung der Papierfabrik soll aufrechterhalten und in das neue Quartierskonzept integriert werden.

In dieser Studie wurde ein Wassergrundkonzept für das Zanders-Areal erarbeitet. Basierend auf einer Bestandsaufnahme der vorhandenen Infrastruktur und des bisherigen Wassermanagements auf dem Zanders-Areal sowie der Stadt Bergisch Gladbach wurden folgende Teilbereiche bearbeitet:

- Wasserversorgung,
- Betriebswassernutzung,
- Niederschlagswasserableitung und -behandlung,
- Schmutzwasserableitung und -behandlung,
- Grundwasserbewirtschaftung und
- Trassenverlauf der Strunde.

Zur Erreichung eines optimalen und nachhaltigen Ressourceneinsatzes wurden interdisziplinäre Themenfelder (z.B. Stadtplanung, Wasser- und Energiekonzepte) frühzeitig berücksichtigt, Vorzugslösungen erarbeitet und abgestimmt. Nach der Erarbeitung und Bewertung der Vorzugslösungen zu den jeweiligen Teilkonzepten wurden drei Gesamtkonzepte erarbeitet, welche unterschiedliche Schwerpunkte aufweisen.

Das Basis-Konzept „Business-as-usual“ basiert auf einem traditionellen Planungsansatz, der hauptsächlich auf rohrnetzgebundene und zentrale Anlagen stützt. Es ist ein Anschluss an das öffentliche Trinkwassernetz sowie die Schmutzwasserableitung und -behandlung auf der Kläranlage Beningsfeld vorgesehen. Das Niederschlagswasser wird hauptsächlich über unterirdisch verlaufende Kanäle, ähnlich dem Bestandszustand, abgeleitet und ggf. in Speicherbecken zurückgehalten („graue Infrastruktur“). Zur Reduktion des Niederschlagswasserabflusses sowie zur Entgegnung des urbanen Hitzeinseleffekts werden konventionelle Gründächer vorgesehen. Zudem wird die Strunde offengelegt, wobei die Trassenführung im Rahmen der Konzeptausarbeitung nicht festgelegt wird.

Im Rahmen des Konzepts „Green City“ wird das Basis-Konzept erweitert und Maßnahmen der blau-grünen Infrastruktur nach dem Schwammstadtprinzip verstärkt umgesetzt. Dies umfasst die

naturnahe Ableitung von Niederschlagswasser an der Oberfläche, die Bereitstellung von Grünflächen, einen weitergehenden Rückhalt durch Umsetzung von Retentionsdächern sowie die Umsetzung eines Aquaparks mit kombinierter Niederschlagswasserbehandlung.

Das Konzept „Ressourcenorientiert“ erweitert das Konzept „Green City“ um eine Betriebswassernutzung, wodurch wertvolles Trinkwasser substituiert wird. Dies wird durch Grundwasser, welches im Zuge des energetischen Konzepts gefördert und genutzt wird, bereitgestellt (Mehrfachnutzung). Für den Fall, dass die Variante der energetischen Grundwassernutzung entfällt, wurde ein alternatives Konzept mit einer Betriebswasserbereitstellung durch Grau- und Niederschlagswasser entwickelt.

Zusammenfassend werden die Konzepte „Green City“ und „Ressourcenorientiert“ ähnlich gut bewertet. Basierend auf den gewählten Kriterien und Gewichtungsfaktoren wird das Konzept „Green City“ als das am besten bewertete Gesamtkonzept für das Zanders-Areal empfohlen. Wird der Nachhaltigkeit gegenüber der Wirtschaftlichkeit im Entscheidungsprozess etwas mehr Gewicht beigemessen, wird das Konzept „Ressourcenorientiert“ mit einer zusätzlichen Betriebswassernutzung bevorzugt. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass weitere Kriterien (z.B. stadtplanerische Gestaltung) oder eine detaillierte Kosten-Nutzen-Analyse die Bewertungsreihenfolge der Wassergrundkonzepte verschieben können. Daher sollte die vorgelegte Bewertung nicht als endgültig angesehen werden.

