

netWORKS-Papers

**An den Klimawandel angepasste
Wasser- und Grün-Infrastrukturen
im Planungsgebiet „Sieben Eichen“,
Norderstedt – planerische Machbar-
keitsstudie**

Jeremy Anterola
Jan Hendrik Trapp
Herbert Brüning

unter Mitarbeit von Martina Winker



An den Klimawandel angepasste Wasser- und Grün- Infrastrukturen im Planungsge- biet „Sieben Eichen“, Nor- derstedt – planerische Machbar- keitsstudie

Forschungsverbund netWORKS 4: resilient networks: Beiträge städ-
tischer Versorgungssysteme zur Klimagerechtigkeit

netWORKS-Papers: Heft 35

Jeremy Anterola, Jan Hendrik Trapp, Herbert Brüning

unter Mitarbeit von Martina Winker

Impressum

Autoren

Jeremy Anterola (Ramboll Studio Dreiseitl)

Jan Hendrik Trapp (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, Difu)

Herbert Brüning (Stadt Norderstedt)

Die Autoren danken Martina Winker, Immanuel Stieß (ISOE), Andreas Matzinger (KWB), Jochen Herrmann (Ramboll Studio Dreiseitl) sowie Mario Helterhoff und Jörg Möller (Stadt Norderstedt) für ihre Unterstützung, inhaltliche Mitarbeit, kritischen Kommentare und die Begleitung der Machbarkeitsstudie. Ohne sie wäre die Studie nicht zustande gekommen.

Grafische Darstellung

Jeremy Anterola, Jochen Hermann, Anastasiya Andrukovich, Sarah Nusair, Dora Csizmadia

Titelbildrechte: Ramboll Studio Dreiseitl

Herausgeber

Forschungsverbund netWORKS

www.networks-group.de

Diese Veröffentlichung basiert auf Forschungsarbeiten im Verbundvorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“. Das Forschungsprojekt netWORKS 4 wird unter dem Förderkennzeichen 01UR1622A-D innerhalb der Fördermaßnahme „Nachhaltige Transformation urbaner Räume“ im Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ als Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Textverarbeitung

Hanna Gieseler

Julia Krebs

Verlag und Vertrieb

Deutsches Institut für Urbanistik GmbH

Zimmerstraße 13-15

10969 Berlin

Telefon: +49 30 39001-0

Telefax: +49 30 39001-100

E-Mail: difu@difu.de

Internet: www.difu.de

ISBN: 978-3-88118-663-6

Alle Rechte vorbehalten.

Norderstedt, Hamburg, Berlin, Juli 2020

Forschungsverbund netWORKS im Vorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Jan Hendrik Trapp (Koordination)
Zimmerstr. 13-15
10969 Berlin
Telefon: +49 30 39001-210
E-Mail: trapp@difu.de



ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Dr.-Ing. Martina Winker (Koordination)
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
Telefon: +49 69 7076919-53
E-Mail: winker@isoe.de



Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Dr. Pascale Rouault
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 53653-816
E-Mail: pascale.rouault@kompetenz-wasser.de



Berliner Wasserbetriebe AöR
Forschung und Entwicklung
Michel Gunkel
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 8644-18047
E-Mail: michel.gunkel@bwb.de



Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Berlin
Abteilung Integrativer Umweltschutz
Referat Wasserrecht, Wasserwirtschaft und Geologie
Matthias Rehfeld-Klein
Brückenstr. 6
10179 Berlin
Telefon: +49 30 9025-2003
E-Mail: Matthias.Rehfeld-Klein@senuvk.berlin.de



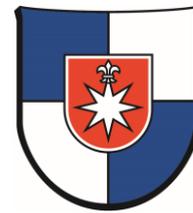
Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin
Abteilung II – Städtebau und Projekte
Fachgebiet Ökologisches Bauen, ökologische Gebäude-
konzepte,
Modellvorhaben
Brigitte Reichmann
Württembergische Str. 6
10707 Berlin
Telefon: +49 30 90139-4322
E-Mail: brigitte.reichmann@sensw.berlin.de



Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Wohnen

Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt
Herbert Brüning
Rathausallee 50
22846 Norderstedt
Telefon: +49 40 53595-367
E-Mail: herbert.bruening@norderstedt.de



Ramboll Studio Dreiseitl GmbH
Jeremy Anterola
Stadtdeich 7
20097 Hamburg
Telefon: +49 40 32818-212
E-Mail: jeremy.anterola@dreiseitl.com

RAMBOLL STUDIO DREISEITL

Inhalt

Inhalt	5
Verzeichnis der Abbildungen	8
Verzeichnis der Tabellen	11
Abkürzungsverzeichnis	12
Einleitung	14
1 Thematische Einführung	16
2 Bausteine blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen für eine klimagerechte Stadtentwicklung	18
3 Rahmenbedingungen und Planungsziele für das Gebiet	24
3.1 Planungsziele der Stadt Norderstedt und Rahmenbedingungen für das Gebiet „Sieben Eichen“	24
3.2 Wasserwirtschaftliche und -rechtliche Rahmenbedingungen	26
3.3 Wasserbezogene, infrastrukturelle Ziele für die Gestaltung gekoppelter Infrastrukturen	28
3.4 Bemessungsgrundlagen	31
4 Grundlagenermittlung	31
4.1 Räumliche Einordnung des Planungsgebiets	31
4.2 Planerische Grundlagen	36
4.2.1 Flächennutzungsplan Norderstedt 2020	36
4.2.2 Biotoptypen Norderstedt	38
4.3 Topografie	39
4.4 Klimadaten	41
4.5 Bodenverhältnisse	41
4.6 Hydrologische Grundlagen der Wasserbewirtschaftung	45
4.6.1 Wassereinzugsgebiet	45
4.6.2 Grundwasserflurabstand	47
4.7 Fließwege des Oberflächenwassers	49
4.8 Überflutungsgefahren	50
4.9 Wasserschutzgebiet	51

4.10	Bestehende Flächennutzung und Baumbestand	52
4.11	Graue Infrastruktur (Wasserinfrastrukturen, Verkehrsflächen)	52
4.12	Bioklimatische Situation	54
4.13	Die wichtigsten Grundlagen im Überblick	54
5	Machbarkeitsstudie „blau-grün-grau gekoppelte Wasserinfrastrukturen in „Sieben Eichen“	56
5.1	Ausgangspunkt – Vorplanungsphase zum städtebaulichen Rahmenplan	56
5.2	Flächenermittlung	61
5.3	Drei Varianten blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen	62
5.4	Grundvariante	63
5.5	Erweiterte Grundvariante	71
5.6	Vorsorgevariante	78
5.7	Maßnahmen an/auf (öffentlichen) Straßen- und Verkehrsflächen	85
5.7.1	Entwässerung der Haupteerschließung	89
5.7.2	Entwässerung der Nebenerschließungen	91
5.8	Maßnahmen in den Freiflächen	95
5.8.1	Oberirdisches Wasserschema	95
5.8.2	Strategie in den öffentlichen Freiflächen	98
5.8.3	Planungsansatz für die privaten Grundstücke und Freiflächen	106
5.9	Die drei Varianten im Vergleich	107
5.9.1	Wasserbilanzen	116
5.9.2	Überflutung und Umgang mit Starkregenereignissen	118
6	Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie und Empfehlungen für den weiteren Planungsprozess	120
6.1	Wirkungen in Bezug auf den Erhalt bzw. Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt	120
6.2	Gewässerschutz	121
6.3	Überflutungsvorsorge	122
6.4	Ressourcenschonung und Wasserkreislaufführung	123
6.5	Empfehlungen/Hinweise für den weiteren Planungsprozess	124

7	Anhang	127
7.1	Bausteine Norderstedt	127
7.1.1	Baustein: Grünflächen und grüne Freiräume	127
7.1.2	Baustein: Vermeidung von Versiegelung/Entsiegelung	130
7.1.3	Baustein: Versickerung mit Bodenpassage und Verdunstung	132
7.1.4	Baustein: Multifunktionale Rückhalteräume	136
7.1.5	Baustein: Wasserspiele	138
7.1.6	Baustein: Naturnahe Reinigungsverfahren	140
7.1.7	Baustein: Toilettenspülung (mit Betriebswasser)	141
7.1.8	Baustein: Bewässerung	141
7.1.9	Baustein: Dachbegrünung	142
7.1.10	Baustein: Fassaden-/Wandbegrünung	145
7.2	Quellen und Literatur	147
7.3	DIN- und DWA-Angaben	151

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1: Bausteine gekoppelter Infrastrukturen	21
Abb. 2: Zusammenfassung der Bausteine	22
Abb. 3: Projektgebiet (rot umrandet) im Satellitenbild	32
Abb. 4: Gebiet des Rahmenplans „Sieben Eichen“ in Erweiterung der Wohnbaufläche W22 aus dem Flächennutzungsplan 2020	33
Abb. 5: Vor-Ort-Fotos mit Karte	34
Abb. 6: Der städtebauliche Rahmenplan (Arbeitsstand September 2019)	35
Abb. 7: Zuwachs der Siedlungsflächenanteile in den Oberflächengewässer-Einzugsgebieten laut Umweltbericht (nach § 2a BauGB) zum Flächennutzungsplan 2020 der Stadt Norderstedt	36
Abb. 8: Bebaute Fläche in Gewässereinzugsgebieten laut Strategischem Umweltplan SUP	37
Abb. 9: Karte zur Art der Baulichen Nutzung mit Fokus auf die Baufläche W22 aus Flächennutzungsplan 2020	38
Abb. 10: Biotoptypenplan im Landschaftsplan	39
Abb. 11: Darstellung der Topografie und Höhenlinien	40
Abb. 12: Bodentypen laut Landschaftsplan mit Projektgebiet	42
Abb. 13: Lageplan, Bodenprofile und Lage der Bohrungen im Untersuchungsgebiet B-Plan 282 ‚Kreuzweg‘	43
Abb. 14: Bohrprofile 1 und 2	44
Abb. 15: Bohrprofile 3, 4 und 5	44
Abb. 16: Verlauf der angrenzenden Gewässer als Teil des Einzugsgebiets Tarpenbek-Ost	46
Abb. 17: Grundwasserflurabstand und abnehmende Versickerungsfähigkeit in Richtung Gebietsgrenze Nord	47
Abb. 18: Grundwasserflurabstand Analyse	48
Abb. 19: Hauptfließwege des Oberflächenwasser mit Andeutung der Fließrichtung	49
Abb. 20: Vorprüfung der Überflutungsgefahr durch Fließweganalyse der Bestandssituation, erstellt mit Unterstützung von ArcGIS	50
Abb. 21: Gehölze und Baumbestand und Art der Bodennutzung klassifiziert nach dem Landschaftsplan 2020	52
Abb. 22: Graue Infrastruktur	53
Abb. 23: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚Wohnen im Grünen‘	57

Abb. 24: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚Kante zeigen‘	58
Abb. 25: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚dörfliche Nachbarschaften‘	59
Abb. 26: Der städtebauliche Rahmenplan (Arbeitsstand September 2019) für das Projektgebiet	60
Abb. 27: Entwässerung auf Wohngebäudegrundstücken	66
Abb. 28: Plandarstellung mit Bausteinen einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, Grundvariante	68
Abb. 29: Schnitt Ost-West durch die in Nord-Süd-Richtung verlaufende zentrale Grünfläche zwischen den Mehrfamilienhäusern	70
Abb. 30: Schnitt Nord-Süd durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Grünfuge („Sieben Eichen“ Teil) zwischen Mehr- und Einfamilienhäusern	70
Abb. 31: Lageplanreferenz	70
Abb. 32: Plandarstellung mit dem Baustein einer zusätzlichen Dachbegrünung auf den Einfamilienhäusern im nördlichen Teil, erweiterte Grundvariante	74
Abb. 33: Schnitt in Nord-Süd-Richtung durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern an der Nord-Süd Grünfläche	75
Abb. 34: Detailansicht aus dem Querschnitt in Nord-Süd-Richtung in der Ost-West Grünfuge	75
Abb. 35: Lageplanreferenz der Schnittachsen aus den Abb. 33 und Abb. 34	75
Abb. 36: Verortung der bildlichen Darstellung zur Ausgestaltung der Ost-West Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern	76
Abb. 37: Bildliche Darstellung einer möglichen Ausgestaltung der Ost-West Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern	76
Abb. 38: Verortung der bildlichen Darstellung einer möglichen Aussicht aus dem Plangebiet in Richtung Beek in der Twiete/Tarpenbek-Niederung	77
Abb. 39: Bildliche Darstellung einer möglichen Aussicht aus dem Plangebiet in Richtung Beek in der Twiete/Tarpenbek-Niederung	77
Abb. 40: Stuttgart Mailänder Platz Beispielprojekt	82
Abb. 41: Vorsorgevariante	83
Abb. 42: Darstellung der Sammlung und Nutzung von Betriebswasser, Schnitt durch einen typischen Wohnhof	84

Abb. 43: Detaillierte Darstellung der Sammlung und Nutzung von Betriebswasser im Gebäud	84
Abb. 44: Wasserkonzept für die Verkehrsflächen	88
Abb. 45: Anordnung der Bausteine in der Haupterschließungsstraße	91
Abb. 46: Anordnungsschema der Bausteine in den östlichen bzw. westlichen Wohnstraßen (Nebenerschließungsstraßen)	94
Abb. 47: Variation des Anordnungsschemas der Bausteine in den Wohnstraßen im nördlichen Teil (mit Verdunstungsmulde)	94
Abb. 48: Fließrichtungen und Rahmenbedingungen der Wasserbewirtschaftung im Gebiet	97
Abb. 49: Qualitative Änderung der Wasserbilanz einer Siedlung bei zunehmender Bebauung	98
Abb. 50: Plan zur Verortung der Schnitte	99
Abb. 51: Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 1	99
Abb. 52: Detaillierter Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 1, Strategie im Freiraum und Bausteine	100
Abb. 53: Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 2	100
Abb. 54: Detaillierter Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 2, Strategie im Freiraum und Bausteine	101
Abb. 55: Schnitt durch die Grünfläche Nord-Süd	101
Abb. 56: Detaillierter Schnitt durch die Grünfläche Nord-Süd, Strategie im Freiraum	102
Abb. 57: Plan Verortung des Grünrands	102
Abb. 58: Grünrand (Grünzone zwischen Neubau und Gebietsgrenze), Strategie im Freiraum	103
Abb. 59: Plan Verortung des Hofbereiches	104
Abb. 60: Schnitt durch einen exemplarischen Hofbereich, Strategie im Freiraum und Bausteine	104
Abb. 61: Exemplarischer Hofbereich, Strategie im Freiraum und Bausteine	105
Abb. 62: Wasserkonzept, Überflutung und Starkregen	119
Abb. 63: Referenzbilder Grünfläche/grüne Freiräume	128
Abb. 64: Referenzbild Straßenbäume	129
Abb. 65: Referenzbilder Vermeidung von Versiegelung /Entsiegelung	132
Abb. 66: Referenzbilder Versickerung mit Bodenpassage	133

Abb. 67: Referenzbild Verdunstungsmulde mit einer maximalen Einstautiefe für den Regenwasserrückhalt von 30 cm	134
Abb. 68: Referenzbilder Tiefbeet	135
Abb. 69: Referenzbilder Multifunktionale Rückhalteräume	137
Abb. 70: Referenzbilder Uferstrukturen	138
Abb. 71: Referenzbilder Wasserspiele	139
Abb. 72: Referenzbilder Naturnahe Reinigungsverfahren	141
Abb. 73: Referenzbilder Bewässerung	142
Abb. 74: Referenzbild Dachbegrünung	144
Abb. 75: Referenzbild Dachbegrünung	144
Abb. 76: Referenzbild Fassaden-/Wandbegrünung	146

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Flächenberechnung (Ramboll Studio Dreiseitl 2019)	61
Tab. 2: Varianten im Vergleich	111
Tab. 3: Größen relevanter Flächentypen im Vergleich	112
Tab. 4: Berechnung der abflusswirksamen Fläche nach DIN 1986-100	115
Tab. 5: Abschätzung der Wasserbilanz für die verschiedenen Varianten (Anteil der Variablen der Wasserbilanz in Prozent)	117

Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Cfb	Warm-gemäßigte Klimazone ¹
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall
et al.	Et alii
etc.	Et cetera
evtl.	eventuell
EZG	Einzugsgebiet
FB	Fachbereich
FG	Künstliches Fließgewässer/Graben
FNP	Flächennutzungsplan
inkl.	inklusive
ggf.	gegebenenfalls
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung

¹ Vgl. <http://www.klima-der-erde.de/koeppen.html>

GOK	Geländeoberkante
LLUR	Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein
MHQ	Mittlerer Hochwasserabfluss
MQ	Mittlerer Abfluss
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
o. ä.	oder ähnlich
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
Pn	Eisenhumuspodsol
S.	Seite
sog.	sogenannte
SUP	Strategische Umweltprüfung
usw.	und so weiter
UWB	Untere Wasserbehörde
vgl.	vergleiche
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie
z. B.	zum Beispiel

Einleitung

Infrastrukturen der Daseinsvorsorge sind die Voraussetzungen für den Wohlstand einer Gesellschaft, eine prosperierende Wirtschaft sowie die Grundlage für ein gutes Leben der Menschen. Neben einer technisch-materiellen haben Infrastrukturen immer auch eine gesellschaftliche Dimension. Sie spiegeln gesellschaftliche Vorstellungen z. B. von Ver- und Entsorgungsqualitäten wider und müssen den Bedürfnissen der Einwohner*innen entsprechen. Im Bereich der Siedlungswasserwirtschaft gilt es, die Bevölkerung ausreichend und zuverlässig mit Trinkwasser zu versorgen und eine umweltverträgliche Abwasserentsorgung inklusive Regenwasserbewirtschaftung zu gewährleisten. Die aktuell bestehenden Systeme unterliegen durch demographische Veränderungen, steigende Energiepreise und den Auswirkungen des Klimawandels einem stetig steigenden Druck.