Griesheim, den 11.08.2023

aquadrat ingenieure

i. V. Dr. techn. Jonatan Zischg

i. A. Johannes Rühl, M.Sc.

ppa. Dr.-Ing. Arne Klawitter

Dr.-Ing. Tobias Günkel-Lange

10. Literaturverzeichnis

- AFRY (2021) AFRY Deutschland GmbH; Zwischenpräsentation: Überprüfung der Kapazität der KA Beningsfeld, Projektbesprechung 09.03.2021
- AFRY (2023) AFRY Deutschland GmbH; Entwurf Erläuterungsbericht: Überprüfung der Kapazität der Kläranlage Beningsfeld vor dem Hintergrund der Stadtentwicklung, 18.07.2023
- AfU (2017) Amt für Umwelt, Sektion Gewässerschutz; Definition und Berechnung der Einwohnergleichwerte – Merkblatt 4.2.024, Freiburg (Schweiz), 2017
- LfU (2023a) Bayerisches Landesamt für Umwelt, Regenwassernutzung, Letzter Zugriff 21.07.2023: https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/regenwassernutzung/index.htm
- LfU (2023b) Bayerisches Landesamt für Umwelt, Einleitung in Oberflächengewässer, Letzter Zugriff 24.07.2023: https://www.lfu.bayern.de/wasser/umgang_mit_niederschlagswasser/regenwassernutzung/index.htm
- BBodSchV (1999) Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), die zuletzt durch Artikel 126 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist
- BDEW (2023) Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.; Trinkwasser Verwendung im Haushalt 2021 – Durchschnittswerte bezogen auf die Wasserabgabe an Haushalte und Kleingewerbe-Anteile, BDEW-Wasserstatistik – geschätzte Menge, Letzter Zugriff 09.03.2023: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/trinkwasser Verwendung-im-haushalt/>
- Bezirksregierung Köln (2023) Digitales Geländemodell. Letzter Zugriff 22.07.2023. <https://www.bezreg-koeln.nrw.de/geobasis-nrw/produkte-und-dienste/hoehenmodelle/digitale-gelaendemodelle/digitales-gelaendemodell>
- Bieske (2023a) Bieske und Partner, Hydrogeologische Systemanalyse, Kurzpräsentation, 24.03.2023
- Bieske (2023b) Bieske und Partner, Auswerteprotokolle zum Auffüllversuch mit veränderlicher Druckhöhe (instationärer Versuch) unterhalb des

	Grundwasserspiegels im verrohrten Bohrloch mit freier Bohrloch- strecke, 17.05.2023
Bieske (2023c)	Bieske und Partner, Flurabstandsplan 2022, 08.03.2023
Birko (2023)	BIRCO GmbH, BIRCOpur, Letzter Zugriff 27.07.2023. https://www.birco.de/umwelt/produkte-fuer-umwelt/bircopur/
BKG (2021)	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG), Starkregenge- fahrenhinweise Nordrhein-Westfalen, Datum der Erstellung 01.07.2021, Letzter Zugriff 22.07.2023. https://geopor- tal.de/map.html?map=tk_04-starkregengefahrenhinweise-nrw
BMWSB (2023a)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsi- cherheit; Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) – Büro und Verwaltungsgebäude BNB_BN 1.2.3. Letzter Zugriff 20.07.2023: <a href="https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/buer-
ogebaeude/">https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/buer- ogebaeude/
BMWSB (2023b)	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsi- cherheit; Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen (BNB) – Unter- richtsgebäude BNB_BN 1.2.3. Letzter Zugriff 20.07.2023: <a href="https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/unter-
richtsgebaeude/">https://www.bnb-nachhaltigesbauen.de/bewertungssystem/unter- richtsgebaeude/
Brendebach (2022)	Brendebach Ingenieure, Vorplanung „Entkopplung Office Bereich, Schmutzwasser“ – verschiedene Varianten, Juli 2022
DAfStb (2006)	DAfStb-Richtlinie, Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Ausgabe November 2003 + Berichtigung März 2006, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2006
DIN 18533:2017-07	DIN 18533:2017-07: Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1, 2 und 3., DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2017
DIN 19650:1999-02	DIN 19650:199-02: Bewässerung – Hygienische Belange für Bewäs- serungswasser, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1999
DIN EN 16941-1:2018	DIN EN 16941-1:2018: Vor-Ort Anlagen für Nicht-Trinkwasser – Teil 1: Anlagen für die Verwendung von Regenwasser, Deutsche Fassung, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2018
DIN EN 1717:2011-08	DIN EN 1717:20011-08: Schutz des Trinkwassers vor Verunreini- gung in Trinkwasser-Installationen und allgemeinen Anforderun-