Infrastrukturen, die vor 100 Jahren noch als die „richtigen“ galten, scheinen sich vor den neuen Herausforderungen wandeln zu müssen. Die Folgen des Klimawandels, wie Starkniederschläge, Hochwasser oder Hitze- und Trockenperioden, stellen Wasser- und Stadtinfrastrukturen vor neue Herausforderungen. Diesen Herausforderungen müssen sich Planerinnen und Planer von Infrastrukturen stellen, da die Infrastrukturen und ihre Resilienz einen zentralen Stellenwert für menschliche Gesundheit und Unversehrtheit sowie wirtschaftliche Entwicklung haben. Dies gilt insbesondere für die Wasserinfrastruktur.

Der Forschungsverbund netWORKS² hat es sich zur Aufgabe gemacht, innovative und nachhaltige Lösungen im Bereich der Wasserver- und Abwasserentsorgung zu erarbeiten, um Kommunen bei der dafür nötigen Transformation der Wasserinfrastruktur zu unterstützen. Aktuell geht es insbesondere darum, Anpassungen an den Klimawandel anzustoßen, Abwasser als Ressource zu verstehen, indem leicht verschmutztes Abwasser (sog. Grauwasser) wiederverwendet wird, Nährstoffe aus dem Abwasser aufbereitet werden sowie die Abwasserwärme genutzt wird. Der Forschungsverbund netWORKS setzt sich interdisziplinär aus Forscherinnen und Forschern, sowie Praxispartner*innen aus Kommunen sowie Ver- und Entsorgungsunternehmen zusammen. Die Maxime ist, die verschiedenen Erfahrungsschätze und unterschiedlichen Sichtweisen zu kombinieren, um erarbeitete Ergebnisse praxisnah reflektieren und weiterentwickeln zu können.

Inzwischen arbeitet der Forschungsverbund netWORKS an seinem vierten Projekt: „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit“. In netWORKS 4 liegt der Schwerpunkt der Umsetzung einer nachhaltigen Wasserinfrastruktur auf konkreten Quartieren in Norderstedt (Schleswig-Holstein) und Berlin.

² Vgl. <https://networks-group.de>

Auf dem Weg zu einer flächendeckenden Umsetzung von nachhaltigen Wasserinfrastrukturen sind noch viele offene Fragen von Kommunen und Planenden zu beantworten. Welche Möglichkeiten gibt es zum nachhaltigen Umbau von (Wasser-)Infrastrukturen? Welchen Beitrag können dabei die grünen Infrastrukturen leisten? Wie wirken sich nachhaltige Infrastrukturen auf den Alltag von Bewohnerinnen und Bewohnern aus? Inwiefern können durch nachhaltige Infrastrukturen Mikroklima und Stadtökologie positiv beeinflusst werden? Wie kommen die Akteure vor Ort zu einer umfassenden Bewertung und Auswahl von geeigneten Maßnahmen? Wie kann die Verknüpfung von technischen Infrastrukturen, Grünflächen und Wasserkörpern zu einer Verbesserung der bisherigen Infrastrukturkonzeption und zu mehr Klimagerechtigkeit führen? All diesen Fragen widmet sich netWORKS 4.

Berlin und Frankfurt am Main, Oktober 2019

Forschungsverbund netWORKS

Verbundkoordination

1 Thematische Einführung

Für die Gestaltung zukunftsfähiger und klimagerechter Städte spielen Wasser- und Grüninfrastrukturen eine zentrale Rolle. Sie müssen robust und anpassungsfähig gegenüber den Folgen des Klimawandels wie Starkniederschlägen oder Hitzeperioden sein. Zugleich müssen sie den schonenden Umgang mit Ressourcen berücksichtigen. Dazu ist die Verknüpfung von grauen (z. B. Kanäle, Rohrleitungen), blauen (z. B. Wasserflächen) und grünen Infrastrukturen (z. B. Grün- und Freiflächen, Gründächer/-fassaden) sinnvoll. Durch die integrierte Betrachtung und gezielte Verknüpfung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen können vielfältige Ziele der Stadtentwicklung besser verfolgt werden als bei einer isolierten Betrachtung. Auch öffnen sich für die Stadtplanung neue Planungsansätze und Optionen.

Für die Verknüpfung verschiedener wasserbezogener Infrastrukturen ist eine gute Abstimmung zwischen der Stadt- und Infrastrukturentwicklung erforderlich, bei der gemeinsam nach Strategien und Maßnahmen zum Erreichen der verschiedenen Zielsetzungen gesucht wird. Dafür werden im Projekt netWORKS 4 Ansätze zur integrierten Planung und Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen untersucht. Das Forschungsprojekt „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“ wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in der Fördermaßnahme „Transformation urbaner Räume“ des Förderschwerpunkts „Sozial-ökologische Forschung“ gefördert.

Gemeinsam mit Akteuren der Stadt Norderstedt untersucht netWORKS 4 anhand eines konkreten Planungsvorhabens, wie einzelne „Bausteine“ blauer, grüner und grauer Infrastrukturen zur Wasserbewirtschaftung in Zeiten des Klimawandels sinnvoll verknüpft und gestaltet werden können. Die gemeinsam von kommunalen Akteuren und Forschungsverbundpartnern angestellten Überlegungen werden in einer planerischen Machbarkeitsstudie für das Baugebiet „Sieben Eichen“ verdichtet. Der Stadtplanung und der Politik in Norderstedt werden mit der Machbarkeitsstudie verschiedene Gestaltungsvarianten für Grün- und Wasserinfrastrukturen an die Hand gegeben, die für dieses Gebiet (und darüber hinaus) zukunftsfähige und zugleich für die Bevölkerung attraktive Lösungen zum Umgang mit Wasser in Norderstedt entwickeln. Wasser wird als zentrales Element und Ressource nachhaltiger Stadtentwicklung in Wert gesetzt und erlangt im städtischen Planungsprozess besonderes Augenmerk.

Die mit diesem Dokument präsentierten Gestaltungsvarianten im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurden in einer Reihe von Workshops im Zeitraum Dezember 2016 bis Januar 2019 mit Vertreterinnen und Vertretern der Verwaltung (Baudezernent, Amt bzw. Stabsstelle Nachhaltiges Norderstedt, Amt für Stadtentwicklung, Umwelt und Verkehr – FB Planung, FB Natur und Landschaft und FB Verkehrsflächen, Entwässerung und Liegenschaften), der beauftragten (Fach-)Planungsbüros aus den Bereichen Stadtplanung, Verkehrsplanung und Grünplanung sowie den Forschungspartnern entwickelt. Dabei sind auch die im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung im Quartier gewonnenen Anregungen eingeflossen.

Diese Machbarkeitsstudie setzt auf dem im Auftrag der Stadtplanung vom Büro Cappel + Kranzhoff Stadtentwicklung und Planung GmbH entworfenen städtebaulichen Grobentwurf für das Planungsgebiet (Stand September 2019) auf, der in einen Rahmenplan münden wird. Im Abstimmungsprozess mit den kommunalen Akteuren und den (Fach-)Planungsbüros wurden frühzeitig die Belange und insbesondere die Flächenbedarfe für die Wasserinfrastrukturen berücksichtigt.

Damit bietet der vorliegende städtebauliche Entwurf genügend Spielraum, um verschiedene Gestaltungs- und Auslegungsvarianten gekoppelter Wasserinfrastrukturen zu entwerfen und den kommunalen Akteuren zur Umsetzung anzubieten. Die drei vorgestellten Varianten, die für die Machbarkeitsstudie entwickelt wurden, kombinieren Bausteine mit unterschiedlichen Innovationsgraden und loten damit auch politische, ökonomische und planerische „Grenzen“ der Umsetzung vor Ort aus. Die derzeit nicht umgesetzten Bausteine werden damit in die Diskussion eingeführt und stehen perspektivisch für weitere Planungen zur Verfügung.

2 Bausteine blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen für eine klimagerechte Stadtentwicklung

Der Ansatz des Forschungsverbunds besteht in der „Kopplung“ bzw. gezielten Verknüpfung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen. Die dahinterliegende Grundannahme ist, dass sich Wasser in urbanen Siedlungsräumen vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und den sich damit verändernden Temperaturen und Niederschlagsregimen (sowohl in zeitlicher Hinsicht als auch in der Menge: mal kurz und sehr heftig, mal lang anhaltend viel oder aber auch über längere Zeiträume zu wenig) nicht mehr nur mittels der üblichen technischen, d. h. „grauen“ Infrastrukturen der Siedlungswasserwirtschaft (z. B. Kanäle, Zisternen etc.) bewirtschaften lässt. Schon heute reichen die Kapazitäten der technischen Infrastrukturen der Stadtentwässerung in vielen Städten regelmäßig nicht aus, um kurzzeitige, extreme Niederschlagsmengen sicher und umweltverträglich abzuleiten. Häufig gehen die Extremereignisse mit erheblichen Schäden in den betroffenen Städten einher, wie diese Beispiele zeigen:

- Am 02.07.2011 fielen im Großraum Kopenhagen innerhalb von 2 Stunden rund 150 Liter Regen pro Quadratmeter. Zum Vergleich: Durchschnittlich beträgt die jährliche Niederschlagsmenge dort 621 Liter im Jahr. Der entstandene Schaden summierte sich auf circa 1,8 Mrd. USD, wovon circa 1 Mrd. USD versicherte Schäden waren.
- Am 28.07.2014 fielen in Münster innerhalb von nur 7 Stunden 292 Liter Regen pro Quadratmeter, mehr als ein Drittel der jährlichen Niederschlagsmenge. Dabei entstanden Sachschäden, die sich allein für die Versicherungen auf 240 Mio. Euro belaufen.
- Am 29.06.2017 fielen in Berlin mit rund 200 Litern Regen pro Quadratmeter an nur einem Tag ebenfalls mehr als ein Drittel des durchschnittlichen Jahresniederschlags (578 Liter Regen pro Quadratmeter). Hier lagen die versicherten Sachschäden innerhalb des Stadtgebiets von Berlin und in Teilen von Brandenburg bei rund 60 Millionen Euro. Immaterielle und materielle Schäden bei allen Betroffenen ohne eine Versicherung gegen Elementarrisiken (wie Hochwasser/Starkregen) kommen hinzu.

Viele weitere Beispiele ließen sich nennen. Und es kann Städte auch wiederholt treffen: So wurde Kopenhagen in den Jahren 2010 bis 2015 fünfmal mit Starkregen konfrontiert und betreibt mittlerweile einen vorsorgeorientierten Umbau der Stadt (Kruse 2016). In einem Forschungsprojekt vom Deutschen Wetterdienst und dem Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft wurde errechnet, dass die Beseitigung der Folgen eines Starkregens pro Haus durchschnittlich 5.293 Euro kostete (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft 2019). Die Extremereignisse und Schäden rücken die Notwendigkeit zur Vorsorge gegen Starkregenereignisse (und auch Hitze) in das Bewusstsein der Akteure. Auch Norderstedt ist von extremen Wetterereignissen betroffen: Einerseits musste die Sielbereitschaft der Stadtentwässerung Norderstedt im Jahr 2017 nach Starkregenereignissen an insgesamt acht Tagen stundenlang gegen Überschwemmungen anarbeiten (Sielbereitschaft der Stadtentwässerung Norderstedt 2017). Dabei sind die vorsorglichen Reinigungen von bekanntermaßen anfälligen

Sickerschächten und Sinkkästen nicht mit eingerechnet. Andererseits haben die trockenen und heißen Sommer 2018 und 2019 dazu geführt, dass auch alte Bäume durch Wassermangel massiv geschädigt wurden. Gerade in Hitzeperioden kann die Verdunstung von Wasser – z. B. durch Bäume – eine wichtige Abmilderung der Überhitzungsfolgen bieten. Dafür muss Wasser allerdings dann auch verfügbar sein.

Was versteht netWORKS 4 unter blauen, grünen und grauen Infrastrukturen?

Infrastrukturen bilden gleichsam den „Unterbau“ moderner Gesellschaften. Als Ver- und Entsorgungssysteme sind sie eine Voraussetzung für Wirtschaft und Gesellschaft und wirken auf diese ein. Zugleich werden sie aufgrund von gesellschaftlichen Leitvorstellungen und Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Gesellschaft geplant, umgesetzt und finanziert (Libbe et al. 2018: 26). Insofern sind die Infrastrukturen der Wasserwirtschaft nicht einfach nur als technisch-materielle Struktur (Kanäle, Rohre, Pumpen, Anlagen etc.) zu verstehen. Vielmehr vereinen sie als sozio-technische Systeme schwer voneinander abgrenzbare technische, wirtschaftliche, soziale und institutionelle Faktoren. Hinzu kommen die natürlichen Umweltbedingungen, die Form und Art der Infrastrukturen beeinflussen (Kluge/Libbe 2006: 19). In diesem Sinne kann neben den technischen Infrastrukturen auch Grün als Infrastruktur begriffen werden.

- „Blaue Infrastrukturen“: Dies sind sowohl natürliche Gewässer als auch künstliche, neu angelegte Teiche, Gerinne oder andere Formen von Wasserläufen und -flächen. In blauen Infrastrukturen ist (blaues) Wasser zumindest zeitweise sichtbar.
- „Grüne Infrastrukturen“: Dies sind boden- und gebäudegebundene Bausteine mit sichtbarem Grün, wie zum Beispiel unversiegelte Freiflächen, städtisches Grün, Bauwerksbegrünungen (z. B. Dach- und Fassaden-/Wandbegrünung, Gleisbettbegrünung, etc.) oder Versickerungsmulden. Sie sind meist sicht- und erlebbare Elemente im Freiraum, die auch zur Umweltbildung genutzt werden können. Im Kontakt mit grünen und auch blauen Infrastrukturen (s. u.) wird naturwissenschaftliches Verständnis und Handlungswissen zu Umweltschutz und gesunder Ernährung gefördert.
- „Graue Infrastrukturen“: Hierunter fallen technische Wasserinfrastrukturen wie zum Beispiel stauraumschaffende und reinigende Anlagen der Abwasserentsorgung (z. B. Regenrückhaltebecken oder Retentionsbodenfilter), Systeme der Betriebswassernutzung im und am Gebäude (z. B. für Toilettenspülung, Bewässerung, etc.) oder unterirdische Versickerungssysteme (z. B. Rigolen-Systeme). Meist sind graue Infrastrukturen nicht sichtbar und damit der Wahrnehmung und Aufmerksamkeit der Bevölkerung entzogen.

Nicht immer lassen sich die Bausteine eindeutig zuordnen. Und aus Sicht des Kopplungsanspruchs ist das auch nicht notwendig. Die Einordnung in blau, grün und grau hilft gleichwohl, die Bausteine zu sortieren und Orientierung in der Vielzahl verschiedener Bausteine zu schaffen (Winker et al. 2019).

Zwei Aspekte sind mit Blick auf die Bausteine gekoppelter Infrastrukturen zu beachten: Zum einen sind die Bausteine auf unterschiedliche Wasserqualitäten und -quellen ausgerichtet bzw. spezialisiert (z. B. Niederschlagswasser³, Schmutzwasser⁴, Grauwasser⁵, Betriebswasser⁶, Trinkwasser). Zum anderen werden durch die Kopplung der Bausteine unterschiedliche räumliche Dimensionen/Skalen integriert: die Gebäudeebene, das Quartier und darüber hinaus das Wassereinzugsgebiet von (natürlichen) Oberflächengewässern. Für die einzelnen Ebenen stehen verschiedene Bausteine zur Verfügung. Dabei unterstützen die Bausteine sowohl unterschiedliche planerische und klimatische Ziele als auch Ökosystemleistungen, sodass es hilfreich ist, sich zuerst Klarheit über die prioritären Ziele zur Entwicklung eines Gebietes zu machen, um daraufhin geeignete Bausteine auszuwählen und zu kombinieren.

Eine klimagerechte Stadtentwicklung berücksichtigt, dass die Auswirkungen des Klimawandels in der Stadt – abhängig von Vorbelastungen – räumlich unterschiedlich stark wirken („Hotspots“) und zugleich verschiedene Bevölkerungsgruppen unterschiedlich stark von den Folgen betroffen sind. Extreme Niederschläge wirken sich in stark versiegelten städtischen Bereichen stärker aus als in noch weitgehend naturnahen Gebieten, in denen Wasser besser zurückgehalten und verdunsten bzw. versickern kann. Daneben sind zum Beispiel insbesondere ältere Personen und Menschen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen besonders anfällig gegenüber den Auswirkungen von Hitze. Eine am Ziel der Klimagerechtigkeit ausgerichtete Stadtentwicklung strebt eine Verringerung der Vulnerabilität sowohl in Bezug auf die städtischen Räume als auch auf Risikogruppen in der Bevölkerung an. Hierfür sind Maßnahmen zur Verbesserung der Ökosystemleistungen wie zum Beispiel Kühlung durch die Verdunstung von Wasser in den betroffenen Gebieten geeignet. Bei Neubauvorhaben ist sicherzustellen, dass zumindest keine Verschlechterung der Situation eintritt. Konkret kann das bedeuten, eine Beeinträchtigung von Kaltluftschneisen im Gebiet z. B. durch Fassaden- und Dachbegrünung in ausreichendem Maße zu kompensieren, sodass kühlere Luft vermehrt vor Ort entstehen kann.

Bausteine gekoppelter Infrastrukturen erbringen Ökosystemleistungen (vgl. Winker et al. 2019), die Klimafolgen abschwächen, etwa indem sie Wasser zurückhalten und Schutz vor Überflutung

³ Das durch Niederschläge (Regen, Schnee, Hagel usw.) anfallende, von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser, im wesentlichen Regenwasser (= Regenwasserabfluss).

⁴ Durch den Gebrauch verändertes und in ein Entwässerungssystem eingeleitetes Wasser (DIN 4045:2003-08) (vgl. DWA-A 272, Juni 2017 Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)).

⁵ Stoffstrom des Abwassers aus dem häuslichen Bereich ohne Fäkalien, teilweise unterschieden in stark (Küchenbereich, Waschmaschine) und schwach (Badewanne, Dusche, Handwaschbecken etc.) belastet (vgl. DWA-A 272, Juni 2017 Grundsätze für die Planung und Implementierung Neuartiger Sanitärsysteme (NASS)).

⁶ Wasser für häusliche und gewerbliche Einsatzbereiche, welches keine Trinkwasserqualität haben muss (DIN 1989-1:2002-04).

bieten oder Wasser verdunsten und damit zur Kühlung beitragen. Neben diesen sogenannten regulativen Ökosystemleistungen bieten gekoppelte Infrastrukturen darüber hinaus sozio-kulturelle Ökosystemleistung, indem sie die Erlebbarkeit von Grün und Wasser ermöglichen, (darüber) eine Identifikation mit dem Quartier steigern können und zur Umweltbildung beitragen (können).

Neben der unterschiedlichen Vulnerabilität sozialer Gruppen gegenüber den Folgen des Klimawandels verfügen soziale Gruppen auch über unterschiedliche Ressourcen zum Umgang mit und der Anpassung an die Folgen des Klimawandels sowie der Beteiligung an (planerischen) Entscheidungsprozessen. Eine klimagerechte Stadtentwicklung zielt auf eine wirksame Beteiligung von Akteuren in Planungs- und Entscheidungsprozessen. Zur Verfahrensgerechtigkeit gehört, dass die Beteiligung unabhängig vom sozio-ökonomischen Status sowie von soziodemographischen Merkmalen geschieht und gelingt. Verfahrensgerechtigkeit kann deshalb sehr bewusst auch so angelegt werden, dass die Beteiligung (besonders) vulnerabler Gruppen in den Planungsprozessen gezielt gesucht und gefördert wird, da diese ein besonderes Schutzbedürfnis gegenüber Klimafolgen haben.

Der Forschungsverbund netWORKS 4 geht davon aus, dass sich durch die gezielte Kopplung der blauen, grünen und grauen Infrastrukturen neuartige Infrastruktursysteme herausbilden können, die sich resilient gegenüber den Folgen des Klimawandels verhalten und damit geeignete Vorsorgemaßnahmen darstellen.

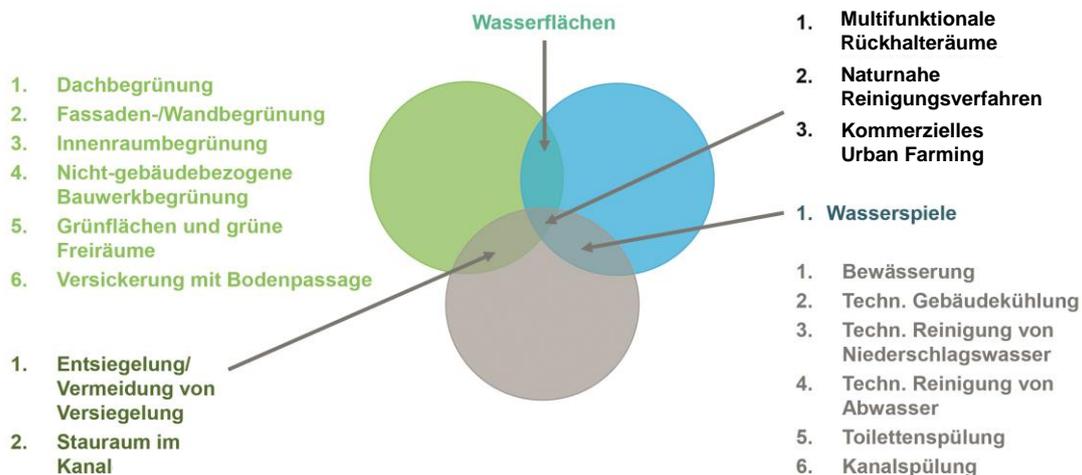


Abb. 1: Bausteine gekoppelter Infrastrukturen (vgl. Trapp/Winker 2020: 30)

Eine umfassende Übersicht der Bausteine zur Kopplung von Infrastrukturen ist im netWORKS-Paper (Nr. 34) „Die Kopplungsmöglichkeiten von grüner, blauer und grauer Infrastruktur mittels raumbezogener Bausteine“ (Winker et al. 2019) zu finden. Bausteine, die im Rahmen der

Machbarkeitsstudie für Norderstedt betrachtet wurden, sind auch hier im Anhang (Kap. 7) aufgeführt und beschrieben.

Die Auswahl an Maßnahmen ist groß. Das zeigt bereits die Übersicht von Bausteinen, die im Rahmen der Arbeiten des Vorhabens in Norderstedt („Sieben Eichen“) vorgestellt und geprüft wurden:

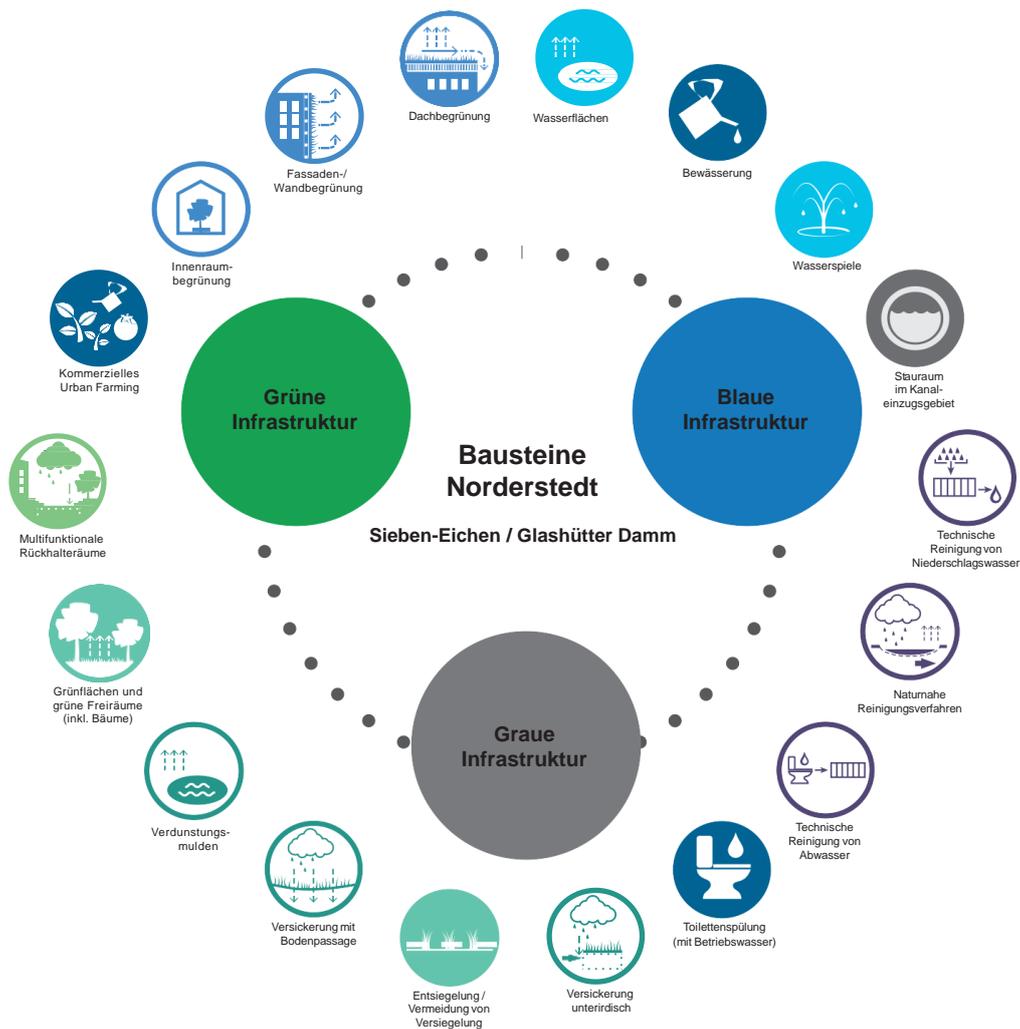


Abb. 2: Zusammenfassung der Bausteine (netWORKS 4 und Ramboll Studio Dreiseitl)

Viele Bausteine setzen am Gebäude und im Quartier an. Sie ermöglichen eine dezentral ausgerichtete Regenwasserbewirtschaftung. Diese bewirtschaftet die Niederschläge dort, wo sie anfallen. Sie orientiert sich mit geeigneten Maßnahmen an den örtlichen Gegebenheiten und am natürlichen Wasserkreislauf. Hierzu wird das Niederschlagswasser möglichst im Gebiet zurückgehalten und verdunstet (z. B. über künstliche Wasserflächen, Gebäudebegrünung oder im

Freiraum), genutzt (z. B. als Betriebswasser) und/oder über die belebte Bodenschicht versickert.⁷

⁷ Eine Hilfestellung bietet das technische Regelwerk der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA).

3 Rahmenbedingungen und Planungsziele für das Gebiet⁸

3.1 Planungsziele der Stadt Norderstedt und Rahmenbedingungen für das Gebiet „Sieben Eichen“

Das Amt für Stadtentwicklung, Umwelt und Verkehr, Fachbereich Stadtplanung, verfolgt für die Entwicklung des Gebiets „Sieben Eichen“ auf Grundlage der im Flächennutzungsplan (FNP) 2020 ausgewiesenen Flächen zu einem Wohngebiet folgende Planungsziele (Stadt Norderstedt 2017a: B 17/0214):

1. ein Anteil von 30 % gefördertem Wohnungsbau soll realisiert werden⁹,
2. im Sinne des sogenannten Grünen Leitsystems der Stadt Norderstedt wird durch siedlungsrandbegleitende Wegeführungen und Wege durch das Quartier eine Vernetzung von Grünflächen erreicht,
3. zu den Rändern, insbesondere zu der bestehenden Nachbarschaftsbebauung, werden passende Übergänge geschaffen,
4. ein nachhaltiger Umgang mit Regen-, Grau- und Schmutzwasser wird im Zuge der städtebaulichen Entwicklung im Quartier durch das Forschungsvorhaben netWORKS 4 eingebracht.

Bei der frühzeitigen Öffentlichkeitsbeteiligung sind weitere Themen, Anliegen und Konkretisierungen angesprochen worden, die in das weitere Planverfahren einfließen sollen (Stadt Norderstedt 2017b: B 17/0517):

- **Bewahrung des städtebaulichen Charakters des Glashütter Damms:** Der Charakter des Glashütter Damms soll nicht durch abriegelnde Bebauung (geschlossene Blockstrukturen) verändert werden. Der Alleecharakter kombiniert mit einer offenen Bebauung ist ein ortsbildprägendes Merkmal, das zum Beispiel durch Stadtvillen und Kaffeemühlhäuser an dieser Stelle ergänzt werden kann.
- **Verträgliche Gestaltung der Übergänge zwischen Bestandsbebauung und neuem Baugebiet:** Durch öffentliche Grünstreifen und öffentliche Wegeführungen sowie hinsichtlich der Bebauungshöhen gemäßigte Übergänge an den Rändern des neuen Baugebietes soll soweit wie möglich ein gebietsverträglicher und grüner Übergang geschaffen werden.
- **Einfügen des Baugebietes in die Landschaft:** Keine harten Bauungskanten zum Siedlungsrand, sondern die Umsetzung eines landschaftlich verträglichen Übergangs zwischen

⁸ Eine Übersicht über die Lage des Gebiets in der Stadt findet sich in Kap. 4.

⁹ Mit dem allgemein geltenden Beschluss der Stadtvertretung vom 22.10.2019 ist der Anteil an gefördertem Wohnungsbau auch für dieses Gebiet auf 50% erhöht worden.

Neubaugebiet und Tarpenbekniederung, zum Beispiel durch Eingrünung oder niedrige Bebauung, soll Ziel der Entwicklung sein.

- **Herstellung eines dörflichen Erscheinungsbildes:** Hinsichtlich der Gestaltung des neuen Baugebietes soll eine Architektur-, Formen- und Materialsprache zur Umsetzung kommen, die eher einen dörflichen Charakter hat. Dies betrifft sowohl das Erscheinungsbild des öffentlichen Raumes wie Straßen und Grünräume als auch gestalterische Vorgaben für den zukünftigen Hochbau. Die in den Veranstaltungen stark nachgefragte Wohnform Einfamilienhaus soll als Bautypologie hierbei berücksichtigt werden.
- **Herstellung einer nutzbaren Grünfläche:** Eine Grünanlage oder ein Grünflächenverbund soll geschaffen werden. Hinsichtlich der Ausstattung und Dimensionierung soll Sorge dafür getragen werden, dass es sich hierbei um einen Zugewinn für den gesamten Stadtteil handelt mit Angeboten für verschiedene Nutzergruppen.
- **Der wohnungsnaher Zugang zu Grünflächen** soll für möglichst viele zukünftige Bewohnerinnen und Bewohner realisiert werden.
- **„Sieben Eichen“ als prägendes Element herausarbeiten:** Die den heutigen Ausblick prägenden sieben Bäume auf der Fläche sollen nicht nur geschützt, sondern darüber hinaus als besonderes Entwurfselement berücksichtigt werden, um weiterhin ein Identifikationssymbol darzustellen, zum Beispiel im Rahmen einer zentralen Grünfläche/Grünverbindung.
- **Seniorengerechtes Wohnen:** Neben Einfamilienhauswünschen ist diese Wohnform ein in Veranstaltungen oft genanntes Thema, das im Rahmen der Entwürfe berücksichtigt werden soll. Städtebaulich wird es in diesem Zuge erforderlich sein, einen entsprechenden Rahmen dafür zu schaffen, wie soziale Treffpunkte und eine bessere ÖPNV-Anbindung.
- **Verträgliche Bewältigung des zusätzlichen Verkehrsaufkommens:** Hinsichtlich der Anregungen zur Bewältigung des zusätzlichen Verkehrsaufkommens sollen verschiedene Ansätze zur Reduzierung des Autoverkehrs geprüft und verfolgt werden. Hierunter fallen zum Beispiel: flankierende Maßnahmen in umliegenden bestehenden Gebieten, Einführung alternativer Mobilitätsangebote, Einrichtung autoarmer Wohnbereiche, Einrichtung einer ÖPNV-Buslinie, Verbesserung der Fuß- und Radwegvernetzung, Schaffung sicherer Querungsmöglichkeiten für den Fuß- und Radverkehr, Berücksichtigung „schwächerer“ Verkehrsteilnehmerinnen und -teilnehmer (ältere Menschen, Beeinträchtigte, Kinder).

Ein Ausbau des Glashütter Damms ist nicht vorgesehen. Auch ein vollständiger Ausbau des Gebietes als autofreies oder zumindest autoarmes Quartier soll in dieser Lage nicht verfolgt werden, um nicht negative Auswirkungen auf angrenzende Quartiere zu verlagern (Parkdruck).

- **Wohnen in kleinen Nachbarschaften:** Hausgruppen, die über Kommunikationsräume und Gemeinschaftsflächen verfügen, sollen Bestandteil der Planungen sein.
- **Blickbeziehungen vom Baugebiet in die Tarpenbekniederung:** Freie Ausblicke vom Glashütter Damm in die Landschaft werden mit der Bebauung nicht länger zu gewährleisten sein. Es wird angestrebt, aus dem Baugebiet heraus neue Blickbeziehungen in die Landschaft herzustellen.
- **Herstellung von wohnortnaher Infrastruktur/Dienstleistungen:** Die Anregung, zukünftig neue Betreuungsmöglichkeiten für Kinder, Angebote für Jugendliche oder Einrichtungen für ältere Menschen im Baugebiet zu schaffen, ist im weiteren Verfahren zu prüfen. Hier muss der entsprechende Bedarf gegeben sein.
- **Abstand der Bebauung zur Beek hinter der Twiete und Umgang mit Grundwasser:** Das Thema Niederschlagswasser, Oberflächenwasser und hoch anstehendes Grundwasser soll einen wichtigen Baustein für die städtebauliche Planung darstellen. Es wird angestrebt, den natürlichen Wasserkreislauf beizubehalten.

Die Stadt Norderstedt hat im Rahmen des Wettbewerbs „Zukunftsstadt“ sieben Leitziele für eine nachhaltige Stadtentwicklung erarbeitet (Stadt Norderstedt o. J.). Neben einer verstärkten Ausrichtung an Nachhaltigkeitszielen soll sich die Infrastrukturplanung am Gestaltungsprinzip der Resilienz orientieren.

Auch wenn nicht jeder einzelne der genannten Punkte formal beschlossen wurde, bilden sie für die Verwaltung das Ziel- und Referenzsystem für die Ausarbeitung des Rahmenplans.

3.2 Wasserwirtschaftliche und -rechtliche Rahmenbedingungen

Die an das Projektgebiet angrenzende Tarpenbek gehört aus wasserwirtschaftlicher Sicht zu den Quellen für mögliche Gefährdungen im benachbarten Hamburg. Bei abfließendem Hochwasser wird es vor allem dort im Unterlauf zu Überschwemmungen kommen. Wie in der Strategischen Umweltprüfung (SUP) zum Flächennutzungsplan (Planung + Umwelt 2007: 63 ff.) herausgearbeitet wurde, ist das Umfeld des Plangebiets besonders stark von Veränderungen des natürlichen Wasserhaushalts betroffen. Im gesamten, noch vielfach naturnahen Wassereinzugsgebiet der Tarpenbek-Ost sind bereits bis zu 30 % der Fläche bebaut, beim südlich angrenzenden Ossenmoorgraben sind es sogar schon über 70 % der Fläche.