	gen an Sicherungseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen; Technische Regel des DVGW; DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2011
DIN SPEC 91468:2022	DIN SPEC 91468:2022: Leitfaden für ressourceneffiziente Stadtquartiere, DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 2022
Dr.-Ing. Bernd Diering GmbH (2007)	Dr.-Ing. Bernd Diering GmbH Ingenieurgesellschaft für Umwelttechnologie: Bestandsplan Gesamtübersichtslageplan, Projekt: Klärwerk Beningsfeld, Plan-Nr.: 004/BP 01
DVGW W 405	Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 405; Bereitstellung von Löschwasser durch die öffentliche Trinkwasserversorgung, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn, 2008
DVGW W 410	Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 410; Wasserbedarf – Kennwerte und Einflussgrößen, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn, 2008
DVGW W 555	Technische Regel – Arbeitsblatt DVGW W 555; Nutzung von Regenwasser (Dachablaufwasser) im häuslichen Bereich, DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Bonn, 2002 (zurückgezogen und durch DIN EN 16941-1:2018 ersetzt)
DWA 2008	DWA-Themen: Neuartige Sanitärkonzepte, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2008
DWA-A 102-2/BWK-A 3-2:2020	DWA-A 102-2/BWK-A 3-2:2020: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 2: Emissionsbezogene Bewertungen und Regelungen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, Dezember 2020
DWA-A 117:2013	Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2013, Stand: korrigierte Fassung Februar 2014
DWA-A 118:2006	Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2006, Stand: korrigierte Fassung September 2011
DWA-A 133:2021	Arbeitsblatt DWA-A 133: Planung, Wertermittlung von Abwasseranlagen – Systematische Erfassung, Bewertung und Fortschreibung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2021

DWA-A 138:2006	Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2007, Stand: korrigierte Fassung März 2006
DWA-A 138-1:2020 (Entwurf)	Arbeitsblatt DWA-A 138-1: Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser – Teil 1: Planung, Bau, Betrieb, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, November 2020
DWA-A 166:2013	Arbeitsblatt DWA-A 166: Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – Konstruktive Gestaltung und Ausrüstung, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2013
DWA-A 178:2019	Arbeitsblatt DWA-A 178: Retentionsbodenfilteranlagen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2019, Stand: korrigierte Fassung Oktober 2019
DWA-A 272:2014	Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS), Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2014
DWA-M 153:2007	Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2007, Stand: korrigierte Fassung Dezember 2020
DWA-M 277:2017	Merkblatt DWA-M 277: Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef, 2017
DWD (2023)	Open Data - Globaler Datensatz des Deutschen Wetterdienstes, Download April 2023, https://opendata.dwd.de/climate_environment/CDC/observations_germany/climate/daily/more_precip/historical/
EU-Verordnung 2020/741	Verordnung (EU) 2020/741 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Mai 2020 über Mindestanforderungen an die Wasserwiederverwendung, Amtsblatt der Europäischen Union, 05.06.2020
Fischer Ingenieurbüro (2010)	Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH, Genehmigungsentwurf, Projekt „Hochwassersicherung und Offenlegung der Strunde“, 2010

- Fischer Ingenieurbüro (2015) Franz Fischer Ingenieurbüro GmbH, Bauwerksplan „RKB 5120“ im Projekt „Bauprojekte in der Innenstadt von Bergisch Gladbach: Strunde hoch vier“, 2015
- Fritsch et al. (2011) Fritsch, P.; Knaus, W.; Merkl, G.; Preininger, E.; Rautenberg, J.; Weiß, M.; Wricke, B.; Mutschmann/Stimmelmayer Taschenbuch der Wasserversorgung, Vieweg+Teubner Verlag | GEV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2011
- Graf (2023) Otto Graf GmbH, Flachtank Platin Retentionszisterne Plus, Letzter Zugriff 21.07.2023: <https://www.graf.info/de/retention/retentionszisternen-plus/flachtank-platin-retentionszisterne-plus.html>
- Hamburg Wasser (2023) Hamburg Wasser, Letzter Zugriff 24.07.2023: <https://www.hamburgwasser.de/umwelt/vorsorge/hamburg-water-cycle>, Fotoquelle: Uli Perrey
- Happold (2023) Büro Happold, Energiestudie (parallel zu dieser Studie laufend), 2023
- Hellmann (2022) Dr. Sebastian Hellmann, BernePark in Bottrop, Letzter Zugriff 27.07.2023: <https://www.ruhrgebiet-industriekultur.de/?s=berne-park>
- Hydrotec (2021) Antrag auf Duldung zur Einleitung von Niederschlagswasser der ehemaligen Firma Zanders in Bergisch Gladbach in die Strunde, Hydrotec Ingenieursgesellschaft für Wasser und Umwelt mbG, 2021
- GEOportal.NRW (2023) GEOportal Nordrhein-Westfalen, Open Data Download, Download Januar 2023, <https://www.geoportal.nrw/?activetab=portal>
- IfSG Infektionsschutzgesetz vom 20. Juli 2000 (BGBl. I S. 1045), das zuletzt durch Artikel 1a u. 2 des Gesetzes vom 17. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 190) geändert worden ist
- Imhoff et al. (2018) Imhoff, K.; Imhoff, K.R.; Jardin, N.; Taschenbuch der Stadtentwässerung, 32. Verbesserte Auflage, DIV Deutscher Industrieverlag, Essen, 2018
- Karger et al. (2008) Karger, R.; Hoffmann, F.; Cord-Landwehr, K.; Wasserversorgung, Vieweg+Teubner Verlag | GEV Fachverlage GmbH, Wiesbaden, 2008
- Karres en Brands (2022) Sturkturplanungsteam: Karres en Brands (Brand, B.; Reznek, D.; Zielonka, I.; Lietavova, M.; Hulman, I.; Catani, C.; Paraschiv, O.), Projektgruppe Zanders-Areal (Krause, U.; Löhlein, S.; Prinz, M.; Korst, S.; Zorn, M.; Brouwers, S.), Büro Happold (Seelig, S.; Kraubitz, T.;

	Buchmaier, A.; Langmaack, H.; Lotz, T.; Rada, J.; Xiao, J.), New Horizon (Baars, M.); Strukturatlas – Zanders-Areal Bergisch Gladbach, 2022
LAGA (2004)	Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen: Teil I: Allgemeiner Teil, Stand 06.11.2003; Teil II: Technische Regeln für die Verwertung, 1.2 Bodenmaterial (TR Boden), Stand 05.11.2004
LAWA (1994)	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser: Empfehlungen für die Erkundung, Bewertung und Behandlung von Grundwasserschäden, Stuttgart, 1994
Mall (2022)	Mall GmbH, Einbauweise Mall-Kunststoff-Rigole, Mall-Sickerbox, Donaueschingen, 2022
Mull u. Partner (2017)	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH: Orientierende Gefährdungsabschätzung der Teilflächen Büro, E1 und E2 der Zanders Werke Bergisch Gladbach, 2017
Mull u. Partner (2019)	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH: Orientierende Gefährdungsabschätzung des Kernareals der Zanders Werke Bergisch Gladbach, 2019
Mull u. Partner (2020)	Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH: Gebäudeschadstoffuntersuchung für den Gebäudebestand auf der Liegenschaft Zanders-Werke in Bergisch Gladbach, 2020
MUNLV (2007)	Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Immissionsschutz in der Bauleitplanung – Abstände zwischen Industrie- bzw. Gewerbegebieten und Wohngebieten im Rahmen der Bauleitplanung und sonstige für den Immissionsschutz bedeutende Abstände (Abstandserlass), jva druck+medien, Geldern, 2007
Nolde & Partner (2016)	Ingenieurbüro Nolde & Partner, Endbericht des DBU Projekts AZ 32156-24: Steigerung der Energieerträge bei der Wärmerückgewinnung aus Grauwasser, Berlin, 2016
Optigrün (2023)	Optigrün international AG, Letzter Zugriff 21.07.2023: https://www.optigruen.de/
Projektgruppe Zanders-Areal (2023a)	Excel-Datei 230413_Steckbriefe_Entwicklungsfelder, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
Projektgruppe Zanders-Areal (2023b)	Excel-Datei 230522_Berechnungsmatrix_Nutzungen_Werte_Steckbriefe, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
Projektgruppe Zanders-Areal (2023c)	PDF-Datei 230607_Phasierung, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023