Die Tarpenbek hat mit einem circa 85 km² großen Einzugsgebiet ihre Quelle in Norderstedt im Zusammenfluss der Bäche Tarpenbek-Ost und Tarpenbek-West. Am Ochsenzoll erreicht die Tarpenbek Hamburg-Langenhorn und fließt in Richtung Flughafen Hamburg, dessen Landebahnen über sie hinweg gebaut wurden. Danach erhält sie in Groß Borstel Zufluss durch die Kollau. Kurz vor der Mündung in die Alster bei Hayns Park ist die Tarpenbek in Hamburg-Eppendorf zum Eppendorfer Mühlenteich aufgestaut. Die Tarpenbek erstreckt sich im Unterlauf nach Hamburg und hat damit regionale Bedeutung mit Blick auf Überflutungsvorsorge (vgl. Ka-

pitel 4.6-4.9). Vor diesem Hintergrund soll das Projektgebiet vorsorgeorientiert entwickelt werden, wobei der Fokus auf blau-grün-grauen Infrastrukturen und dem klimaangepassten Umgang mit Wasser liegt.

Eine wichtige Rahmenbedingung für alle Planungen im Gebiet ist dessen Lage im Wasserschutzgebiet (Zone III). Daher muss dem Grundwasserschutz ein besonderes Augenmerk gelten. Wichtige Hinweise und zu beachtende Rahmenbedingungen liefert die Wasserschutzgebietsverordnung Langenhorn Glashütte (Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein 2010). Zusammengefasst gilt hier:

- Gemäß § 4 Abs. 2 Nr. 5 dieser Wasserschutzgebietsverordnung ist es im Wasserschutzgebiet zulässig, Niederschlagswasser in den Untergrund einzuleiten, zu versickern, zu verrieseln oder zu verregnen.
- Eine Untergrundeinleitung von gereinigtem Abwasser ist nur in Ausnahmefällen möglich¹⁰, die hier nicht gegeben sein dürften.
- Aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet (Zone III) muss eine Grauwasserreinigung, z. B. durch eine Pflanzenkläranlage, nach Aussage der Unteren Wasserbehörde des Kreises Segeberg ggf. so ausgelegt sein, dass die Anlage nach unten geschlossen ist und kein Wasser versickern kann. Die Nutzungsmöglichkeiten des behandelten Wassers entsprechen denen des Betriebswassers aus einer technischen Aufbereitungsanlage, erstrecken sich also auf einen Einsatz in gegenüber dem Grundwasser abgeschlossenen Systemen wie der Toilettenspülung.

Für den Einsatz einer Komposttoilette als mögliche Maßnahme ist zu bedenken, dass eine Lagerung von Sekundärrohstoffdünger, insbesondere Klärschlamm oder Kompost, außerhalb von Gebäuden und flüssigkeitsdichten Anlagen nach § 4 Abs. 2 Nr. 6 verboten ist. Außerdem ist die Ausbringung von festen stickstoffhaltigen Düngemitteln nach § 4 Abs. 2 Nr. 7 in der Zeit vom 15. September bis zum 1. Dezember untersagt.

Hinweise und Rahmenbedingungen zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen liefert das DWA-M 277 und die UWB im Kreis Segeberg (Zusammenfassung):

- Der Grundwasserflurabstand muss mindestens circa 1,5 m von der Geländeoberkante betragen, insbesondere bei Neubau einer Anlage oder wenn eine Bebauung vorhanden ist.

¹⁰ Zulässig ist hier nur eine „Untergrundverrieselung von gereinigtem Abwasser aus Kleinkläranlagen, sofern eine Ableitung in ein Oberflächengewässer nicht möglich ist“

- Stoffliche Einleitungsbestimmungen müssen mit der UWB abgestimmt und das Reinigungssystem dementsprechend angepasst werden. Der Zufluss von Fremdwasser/Niederschlagswasser in die Behandlungsanlage ist zu verhindern.
- Die Nutzungsmöglichkeiten des behandelten Grauwassers der Reinigungstypologie müssen entsprechend ausgewählt (gemäß DWA-M 277) und mit der UWB abgestimmt werden (vgl. hierzu auch die Punkte im folgenden Abschnitt).

3.3 Wasserbezogene, infrastrukturelle Ziele für die Gestaltung gekoppelter Infrastrukturen

In Ergänzung zu den von der städtischen Planung zusammengetragenen Zielen und Rahmenbindungen für die Gebietsentwicklung hat das Vorhaben netWORKS 4 aus forschersicher Perspektive Ziele mit Blick auf gekoppelte Infrastrukturen und die Wasserbewirtschaftung im Gebiet eingebracht. Diese wasserbezogenen, infrastrukturellen Ziele der Planung sind der Erhalt bzw. die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt, der Schutz von Grundwasser und Oberflächengewässern, die Überflutungsvorsorge sowie eine Ressourcenschonung und Wasserkreislaufführung (u. a. zur langfristigen Sicherstellung der Wasserversorgung).

- **Erhalt bzw. Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt (Verdunstung, Grundwasserneubildung, Abfluss):** Durch menschliche Eingriffe in die Natur wird der natürliche Wasserhaushalt gestört. Ein naturnaher Wasserhaushalt weist i. d. R. ca. 60-70 % Verdunstung, 20-30 % Grundwasserneubildung und 0-10 % Oberflächenabfluss auf (gemäß DWA-M 153). Insbesondere bauliche Maßnahmen, die mit einer Versiegelung von Böden einhergehen (wie im Planungsgebiet „Sieben Eichen“), verändern den Wasserhaushalt im Gewässereinzugsgebiet. Im natürlichen Wasserhaushalt verdunstet der weitaus größte Teil des Niederschlagswassers, ein kleiner Teil versickert in das Grundwasser und nur ein sehr geringer Teil fließt ab. Das Verhältnis von Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss variiert in Abhängigkeit von den klimatischen (heiß/kalt), topographischen (eben/ondolirt), geologischen (Bodentypen) und ökosystemaren (z. B. Art des Pflanzenbewuchs) Bedingungen.
- **Gewässerschutz (Grundwasser und Oberflächengewässer):**
 - **Schutz des Grundwassers:** Grundwasser ist das Wasser im Boden. Diese unsichtbare Ressource ist ein wesentliches Element des Wasserkreislaufs und erfüllt wichtige ökologische Funktionen. Zudem ist es eine wichtige Trinkwasserressource. Das Grundwasser muss vor Verunreinigungen geschützt werden (Verschlechterungsverbot des Wasserhaushaltsgesetz – WHG¹¹ und der europäischen Wasserrahmenrichtlinie – WRRL¹²). Die

¹¹ Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz- WHG) vom 31. Juli 2009 (BGBl. I, S. 2585), zuletzt geändert durch Artikel 2 des Gesetzes vom 4. Dezember 2018 (BGBl. I, S. 2254).

konsequente Anwendung des Vorsorgeprinzips ist dabei von großer Bedeutung. Neben Belastungen durch Chemikalien wird daher künftig vermutlich auch eine Belastung des Grundwassers mit Wärmeentzug (z. B. aufgrund von Geothermie-Nutzungen) thematisiert werden. Der Grundwasserschutz ist im Planungsgebiet in Norderstedt insbesondere deshalb von großer Bedeutung, da das Gebiet im Wasserschutzgebiet (Zone III) liegt.

- **Schutz der Oberflächengewässer:** Ziel und rechtliche Vorgabe des Gewässerschutzes in Deutschland ist es, allorts Oberflächengewässer mit guter ökologischer Qualität zu erhalten bzw. wiederherzustellen. Das entspricht den Vorgaben durch die Europäische Wasserrahmenrichtlinie. Dazu müssen die Gewässer, aber auch ihre Ufer und ihr Umfeld so erhalten bzw. wiederhergestellt werden, dass sich dort die für den jeweiligen Naturraum typischen Lebensgemeinschaften entwickeln können. Gerade in städtischen Gebieten mit einem Mischkanalsystem ist die Wasserqualität der Oberflächengewässer bei Starkregenereignissen regelmäßig durch den (kontrollierten) Überlauf aus dem Kanalsystem gefährdet. Auch in städtischen Gebieten mit Trennkanalsystem können Gewässer einer starken hydraulischen (insbesondere kleine Fließgewässer) oder stofflichen (insbesondere kleine stehende Gewässer) Belastung ausgesetzt sein. Das Ziel des Gewässerschutzes muss sich je nach Größe des Kanaleinzugsgebiets nicht nur auf Oberflächengewässer im Planungsgebiet beziehen (sofern dort welche sind), sondern erstreckt sich ggf. auch auf weit entfernt liegende Gewässer.
- **Vorsorge gegen Überflutungen:** Die in Kapitel 2 zitierten Schäden durch Überflutungen und Starkregenereignisse zeigen die Bedeutung eines vorsorgeorientierten Ansatzes auf. Daher wird die Überflutungsvorsorge als ein Ziel in der Machbarkeitsstudie aufgenommen. In Verbindung mit den zuvor genannten Zielen ist für die weitere Planung ein Überflutungsnachweis zu erbringen. Dabei ist die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Überflutungsvorsorge abzuschätzen, bei denen aus Vorsorgegründen auch die zunehmenden Extremereignisse zu berücksichtigen sind. „Die DIN 1986-100 fordert für Grundstücke mit mehr als 800 m² abflusswirksamer Fläche die Durchführung eines Überflutungsnachweises für ein Niederschlagsereignis mit einer Wiederkehrzeit von mindestens $T = 30$ Jahren. Liegt ein hoher Befestigungsgrad des Grundstücks sowie ein Anteil an Dachflächen und nicht schadlos überflutbaren Flächen (Innenhöfe) $> 70\%$ vor, so ist der Nachweis für ein 100-jährliches Regenereignis zu führen. Nachzuweisen ist, dass die Differenz zwischen dem in der Anlage gespeicherten Volumen (dimensioniert bspw. auf $T = 5$ Jahre) und dem Volumen des jeweilig Extremniederschlagsereignisses ($T = 30$ oder 100 Jahre) auf dem Grundstück – durch Hochborde, Mulden oder im Relief – schadlos zurückgehalten wird. Alternativ kann sie auch

¹² Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. ABl. EG vom 22.12.2000, L 327, S. 1-72 – zuletzt geändert durch: Richtlinie 2014/101/EU der Kommission vom 30. Oktober 2014. ABl. EU vom 31.10.2014, L 311, S. 32-35.

an der Oberfläche durch Ableitung auf Straßen oder Geländemulden entwässert werden“ (Sieker 2018).

- **Schonung/effiziente Nutzung von Ressourcen und Wasserkreislaufführung:** Die öffentliche Versorgung mit Trinkwasser ist in Deutschland eine Aufgabe der Daseinsvorsorge (§ 50 Abs. 1 Wasserhaushaltsgesetz). Dabei handelt es sich um eine kommunale Pflichtaufgabe – nicht nur in Schleswig-Holstein, sondern auch in vielen anderen Bundesländern. Also besteht für die Kommunen eine Verpflichtung, die Einrichtungen zur Versorgung mit Trinkwasser aufzubauen und zu unterhalten. „Zunehmend wird es als erforderlich angesehen, dass die Kommunen über ein Konzept verfügen, das aufzeigt, wie auch zukünftig eine hochwertige Versorgung mit Wasser aus zunächst lokalen und evtl. auch (über)regionalen Quellen gesichert werden kann“ (Winker et al. 2019: 21). Die Förderung der Grundwasserneubildung (z. B. durch Vermeidung weiterer Versiegelung und evtl. der Rücknahme von Versiegelung sowie durch gezielte Versickerungsmaßnahmen) trägt zur Sicherung der Wasserbereitstellung im Einzugsgebiet bei. Sofern für die Wasserversorgung auf Oberflächengewässer bzw. Uferfiltrat zurückgegriffen wird, ist darauf zu achten, dass Bausteine zur Verminderung des Abwasserflusses und des Gewässerschutzes im Fokus stehen. Um umgekehrt den Verbrauch an Trinkwasser zu reduzieren, sind so weit wie möglich alternative Wasserquellen (z. B. Regenwasser oder Grauwasser) für Zwecke zu nutzen, die keine Trinkwasserqualität erfordern.

Wenn die genannten Ziele erreicht werden, soll in Abstimmung mit der Stadt Norderstedt auf eine kanalgebundene Entwässerung verzichtet werden.

Neben den genannten wasserbezogenen, infrastrukturellen Planungszielen ist die Machbarkeitsstudie blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen für das Gebiet „Sieben Eichen“ mit dem Anspruch verbunden, die Erlebbarkeit von Wasser zu ermöglichen und damit ein Angebot an die zukünftigen Bewohnerinnen und Bewohnern und die Nachbarschaft zu machen, das eine Identifikation mit dem Gebiet fördert. Denn Wasser wird in den konventionellen Infrastrukturen der Trinkwasserversorgung und Abwasserentsorgung typischerweise unter die Erde „verbannt“. Dafür gibt es historisch gewachsene hygienische und technische Gründe. Mit seiner „Verbannung“ in Rohre und Kanäle gerät Wasser jedoch im wahrsten Sinne des Wortes „aus dem Blick“. Das Wasser verliert seine gestaltende Kraft. Sichtbares Wasser und Grün(-flächen) können im öffentlichen/halböffentlichen Raum die Aufenthaltsqualität erhöhen, etwa in einer ästhetischen Dimension, über bioklimatische Effekte (z. B. Verdunstungskühle) aber auch in einer sensitiven Dimension. Blaue und grüne Elemente können erwiesenermaßen positive psychologische/emotionale Effekte haben, (z. B. zur Beruhigung und Entspannung beitragen (vgl. Winker et al. 2019, Böhm et al. 2016)). Als gestalterische Elemente im (Frei-)Raum verleihen sie einem Ort eine bestimmte Eigenart/Atmosphäre, die attraktiv ist und für den Ort identitätsstiftend sein kann.

3.4 Bemessungsgrundlagen

Für die Erstellung der Machbarkeitsstudie wurden die folgenden Kennwerte für die Bemessungsgrundlagen angenommen. Die Bemessung des Entwässerungssystems erfolgt auf Grundlage des Standards DIN EN 752 „Entwässerung außerhalb von Gebäuden“. Es wird von einem fünfjährigen Niederschlagsereignis mit unterschiedlichen Dauerstufen ausgegangen. Dies gibt die Bemessungsregenspenden vor, nach denen die planmäßig abzuleitenden Regenwassermengen auf Dach- und Grundstücksflächen behandelt werden. Auf dieser Grundlage werden Anlagen und Einrichtungen zur Niederschlagsentwässerung standardmäßig nach DWA-A 138 und DWA-A 117 ausgelegt (vgl. BauWissenOnline o. J.). Bei geringer Flächenverfügbarkeit und ohne Möglichkeit zur Versickerung des Niederschlagswassers erfolgt die Bemessung des Entwässerungssystems mindestens auf das zwei-jährliche Niederschlagsereignis. Reine Ableitungssysteme werden nach DWA-A 118 bemessen. Das sind Minimalanforderungen an eine Planung, die den Vorsorgegedanken jedoch nicht angemessen berücksichtigen.

Der Überflutungsnachweis wurde im Einklang mit der Grundstücksentwässerung nach DIN EN 1986-100 für das 30-jährliche Starkregenereignis geprüft (vgl. DIN EN 752). Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde die Überflutung überschlägig abgeschätzt. Über den geforderten Überflutungsnachweis hinaus ist es ratsam, eine Gefährdungsabschätzung in Bezug auf den 100-jährlichen Starkregen durchzuführen. Extreme Niederschlagsereignisse haben in den vergangenen Jahren erkennbar zugenommen, sodass das historisch ermittelte 100-jährliche Regenereignisse zukünftig häufiger auftreten wird (vgl. Brasseur et al. 2017). Das bedeutet zugleich: Die 30-jährlichen oder 100-jährlichen Regenereignisse werden in Zukunft größere Niederschlagsmengen mit sich bringen. Durch die Kopplung von technischen (grauen) mit grünen und blauen Infrastrukturen können die Auswirkungen solcher Regenereignisse zumindest teilweise reduziert oder im besten Fall komplett vermieden werden.

Die Notentwässerung oder Schutzmaßnahmen für außergewöhnliche Starkregenereignisse und Einleitungen in Gewässer sind mindestens nach dem LLUR Merkblatt M2 zu berechnen¹³ (LLUR 2017).

4 Grundlagenermittlung

4.1 Räumliche Einordnung des Planungsgebiets

Das Projektgebiet „Sieben Eichen“ befindet sich in zentraler Lage in Norderstedt. Die Ländergrenze zwischen Schleswig-Holstein und Hamburg verläuft unmittelbar südlich angrenzend. Norderstedt wird nach aktuellen Prognosen ein erhebliches Bevölkerungswachstum erfahren.

¹³ Die Festlegung des maximalen Drosselabflusses für das Projektgebiet ergibt sich aus „Wasserrechtliche Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser Teil 1: Mengenbewirtschaftung“, Stand 06/2017 LLUR-SH zu 3 l/s*ha. Für das Einzugsgebiet der unmittelbar betroffenen Beek in der Twiete bedeutet das einen Drosselabfluss von 39,6 l/s*ha.



Abb. 3: Projektgebiet (rot umrandet) im Satellitenbild (Ramboll Studio Dreiseitl)

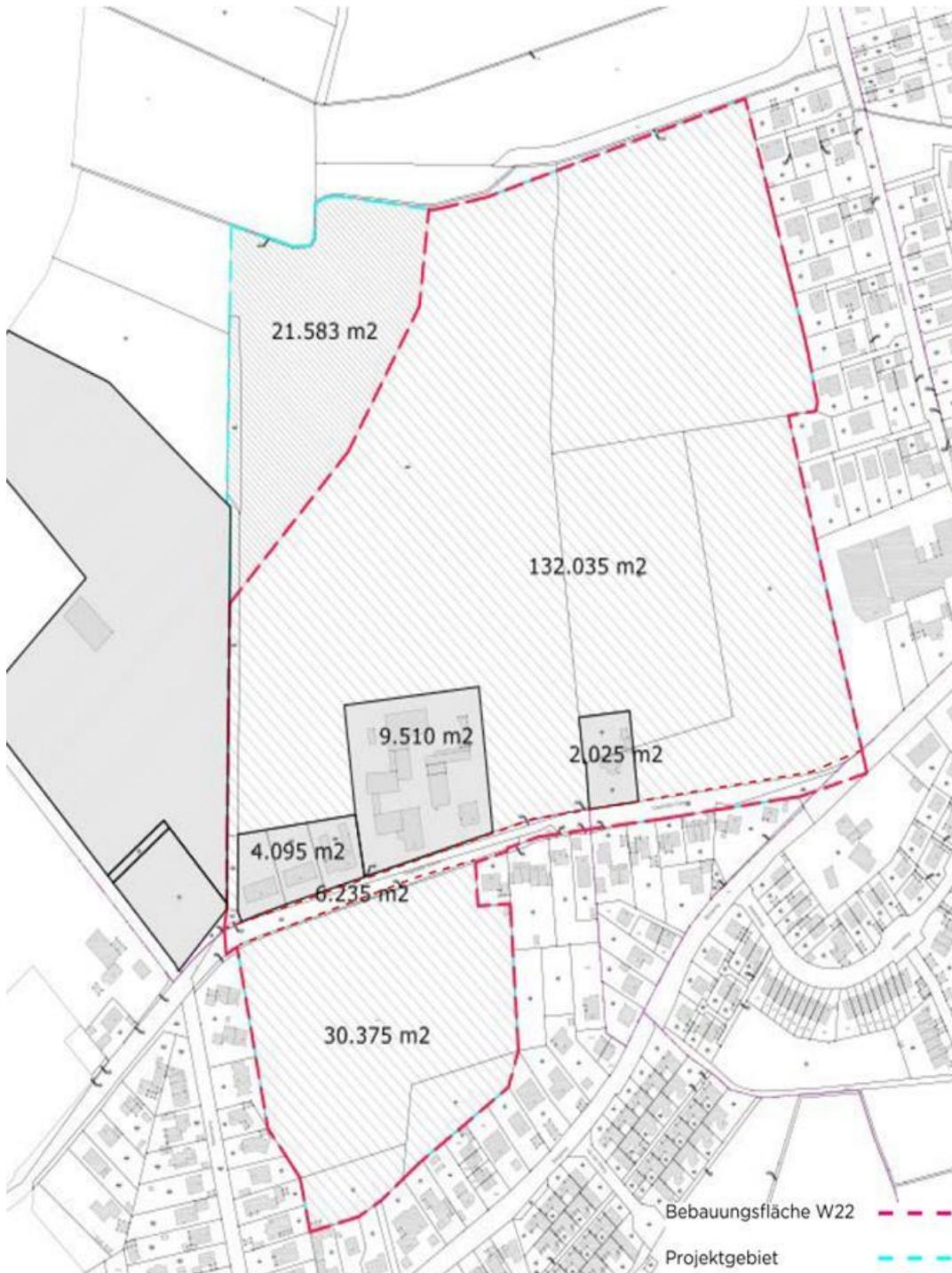


Abb. 4: Gebiet des Rahmenplans „Sieben Eichen“ (türkise Umrandung) in Erweiterung der Wohnbaufläche W22 aus dem Flächennutzungsplan 2020 (rote Umrandung) (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die folgenden Fotos vermitteln einen Eindruck der Bestandsituation vor Ort. Das Gebiet ist derzeit überwiegend von einem landwirtschaftlichen Betrieb und seinen Flächen geprägt. Angrenzend an den Glashütter Damm sind Bestandsgebäude, die hauptsächlich aus Ein- und Mehrfamilienhäusern bestehen, und Neubaugebiete zu finden. Eine neue Wohnsiedlung direkt westlich des Plangebiets wird gebaut bzw. ist schon im Bau.



Abb. 5: Vor-Ort-Fotos mit Karte (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die Ausführungen der Machbarkeitsstudie werden sich im Folgenden nur auf die Flächen nördlich des Glashütter Damms beziehen. Eine zusätzliche Betrachtung des Gebiets südlich des Glashütter Damms hätte für die Definition von Kopplungs- und Gestaltungsvarianten der Infra-

strukturen keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn gebracht, sodass dieses Teilgebiet für die Machbarkeitsstudie nicht weiter vertieft und bearbeitet wurde.



Abb. 6: Der städtebauliche Rahmenplan (Arbeitsstand September 2019) für das weiß umrandete Projektgebiet (Cappel + Kranzhoff 2019; ergänzt von Ramboll Studio Dreiseitl)

4.2 Planerische Grundlagen

4.2.1 Flächennutzungsplan Norderstedt 2020

Das Projektgebiet dieser Machbarkeitsstudie liegt zum größeren Teil im Einzugsgebiet der Tarpenbek-Ost. Es erstreckt sich zusätzlich aber auch auf das südlich angrenzende Einzugsgebiet des Ossenmoorgrabens und ist direkt an der Grenze der Einzugsgebiete von Tarpenbek-Ost und Ossenmoorgraben in bereits bestehende Siedlungsstrukturen eingebettet.

Für das östliche Norderstedt ist gemäß Umweltbericht zum Flächennutzungsplan 2020 eine Zunahme der Siedlungsflächen im Einzugsgebiet der Tarpenbek-Ost (mit Beek in der Twiete) von 20,2 % angegeben, woran das Gebiet „Sieben Eichen“ einen erheblichen Anteil hat. Derzeit ist das Einzugsgebiet Tarpenbek-Ost durch eine breite Grünfläche in nord-östlicher Ausdehnung geprägt. Die Siedlungsanteile sowie die in Planung befindlichen Gebiete liegen am südlichen Rand des Einzugsgebietes. Auch mit den derzeit in Planung befindlichen Siedlungsstrukturen bleibt im Projektgebiet eine zentrale Grünfläche in Nord-Süd-Ausrichtung weitgehend bestehen.

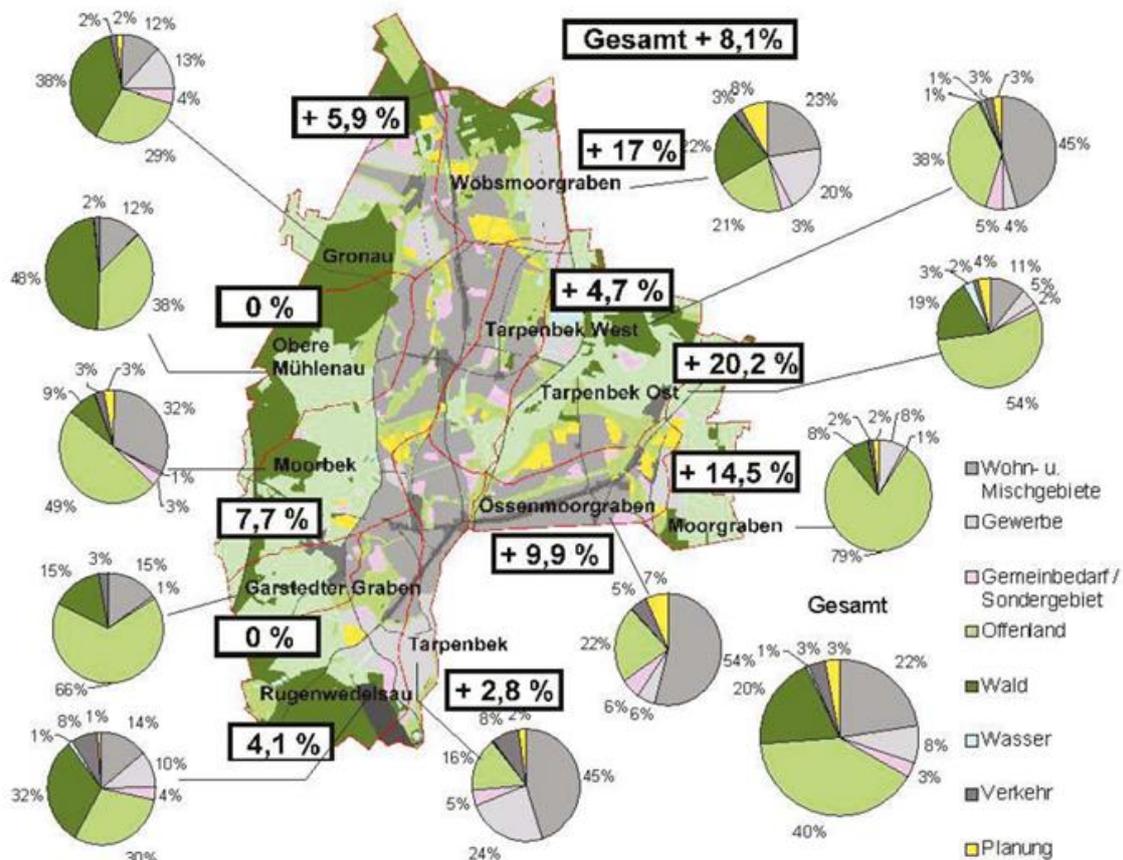


Abb. 7: Zuwachs der Siedlungsflächenanteile in den Oberflächengewässer-Einzugsgebieten laut Umweltbericht (nach § 2a BauGB) zum Flächennutzungsplan 2020 der Stadt Norderstedt (Planung + Umwelt 2007: 64, Stadt Norderstedt 2010: 142)

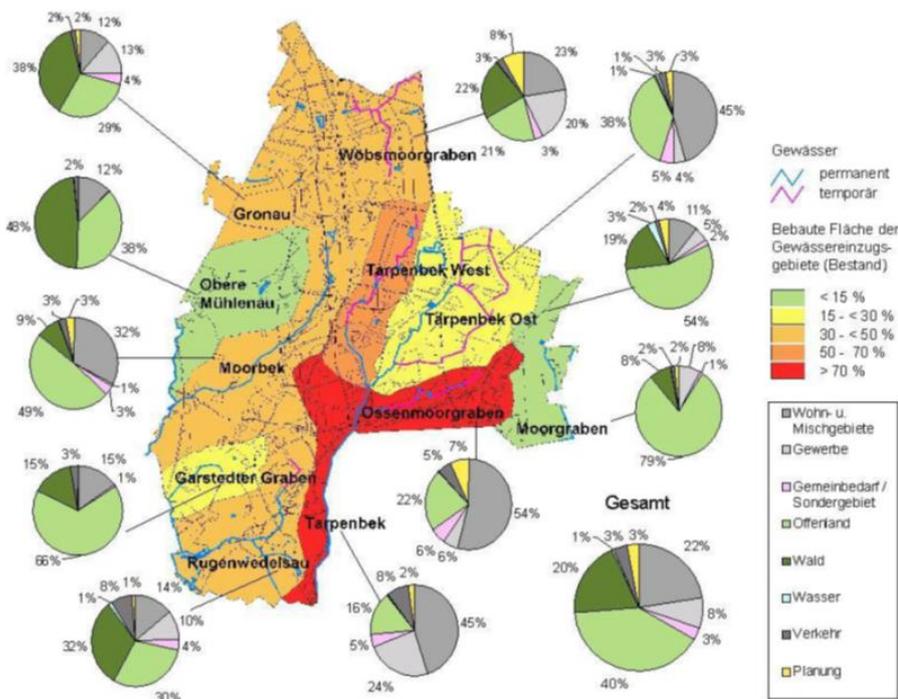


Abb. 8: Bebaute Fläche in Gewässereinzugsgebieten laut Strategischem Umweltplan SUP (Planen + Umwelt 2007: 65, Stadt Norderstedt 2010: 143)

Für das Einzugsgebiet des Ossenmoorgrabens wird eine Zunahme der Siedlungsflächen um 9,9 % laut der SUP Norderstedt angezeigt. Hier liegt allerdings bereits im Bestand ein sehr großer Anteil bebauter Siedlungsflächen mit über 70 % des Einzugsgebietes vor. Die Entwicklungsflächen verteilen sich räumlich am östlichen Rand des Einzugsgebietes.

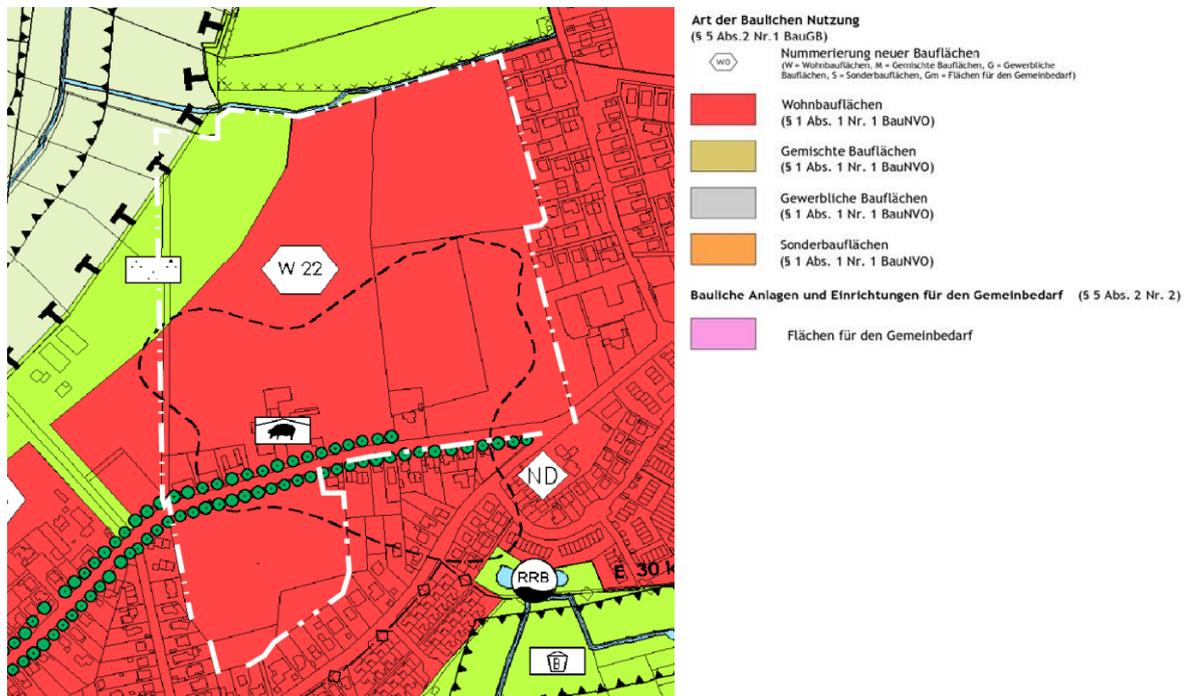


Abb. 9: Karte zur Art der Baulichen Nutzung mit Fokus auf die Baufläche W22 aus Flächennutzungsplan 2020 (Stadt Norderstedt 2018)

4.2.2 Biototypen Norderstedt

Das Projektgebiet umfasst folgende in Abb. 10 dargestellte Biototypen. Die nördlich angrenzende Beek in der Twiete ist als künstliches Fließgewässer/Graben (FG) gekennzeichnet.



Abb. 10: Biotoptypenplan im Landschaftsplan (Stadt Norderstedt 2007a) (Projektgebiet: weiß gestrichelt)

Legende mit Projektrelevanten Abkürzungen bzw. Buchstaben:

- AA= Acker
- GF= Sonstiges artenreiches Feucht- und Nassgrünland
- GIm= Artenarmes Intensivgrünland, für Mahd
- Glw= Artenarmes Intensivgrünland, Beweidung
- SBe= Einzel- und Reihenhausbebauung
- SBz= Blockrand- und Zeilenbebauung
- SD= Gemischt Baufläche, Dorfgebiete
- SVw= unversiegelte Wege

4.3 Topografie

Der Glashütter Damm teilt das Projektgebiet in zwei Bereiche. Nördlich des Glashütter Damms fällt das Gelände relativ gleichmäßig Richtung Tarpenbek-Ost und Beek in der Twiete um insgesamt ca. 4 m ab. Das mittlere Gefälle liegt bei ca. 1 %. Südlich des Glashütter Damms gibt es eine leichte zentrale Erhebung von 1,5 m gegenüber den benachbarten Grundstücken. Von dieser Erhöhung fällt das Gelände nach außen hin ab. Das mittlere Gefälle ist ein Anhaltspunkt

für die Orientierung der Entwässerungsrichtung, die Anlage von Regenwassermulden/-rinnen, sowie von den Retentionsräumen.