Projektgruppe Zanders-Areal (2023d)	JPG-Dateien 006 Zandersgelände_Denkmalpflegeplan + Vorschläge EW und Lageplan_Denkmäler_Zanders, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
Projektgruppe Zanders-Areal (2023e)	PDF-Datei Brauchwasser-TW Anschluss, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
Projektgruppe Zanders-Areal (2023f)	PDF-Datei Zanders_Trinkwasseranschlüsse, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
Projektgruppe Zanders-Areal (2022)	PDF-Datei Anlage 1_Regen-u_Schmutzwassernetz, Projektgruppe Zanders-Areal, 2022
Projektgruppe Zanders-Areal (2023g)	E-Mail mit Anhängen, Wasserstudie Zanders – Strundeöffnung, Projektgruppe Zanders-Areal, 2023
RheinEnergie (2023)	RheinEnergie AG, Zentrale Leitungsauskunft, Köln, 02.06.2023
Schmitz (1989)	Institut für Umwelttechnologie Dipl.Geol. K.J.Schmitz: Untersuchung zur Erstbewertung der Verdachtsfläche 33 in Bergisch Gladbach, 1989
SEAD (2023)	SEAD Vermessung: 3D_Modell Zanders-Areal, Letzter Zugriff 21.07.2023: https://www.veplan.de/3D_Modell/Zanders/App/index.html#%2F
Senatsverwaltung (2007)	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (Hrsg.): Innovative Wasserkonzepte – Betriebswassernutzung in Gebäuden, Berlin, 2007
Sieker (2023)	Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH.; Letzter Zugriff 21.07.2023: https://www.sieker.de/en/home.html
Slach (2015)	Geologisches Büro Slach GmbH & Co. KG: Bodengutachten für das Bauvorhaben: „Hochwasserschutz Strunde und Innenstadt“ von Bergisch Gladbach, 2015
Solarenergie.de (2023)	Informationsportal solarenergie.de, Letzter Zugriff 22.07.2023: https://solarenergie.de/photovoltaikanlage/arten-von-pv-anlagen/flachdach/solaranlagen-und-dachbegruenung
Stadt Beelitz (2023)	Spargelstadt Beelitz, Stadtpark, Letzter Zugriff 27.07.2023: https://beelitz.de/stadtpark/
Stadt Bergisch Gladbach (2019)	Stadt Bergisch Gladbach, FB 6-62 Geoservice, Bezeichnung: Regen-/Schmutzwasserplan Zanders
Stadt Bergisch Gladbach (2022)	Stadt Bergisch Gladbach, GIS-Kanaldatensatz im shp-Format, Dezember 2022
Stadt Bergisch Gladbach (2023a)	Stadt Bergisch Gladbach, Letzter Zugriff: 21.07.2023: https://www.bergischgladbach.de/lage-und-einzugsgebiet.aspx
Stadt Bergisch Gladbach (2023b)	Stadt Bergisch Gladbach, Letzter Zugriff: 21.07.2023: https://www.bergischgladbach.de/newsdetails.aspx?id=36546

Stadt Bergisch Gladbach (2023c)	Stadt Bergisch Gladbach, Letzter Zugriff: 21.07.2023: https://www.bergischgladbach.de/historie.aspx
StEB Köln (2023)	Stadtentwässerungsbetriebe Köln, Anstalt des öffentlichen Rechts (StEB Köln), Leitfaden für eine wassersensible Stadt- und Freiraumgestaltung in Köln, Letzter Zugriff 25.07.2023: www.steb-koeln.de
Strundeverband (2023)	Strundeverband in Bergisch Gladbach, Schriftverkehr zur Offenlegung der Strunde auf dem Zanders-Areal, Bergisch Gladbach, 2023
TrinkwV	Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159)
UBA (2023)	Umweltbundesamt, Regenwassernutzung, Letzter Zugriff 21.07.2023: https://www.umweltbundesamt.de/umwelttipps-fuer-den-alltag/garten-freizeit/regenwassernutzung#unsere-tipps
VDI 2070 (2013)	VDI-Richtlinie 2070: Betriebswassermanagement für Gebäude und Liegenschaften, Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf, 2013
Vorschlag EU-Richtlinie 2022/0345 (COD)	Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Neufassung), 26.10.2022, COM (2022) 541 final, 2022/0345 (COD)
WHG	Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (BGBl. I S. 2585), das zuletzt durch Artikel 5 des Gesetzes vom 3. Juli 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 176) geändert worden ist
Wikipedia	Suchwort „BELKAW“, Letzter Zugriff 22.07.2023: https://de.wikipedia.org/wiki/BELKAW
Zumbroich (2022)	Planungsbüro Zumbroich, Landschaft + Gewässer, Fachbeitrag zur Einleitung von Grundwasser in die Strunde in Bergisch-Gladbach (Entwurfassung), August 2022