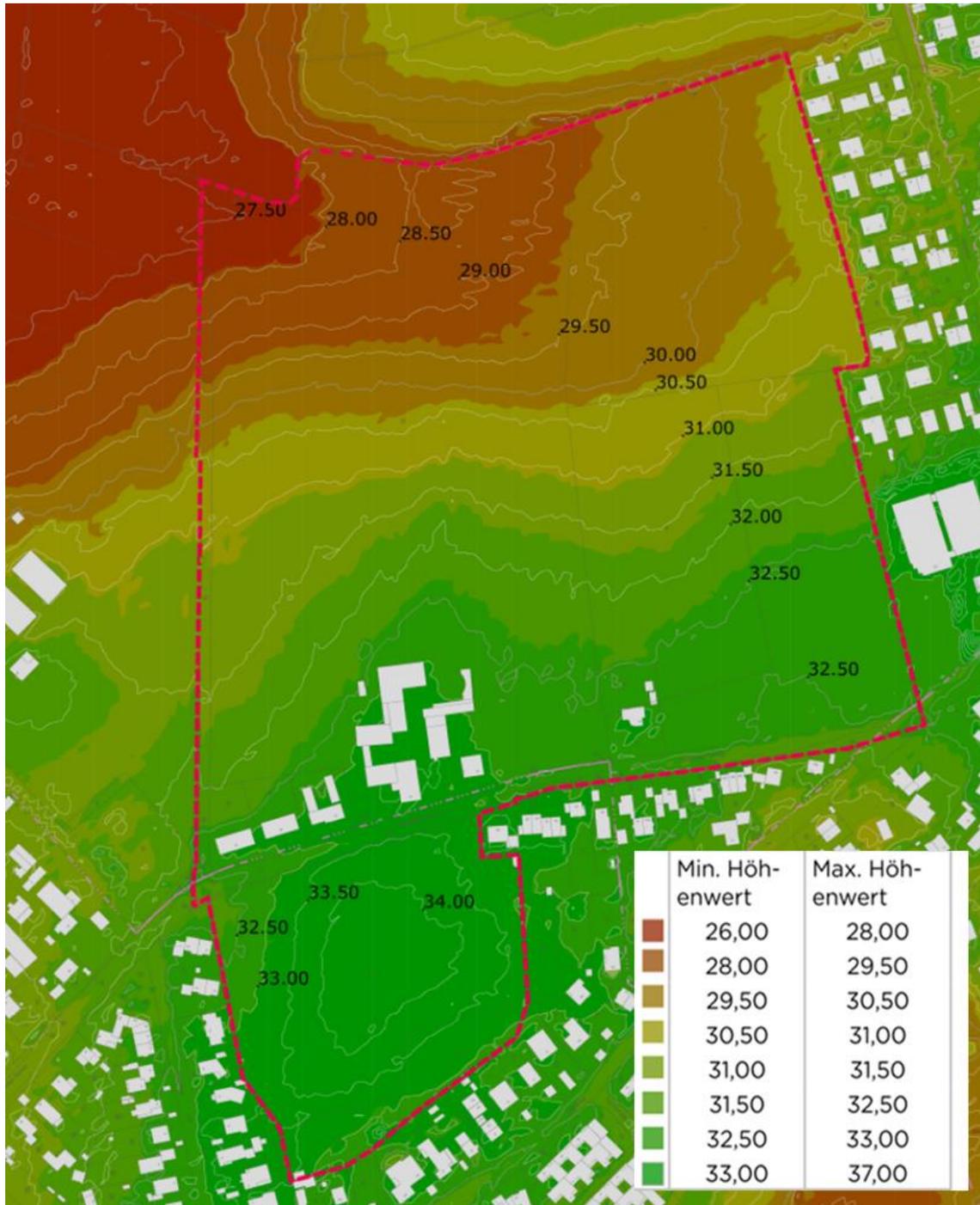


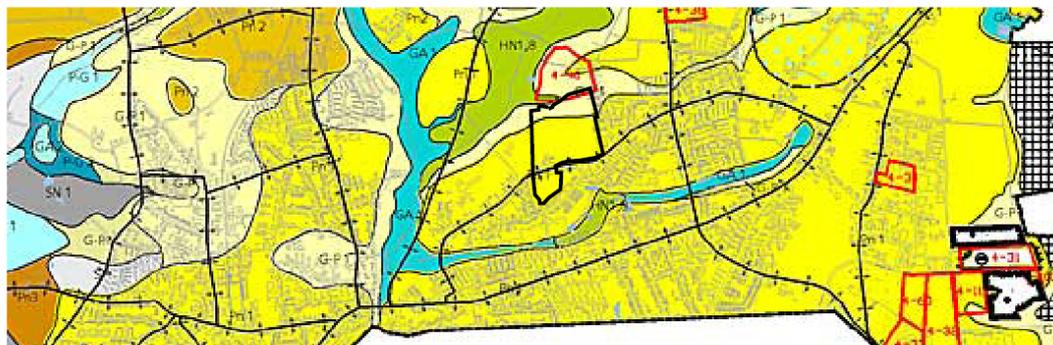
Abb. 11: Darstellung der Topografie und Höhenlinien (Ramboll Studio Dreiseitl) (Projektgebiet: rot gestrichelt)

4.4 Klimadaten

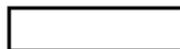
Norderstedt liegt im Bereich der warm-gemäßigten Klimazone und weist einen immerfeuchten, im Sommer warmen Klimatyp aus (Cfb) (vgl. Forkel 2015). Niederschläge verteilen sich relativ gleichmäßig über das Jahr. Die vier wärmsten Monate liegen oberhalb einer mittleren Temperatur von 10 °C, wobei der wärmste Monat im Mittel nicht wärmer ist als 22 °C. Die jährliche Niederschlagssumme liegt im Mittel bei 763 mm, die durchschnittliche Temperatur liegt bei 8,3 °C.

4.5 Bodenverhältnisse

In Norderstedt sind als Bodentypen überwiegend Rosterden und Feuchtpodssole zu finden. Sie machen ca. 66 % der städtischen Gesamtfläche aus. Vornehmlich um den alten Ortskern von Garstedt kommen die Bodentypen Pseudogley und Gley vor. Mit ca. 20 % der Gesamtfläche von Norderstedt sind die Moorflächen und Moorböden mit den Bodentypen Anmoorgley, Niedermoor, Hochmoor recht stark vertreten (Stadt Norderstedt 2007b). Die zwei Bodentypen, die das Projektgebiet prägen, sind Pn 1 Eisenhumuspodsol und G-P-1 Gley Podsol.



Legende

 Gebietsgrenze

Bodentyp

Podsolböden

-  Eisenhumuspodsol Pn 1
-  Eisenhumuspodsol Pn 2
-  Eisenhumuspodsol Pn 3
-  Gley-Podsol G-P 1
-  Gley-Podsol GP
-  Pseudogley-Podsol SP

Gleyböden

-  Pseudogley SN1
-  Podsol-Gleey P-G 1
-  Podsol-Gleey P-G 2
-  Podsol-Gleey P-G 3
-  Anmoorgley GA 1
-  Anmoorgley GA 2

Moorböden

-  Niedermoor HN1,8
-  Hochmoor HH1,8

Abb. 12: Bodentypen laut Landschaftsplan mit Projektgebiet (Stadt Norderstedt 2007c)

Laut Landschaftsplan 2020 (Stadt Norderstedt 2007b) kann prinzipiell davon ausgegangen werden, dass landwirtschaftlich genutzte Flächen mit einer hohen Grundwasserneubildung auch eine hohe abflussschwächende Wirkung haben. Für eine gesamtstädtische Beurteilung gilt, dass in Norderstedt die Sanderflächen außerhalb der Niederungen das höchste Retentionsvermögen aufweisen. Bei Hochwasserereignissen können im Prinzip auch Niedermoorgebiete bedeutende Retentionsräume darstellen, soweit sie naturnah erhalten sind. Durch eine intensive Entwässerung, die zu Veränderungen der Bodenstrukturen führt, sowie Sohlvertiefungen des Bachbettes ist das Retentionsvermögen jedoch besonders in den Niederungen der Tarpenbek-West, der Tarpenbek-Ost, der Moorbek und der Gronau eingeschränkt.

Innerhalb des Projektgebietes gibt es derzeit keine Bohrsondierungen und Bodenaufschlüsse, so dass daher für eine Einschätzung der geologischen Ausgangssituation hilfsweise Bohrprofil-daten von der Stadt Norderstedt aus dem westlich anschließenden Gebiet hinzugezogen wer-

den (siehe Abb. 14, Abb. 15, Abb. 16). Die Bohrkerne BS1-BS4 liegen in etwa 40 m Abstand westlich vom Projektgebiet und lassen aufgrund ihres homogenen Bildes auf eine Vergleichbarkeit mit dem Projektgebiet schließen. In den ausgewerteten Bohrprofilen stellt sich unter einer sandigen Oberbodenschicht mit einer Mächtigkeit von 0,45 m bis 0,6 m ein ungestörter fein- und mittelsandiger, teilweise schwach kiesiger Grundwasserleiter ein. In einer Tiefe von 4,20 m bis 5,20 m wird die Aquifuge – also die Deckschicht, die den ersten vom zweiten Grundwasserleiter trennt – als schluffige, tonige Sedimentlage angetroffen. Grundwasser wird an den nördlichen Bohrprofilen etwa bei 4 m unter GOK (Geländeoberkante) und Richtung Süden mit abnehmender Tiefe bis ca. 5 m unter GOK angetroffen (Stand August 2015).

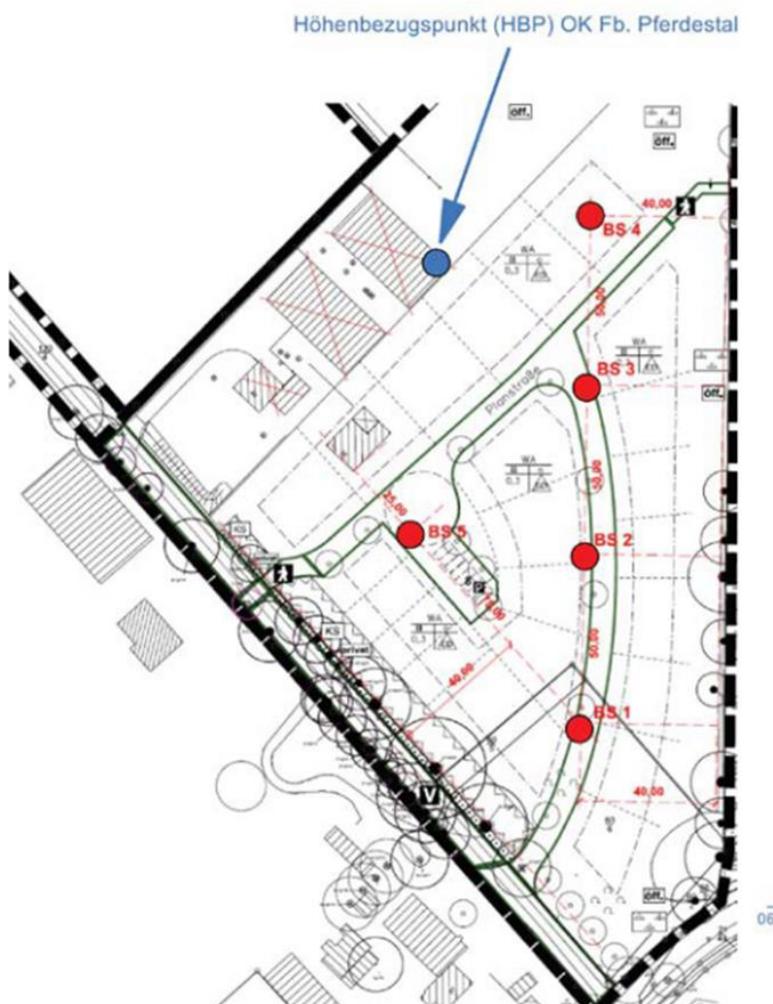


Abb. 13: Lageplan, Bodenprofile und Lage der Bohrungen im Untersuchungsgebiet B-Plan 282 ‚Kreuzweg‘ (Geotechnisches Prüflabor, Michael Kurt 2015)

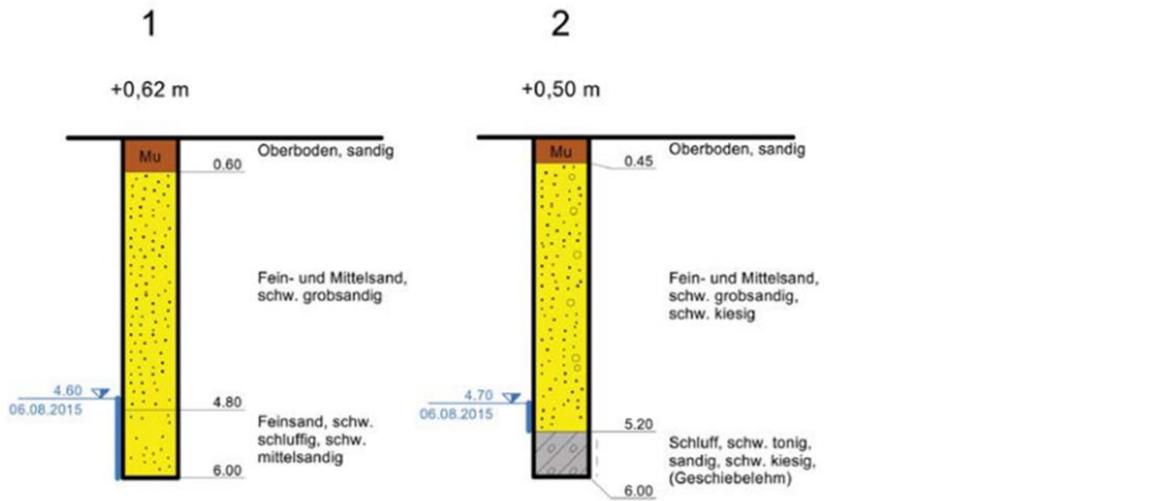


Abb. 14: Bohrprofile 1 und 2 (Geotechnisches Prüflabor, Michael Kurt 2015)

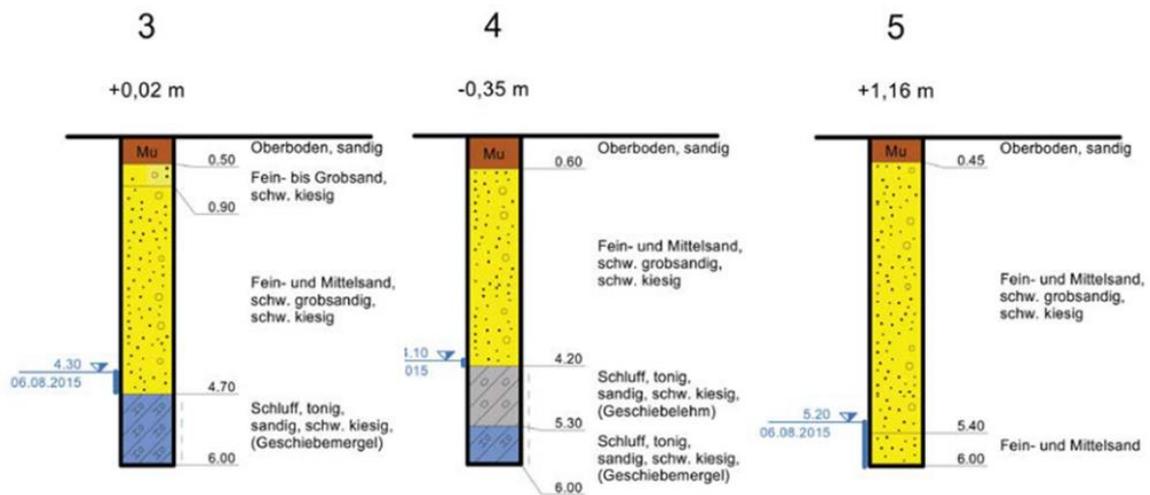


Abb. 15: Bohrprofile 3, 4 und 5 (Geotechnisches Prüflabor, Michael Kurt 2015)

4.6 Hydrologische Grundlagen der Wasserbewirtschaftung

4.6.1 Wassereinzugsgebiet

Der näher untersuchte größere, nördliche Teil des Projektgebiets liegt im Einzugsgebiet der Tarpenbek-Ost. Die Tarpenbek fließt von Nord nach Süd aus Schleswig-Holstein in das Land Hamburg und mündet dort in die Alster. Der direkte Vorfluter für das Projektgebiet ist die Beek in der Twiete, ein Entwässerungsgraben, der seine Fließrichtung je nach Wasserzuführung mehrfach im Jahr ändert, grundsätzlich aber in die Tarpenbek abfließt.

Die Beek in der Twiete mündet etwa bei Stationierung 0+830 in die Tarpenbek-Ost. Die Stationierung bezieht sich auf den Punkt, an dem Tarpenbek-Ost und Tarpenbek-West zusammenfließen und zur Tarpenbek werden. Die Flächen südlich des Glashütter Dammes entwässern in den Ossenmoorgraben, welcher ebenfalls zum Einzugsgebiet der Tarpenbek zählt. Am Pegel Kellerbleek liegt der mittlere Abfluss (kurz ‚MQ‘, Stand 1970-2014) der Tarpenbek bei 691 l/s, der mittlere Hochwasserabfluss (kurz ‚MHQ‘) aus der gleichen Periode liegt bei 5,73 m³/s. Die Tarpenbek ist im weiteren Verlauf durch den derzeitigen Ausbauzustand bei Starkregenereignissen stark ausgelastet bzw. hydraulisch überlastet. Nördlich der Unterführung Krohnstieg auf Hamburger Stadtgebiet liegt ein als Risikogebiet Binnenhochwasser ausgewiesenes Gebiet, welches bereits bei einem relativ häufigen Ereignis (10-jährlich) signifikante Überschwemmungen aufweist, die bei einem 100-jährlichen Ereignis auch die angrenzende Bebauung erreichen.

Weitere Einleitungen in die Tarpenbek unterliegen daher den Beschränkungen des potentiellen naturnahen Abflusses.

4.6.2 Grundwasserflurabstand

Der Grundwasserflurabstand hat Auswirkungen auf die Versickerungsfähigkeit des Bodens. Durch die Überlagerung der Grundwassergleichen mit den Höhenlinien der Geländeoberfläche ergibt sich eine Darstellung des Grundwasserflurabstandes. Das Gelände fällt nach Norden zur Beek in der Twiete ab, die Grundwasserlage hat ein leichtes Ost-West Gefälle.

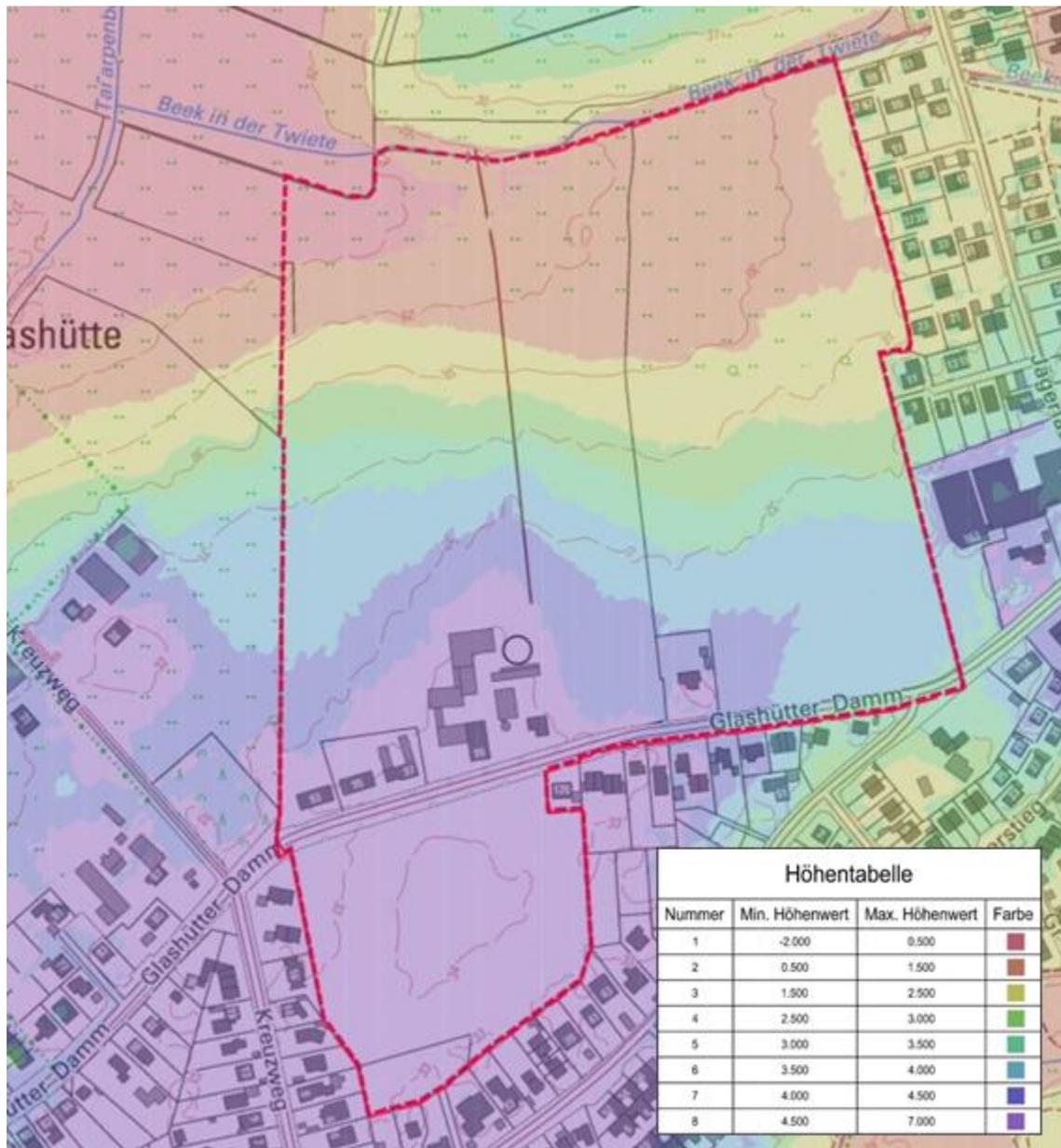


Abb. 17: Grundwasserflurabstand und abnehmende Versickerungsfähigkeit in Richtung Gebietsgrenze Nord (Ramboll Studio Dreiseitl) (Projektgebiet: rot gestrichelt)

Dadurch kommt es zu einem nach Nord-Westen hin abnehmenden Grundwasserflurabstand, der im nördlichen Projektgebiet flächig im Bereich von 0,5 m bis 1,5 m unter der Bodenoberfläche

che liegt. Dies ist insofern relevant, als dass bestimmte Maßnahmen eine Mindesthöhe erfordern – z. B. wird für Versickerungsanlagen grundsätzlich ein Abstand von mindestens 1 m zwischen Unterkante der Anlage und dem anstehenden Grundwasser vorgesehen (vgl. DWA-A 138). Im mittleren und südlichen Projektgebiet ist ein dafür ausreichender Grundwasserflurabstand anzutreffen, sodass hier eine Versickerung von Niederschlagswasser möglich ist.

Die Grundwasserfließrichtung verläuft von Ost nach West. Damit liegt das Gebiet im Anstrombereich der Trinkwassergewinnungsbrunnen in Hamburg Ochsenzoll. Innerhalb des dafür ausgewiesenen Wasserschutzgebietes (LLUR 2010) darf eine gezielte Versickerung von Regenwasser vorgenommen werden. Generell ist zum Schutz des Grundwassers die Herkunftsfläche des Niederschlagsabflusses (z. B. Wohnstraße mit geringer Wasserbelastung) und eine ausreichend mächtige obere Bodenzone ausschlaggebend. Abwasser (Betriebswasser, Grauwasser) darf demgegenüber hier nicht direkt versickert werden, unabhängig davon, ob es zuvor behandelt/gereinigt ist oder nicht.

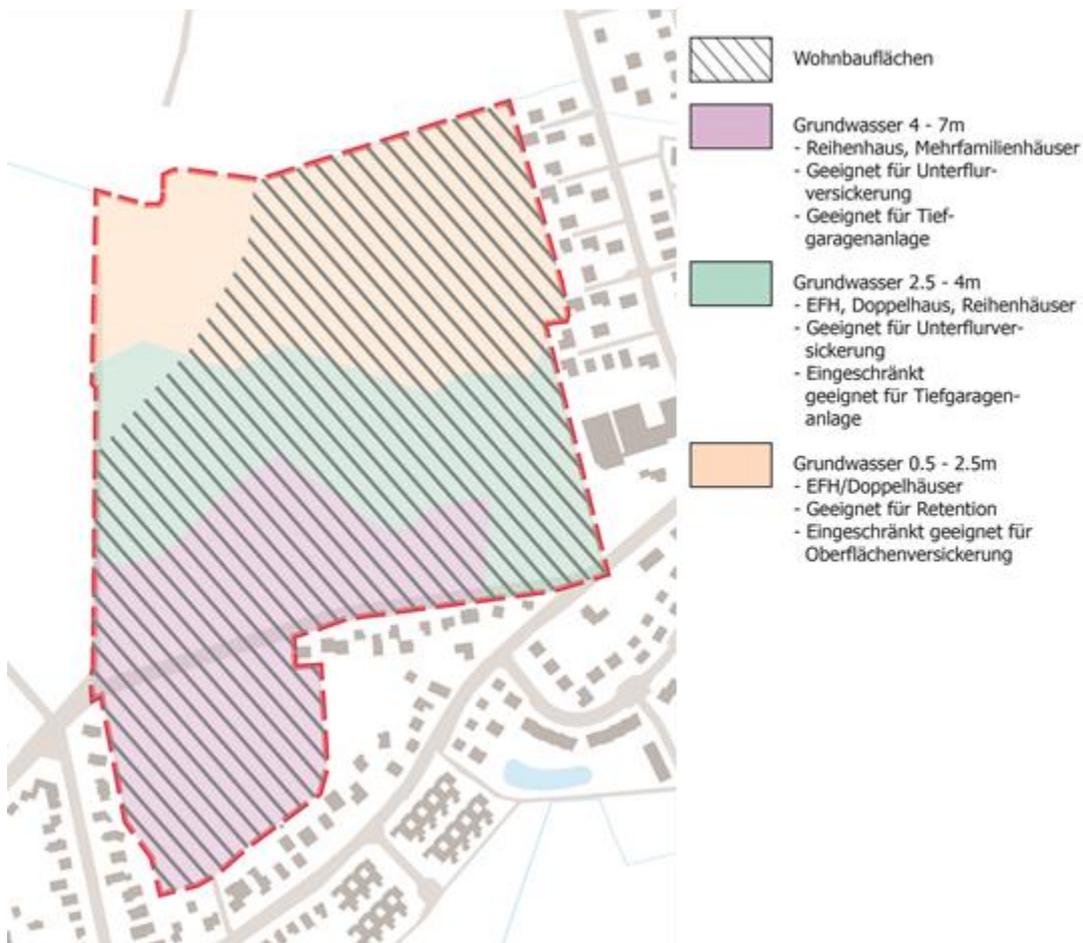


Abb. 18: Grundwasserflurabstand Analyse (Ramboll Studio Dreiseitl) (Projektgebiet: rot gestrichelt)

4.7 Fließwege des Oberflächenwassers

Zur Ermittlung der vorherrschenden Entwässerungstopologie der Bestandsituation (d. h. ohne Planung) des Projektgebiets „Sieben Eichen“ wurde mittels AutoCAD Civil eine Neigungsanalyse durchgeführt. Für ausgewählte Rastergrößen wird somit die Neigung ermittelt. In der Auswertung werden dann die errechneten Neigungspfeile vereinfacht und in gröber skalierte Fließwege übersetzt. Die Bestandsanalyse stellt die Grundlage für eine Anlehnung an den naturnahen Zustand für den Ausbauzustand dar. Aufgrund des relativ flachen Höhenprofils des Projektgebietes bieten sich für die planerische Umsetzung umfangreiche Möglichkeiten die Fließwege zu bestimmen.

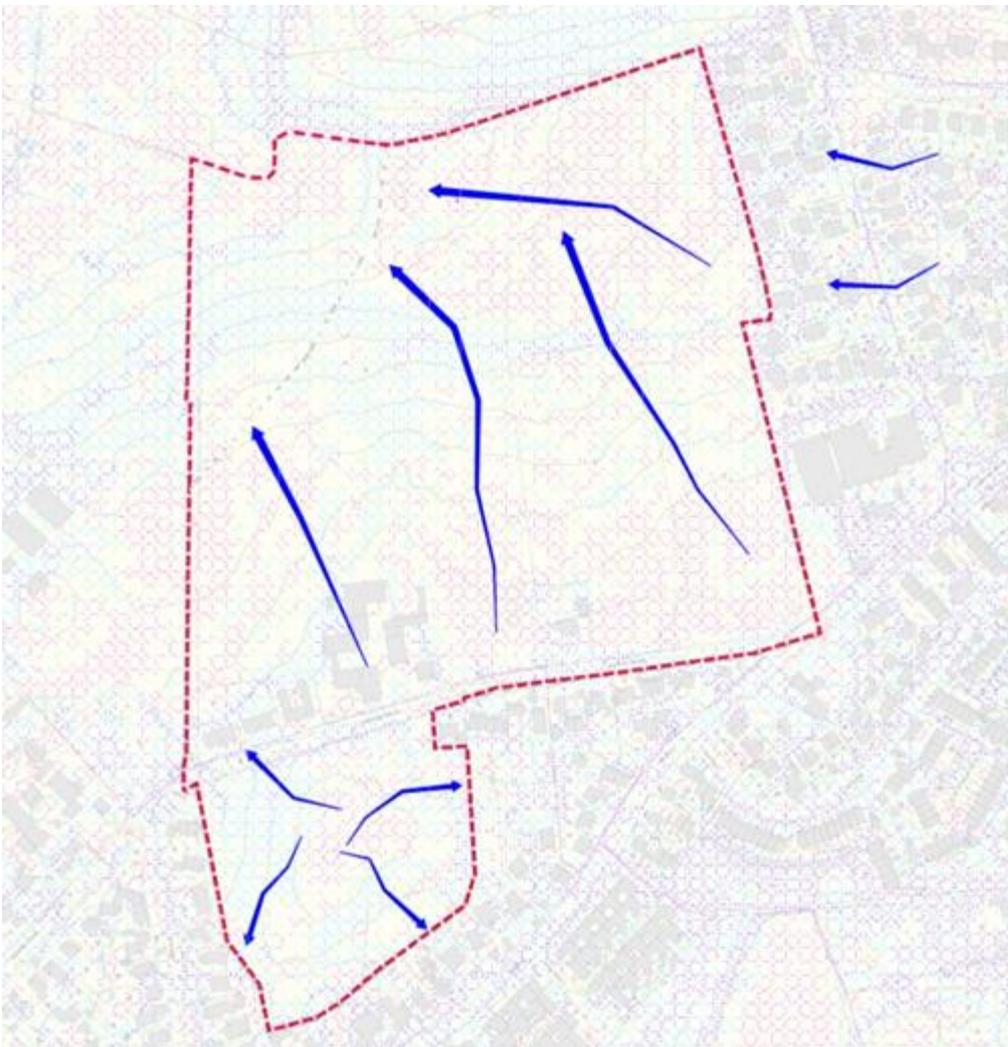


Abb. 19: Hauptfließwege des Oberflächenwasser (blaue Pfeile) mit Andeutung der Fließrichtung (Ramboll Studio Dreiseitl)

4.8 Überflutungsgefahren

Zur Identifikation potentieller Überflutungsrisiken wird eine grobe Analyse der Fließwege der Bestandssituation des Planungsgebiets durchgeführt. Für die Fließwege-Analyse wurde untersucht, wo es zu Abflussüberlagerungen und damit erhöhten Belastungen kommt.

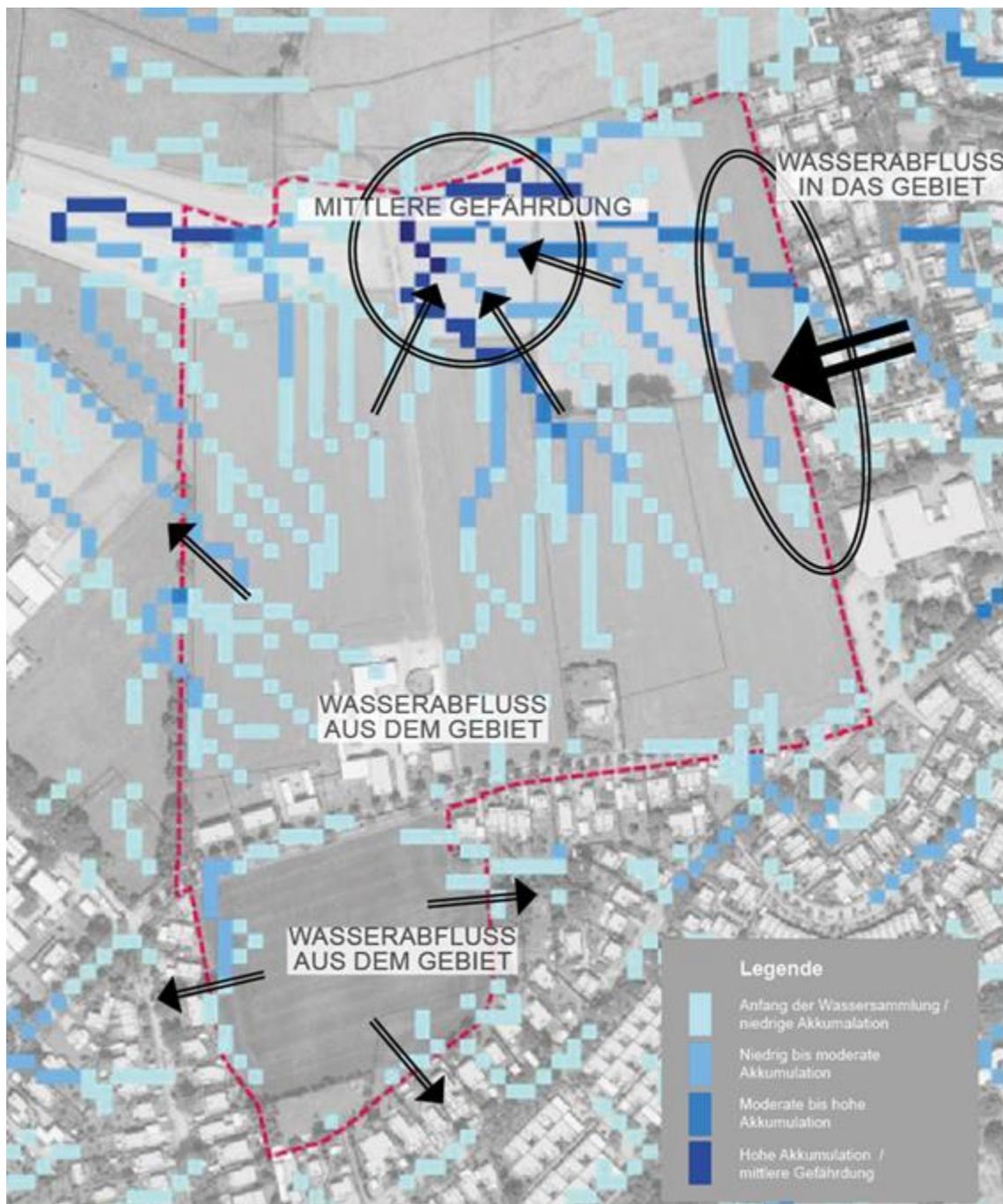


Abb. 20: Vorprüfung der Überflutungsgefahr durch Fließweganalyse der Bestandssituation, erstellt mit Unterstützung von ArcGIS (Ramboll Studio Dreiseitl) (Projektgebiet: rot gestrichelte Linie)

Die dunkelblau eingefärbten Flächen stellen Rasterzellen mit hoher Akkumulation dar. Der Anfangspunkt der Fließrichtung ist die leicht-blaue Linie. Die leicht bis mittel-blau eingefärbten Flächen zeigen die Richtung der Fließwege (von hell- nach dunkelblau) an. Oberirdisches Wasser (anfallendes Niederschlagswasser) fließt im Bestand allgemein vom Gebiet nach außen ab. Zusätzlich fließt im Nordosten Wasser von außerhalb in das Gebiet hinein.

Im nordwestlichen Teil des Gebiets zeigt sich eine mittlere Gefährdung für Überflutung (s. Abb. 20). Diese resultiert aus der sich akkumulierenden Wassermenge, die in den mittel- und dunkelblau eingefärbten Rasterzellen wiederum in Abb. 20 zu sehen sind.

Diese Analyse gibt einen ersten Hinweis darauf, in welchem Bereich im Ausbauzustand mit einem erhöhten Überflutungsrisiko gerechnet werden muss (siehe den nordwestlichen Teil des Gebiets). Im aktuellen Bestand existiert kein Entwässerungssystem (unterirdische Leitungen) innerhalb der Freiflächen, sodass die dargestellte Analyse einen umfassenden Überblick über die derzeitige Gefällesituation bzw. die naturnahen Fließrichtungen bietet. Entlang des Glashütter Damms besteht ein Entwässerungsnetz über die Kanalisation.

Die Analyse zeigt auf, dass im aktuellen Zustand kein akutes Überflutungsrisiko besteht; allerdings muss der Ausbauzustand (d. h. bei der Vertiefung der Planung und deren späterer Umsetzung) so angepasst werden, dass keine übermäßige Fließakkumulation außerhalb der Ableitungssysteme des Niederschlagswassers entsteht. Die im Zuge der Studie durchgeführte Grobanalyse der Bestandssituation in „Sieben Eichen“ lässt keine hinreichend genauen Planungsaussagen zum vorliegenden städtebaulichen Rahmenplan zu. Zur fundierten Analyse des Rahmenplans gehört eine Betrachtung des Ausgangszustands und eine genauere Aussage zur Wirkung von Bebauung, ggf. differenziert nach Versiegelungsgrad, Bautiefe, Ausrichtung der Baukörper usw.

4.9 Wasserschutzgebiet

Das Planungsgebiet „Sieben Eichen“ liegt in einem Wasserschutzgebiet, Zone III. Damit gehen besondere Anforderungen zum Schutz des Grundwassers einher. Für die Planung gekoppelter Wasserinfrastrukturen ergeben sich Einschränkungen für den Umgang mit häuslichem Abwasser, Niederschlagswasser von Straßen und Dächern sowie Betriebswasser. Dies wiederum hat Wirkungen auf die Auswahl und technische Ausgestaltung von geeigneten Bausteinen.

In einem Gespräch des Forschungsverbundes mit der Unteren Wasserbehörde (UWB) im Kreis Segeburg (Juni 2017) wurden folgende kritische Punkte für die Planung gekoppelter Infrastrukturen im Projektgebiet identifiziert:

- Eine Grauwasserbehandlung im Gebiet ist möglich, wenn sie in einem geschlossenen System erfolgt und keine Versickerung stattfindet.

- Wasserflächen, die mit Betriebswasser aus behandeltem Grauwasser gespeist werden, müssen abgedichtet sein, sodass keine Versickerung des Betriebswassers stattfinden kann.
- Die Bewässerung von begrünten Dächern und privaten Gärten mit Betriebswasser aus behandeltem Grauwasser ist hingegen rechtlich zulässig.

4.10 Bestehende Flächennutzung und Baumbestand

In dem Projektgebiet existiert eine identitätsstiftende Gruppe von Bestandsbäumen, bezeichnet als „Sieben Eichen“. Die Baumgruppe ist als Baumreihe in der zentralen Ackerfläche sehr dominant und prägend. Neben den Straßenbäumen entlang des Glashütter Damms ist kein weiterer Baumbestand im Planungsgebiet vorhanden. Die Flächen stellen sich als Ackerland sowie Intensivgrünland dar (Stadt Norderstedt 2007a).



Abb. 21: Gehölze und Baumbestand und Art der Bodennutzung klassifiziert nach dem Landschaftsplan 2020 (Ramboll Studio Dreiseitl, 2018/Stadt Norderstedt, 2007) (Projektgebiet: rot gestrichelt)

4.11 Graue Infrastruktur (Wasserinfrastrukturen, Verkehrsflächen)

Angrenzend an den Glashütter Damm existiert eine infrastrukturell erschlossene Bestandsbebauung. Die Erschließung erfolgt über den Glashütter Damm, eine zweispurige versiegelte Straße. Der im Projektgebiet liegende landwirtschaftliche Betrieb besitzt eine größere Hofstruk-

tur mit Zuwegungen an die angrenzenden Nutzflächen. Das südliche Projektgebiet südlich des Glashütter Damms ist derzeit nicht mit grauer Infrastruktur erschlossen. Wasserleitungen befinden sich unter der Verkehrsfläche; derzeit bestehen keine Leitungen im Planungsgebiet, weder Niederschlags- noch Abwasserleitungen. Die unterirdische technische Infrastruktur bündelt sich in einer Trasse unter dem Glashütter Damm. Im Ausbaurzustand wird das Gebiet an den Schmutzwasserkanal unter dem Glashütter Damm angeschlossen. Die Niederschlagswasserableitung soll laut Gesprächen mit der Stadtplanung und, sofern es möglich ist, oberflächennah erfolgen und nicht mit dem Kanalnetz gekoppelt werden. Die Straßenentwässerung des Glashütter Damms wird von dem Vorhaben nicht berührt. Wenn für Teile des Projektgebietes eine Grauwasserbehandlung und anschließende Betriebswassernutzung angewendet werden soll, wird hierfür ein doppeltes Leitungsnetz (Versorgungsleitungen für Trinkwasser und Betriebswasser; Entsorgungsleitungen für leichtes Grauwasser aus Dusche und Handwaschbecken sowie Abwasser aus Toiletten, Küche etc.) in den Gebäuden und den angeschlossenen Grundstücken erforderlich. In der folgenden Abbildung der grauen Infrastrukturen sind auch die Verkehrswege und die bestehenden Dachflächen (Gebäude) aufgenommen.



Abb. 22: Graue Infrastruktur (Ramboll Studio Dreiseitl) (Projektgebiet: rot gestrichelt)

4.12 Bioklimatische Situation

Die bioklimatische Situation ist in Norderstedt für den FNP 2020 bewertet worden. Dort ist die Wohnbaufläche W 22, in der das Gebiet „Sieben Eichen“ entwickelt werden soll, ohne eine Bebauung als bioklimatisch sehr günstig bewertet worden (GEO-NET Umweltconsulting 2014). Die Einstufung der bioklimatischen Situation erfolgt gemäß den Kategorien der Planungshinweiskarte für die Wohnbaufläche W22 („Sieben-Eichen“). Um im Ausbau eine vergleichbar gute bioklimatische Situation in der Planung zu gewährleisten, sind in der zukünftigen städtebaulichen Planung folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Eine offene Siedlungsstruktur mit einer auf die Freiluftschneisen angepassten Baukörperstellung sowie möglichst geringe Bauhöhen.
- Entwässerungstrassen, die im Freiraum mit den Frischluftschneisen übereinstimmen.
- Durch den Rückhalt von Niederschlagswasser im Gebiet kann nicht nur ein gedrosselter Abfluss erreicht werden, der die Beek in der Twiete durch den Abfluss weder beschädigt noch ändert. Sofern der Rückhalt des Niederschlagswasser naturnah erfolgt, trägt dies zur Verdunstung und damit zu einer Verbesserung der bioklimatischen Situation bei. Maßnahmen wie Dachbegrünung oder Grünflächen sind gut geeignet, Niederschlagswasser zurückzuhalten und zu verdunsten.

4.13 Die wichtigsten Grundlagen im Überblick

Die folgenden Punkte bilden die Essenz der Grundlagenermittlung für die ganzheitliche Betrachtung und Entwicklung von Optionen blau-grün-grau gekoppelter Infrastruktur im Planungsgebiet:

- Nördlich des Glashütter Dammes fällt das Gelände relativ gleichmäßig Richtung Tarpenbek/Beek in der Twiete um insgesamt ca. 4 m ab, das mittlere Gefälle liegt bei ca. 1 %. Für den Bereich nördlich des Glashütter Dammes ist eine Fließrichtung nach Nord-Westen zur Beek in der Twiete vorherrschend. Südlich des Glashütter Dammes gibt es eine leichte zentrale Erhebung von 1,5 m gegenüber den benachbarten Grundstücken. Von dieser Erhöhung fällt das Gelände nach außen hin ab. Das mittlere Gefälle ist ein Anhaltspunkt für die Orientierung der Entwässerungsrichtung, die Anlage von Regenwassermulden/-rinnen, sowie von den Retentionsräumen. Damit ist für den Bereich nördlich des Glashütter Dammes ist eine Fließrichtung nach Nordwesten zur Beek in der Twiete und weiter in die Tarpenbek vorherrschend. Südlich des Glashütter Dammes fließt das Wasser vom zentralen Hochpunkt in alle Richtungen nach außen hin ab.
- Das Gelände fällt nach Norden zur Beek in der Twiete ab, die Grundwasserlage hat ein leichtes Ost-West Gefälle. Dadurch kommt es zu einem nach Nord-Westen hin abnehmenden Grundwasserflurabstand, der in einigen Bereichen die 1m-Marke unterschreitet und im nördlichen Projektgebiet flächig im Bereich von 0,5 m bis 1,5 m liegt.

- Für eine Versickerung wird als Grundsatz eine Mächtigkeit von mindestens 1 m Abstand ab Unterkante der Versickerungsanlage zum anstehenden Grundwasser hin vorgesehen (vgl. DWA-A 138). Im mittleren und südlichen Projektgebiet ist ein ausreichender Grundwasserflußabstand anzutreffen, sodass eine Versickerung von Niederschlagswasser hier möglich ist.
- In den ausgewerteten Bohrprofilen stellt sich unter einer sandigen Oberbodenschicht mit einer Mächtigkeit von 0,45 m bis 0,6 m ein ungestörter, fein- und mittelsandiger Grundwasserleiter ein. Grundwasser wird an den nördlichen Bohrprofilen etwa bei 4 m unter GOK (Geländeoberkante) und Richtung Süden mit abnehmender Tiefe bis ca. 5 m unter GOK angetroffen. Aufgrund einerseits des hohen Grundwasserstands im Nordosten des Gebiets und andererseits auffälliger Vernässungsprobleme in der angrenzenden Nachbarschaft (Nordosten des Gebiets) wird vor Baubeginn eine unabhängige Bodenuntersuchung des Gebiets dringend empfohlen.
- Aufgrund des relativ flachen Höhenprofils des Projektgebietes bietet der Ausbauzustand umfangreiche Möglichkeiten, die Fließwege zu bestimmen.
- Die Festlegung des maximalen Drosselabflusses für das Projektgebiet von 3 l/s*ha ergibt sich aus den „Wasserrechtliche(n) Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser, Teil 1: Mengenbewirtschaftung“ (vgl. LLUR 2017).
- Es besteht kein akutes Risiko der Überflutung; allerdings muss der Ausbauzustand so angepasst werden, dass keine übermäßige Fließakkumulation außerhalb der Ableitungssysteme des Niederschlagswassers entsteht.
- Gemäß §4 (2) Absatz 5. ist es im Wasserschutzgebiet zulässig, Niederschlagswasser zu versickern (LLUR 2010).
- Aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet (Zone III) müssen Grauwasserbehandlungsanlagen im Projektgebiet nach Aussage der Unteren Wasserbehörde Kreis Segeberg so ausgelegt sein, dass sie nach unten geschlossen sind und kein Wasser versickern kann. Die Nutzungsmöglichkeiten des behandelten Wassers entsprechen denen des Betriebswassers aus technischen Aufbereitungsanlagen. Bei Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen muss der Grundwasserabstand > circa 1,5 m von Geländeoberkante entfernt sein.
- Stoffliche Einleitungsbestimmungen müssen mit der UWB abgestimmt und das Reinigungssystem dem entsprechend angepasst werden. Der Zufluss von Fremdwasser/Niederschlagswasser in die Behandlungsanlage ist zu verhindern.

5 Machbarkeitsstudie „blau-grün-grau gekoppelte Wasserinfrastrukturen in „Sieben Eichen“

5.1 Ausgangspunkt – Vorplanungsphase zum städtebaulichen Rahmenplan

In der Vorplanungsphase zur Erstellung des städtebaulichen Rahmenplans wurden im Auftrag der Stadt Norderstedt von einem externen Planungsbüro drei städtebauliche Szenarien entwickelt. Diese wurden im Sommer 2017 der interessierten Öffentlichkeit präsentiert und dabei zur Diskussion gestellt. Aus diesen drei Szenarien wurde in Abstimmung mit den beteiligten Akteuren der Stadt Norderstedt und den Bürgerinnen und Bürgern, die bei den Planungswerkstätten teilgenommen hatten, ein gemischtes „Vorzugsszenario“ entwickelt. Die Aufgabenstellung des Planungsbüros umfasst die Erarbeitung eines städtebaulichen Rahmenplans unter Berücksichtigung der örtlichen planerischen und politischen Rahmenbedingungen sowie der Wünsche und Anregungen der Bürgerinnen und Bürger der Stadt Norderstedt.

Das Szenario 1 „Wohnen im Grünen“ greift das alte, nach wie vor geschätzte städtische Leitbild der „Stadt im Grünen“ auf und ist von einer markanten Nord-Süd Grünfläche geprägt, die die Grünfläche Richtung des Glashütter Damms (südlich der Nord-Süd Grünfläche) öffnet.



Abb. 23: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚Wohnen im Grünen‘ (Cappel + Kranzhoff 2017)

Das Szenario 2 „Kante zeigen“ ist als Zeichen für die Entwicklung Norderstedts betont städtisch angelegt. Es zeigt eine harte, betonte Bebauungskante zur Tarpenbek-Niederung. Die städtebauliche Struktur wird durch eine Haupterschließungsachse geprägt. Die Ausrichtung der größeren Gebäudetypologien ist zu der Haupterschließung sowie dem Glashütter Damm vorgesehen. Zwei großzügige Grünkorridore sind vorgesehen, die sich etwa mittig durch des Planungsgebiets ziehen und zu einem zentralen Begegnungsort führen.



Abb. 24: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚Kante zeigen‘ (Cappel + Kranzhof 2017)

Das Szenario 3 „dörfliche Nachbarschaften“ greift die vorherrschende, eher dörflich geprägte Bebauung durch ortsbezogene, kleinteiligere Bauungsstrukturen und Gegebenheiten auf. Es wird durch Wohnhöfe strukturiert, welche vor allem im Bereich des westlichen und nördlichen Gebietsrandes umgesetzt werden sollen. Die einzelnen Wohnhöfe können entlang unterschiedlicher Leitthemen individuell gestaltet werden; zum Beispiel könnte ein Teilgebiet für altersgerechtes Wohnen ausgestattet oder ein Wohnhof dezidiert die Ansätze der Regenwasserbewirtschaftung und innovativer Infrastrukturen aufgreifen.



Abb. 25: Visualisierung städtebauliches Szenario ‚dörfliche Nachbarschaften‘ (Cappel + Kranzhof 2017)

Alle drei städtebaulichen Szenarien haben sich in einer ersten überschlägigen Abschätzung als unkritisch gegenüber den möglichen Flächenbedarfen gekoppelter Infrastrukturen erwiesen. Die Szenarien „Wohnen in Grünen“ und „dörfliche Nachbarschaften“ fanden die meiste Zustimmung bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der frühzeitigen Bürgerversammlung. Für die weitere Planung wurden beide Szenarien in folgendem städtebaulichen Entwurf integriert und dabei weiterentwickelt.



Abb. 26: Der städtebauliche Rahmenplan (Arbeitsstand September 2019) für das Projektgebiet (überarbeitet nach Cappel + Kranzhoff 2019)

5.2 Flächenermittlung

Für Konzepte einer integrierten Wasserbewirtschaftung sind die Flächen in einem Gebiet in ihrem Wechselspiel bzw. ihren Abhängigkeiten zu betrachten. Zur besseren Nachvollziehbarkeit der verschiedenen Kopplungsoptionen der blauen, grünen und grauen Infrastrukturen im Planungsgebiet ist es hilfreich, vier Ebenen zu unterscheiden:

1. versiegelte öffentliche Straßen- und Verkehrsflächen bzw. das (öffentliche) Wegesystem und
2. unversiegelte öffentliche Grün- und Freiräume
3. versiegelte private Flächen (Gebäude-, Dachflächen und Wege)
4. unversiegelte private Freiräume (Gärten)

Die Flächen im Planungsgebiet stellen sich in der aktuellen Planungsvariante (vgl. Abb. 26) folgendermaßen dar:

Beschreibung	Flächen (m ²)	Anteil
Versiegelte öffentliche Straßen- und Verkehrsflächen und öffentliches Wegesystem	Ca. 29.695 m ² (Neubau: 23.460 m ² ; Glashütter Damm 6.235 m ²)	ca. 19 %
Unversiegelte öffentliche Grün- und Freiräume (inklusive Grüngürtel Nord)	Ca. 42.033 m ²	ca. 27 %
Versiegelte private Flächen (Gebäude-, Dachflächen und Wege)	Ca. 32.525 m ² Dachflächen, Neu inkl. Carports: ca. 25.000 m ² wurde für die Berechnung angenommen Dachflächen, Bestandsbauten: ca. 2.448 m ² Wege, voll- und teilversiegelt Neu: 5.077 m ²	ca. 21 %
Unversiegelte private Freiräume (Gärten)	Ca. 49.365 m ² Grünfläche, Neu: 45.693 m ² Grünfläche, Bestandsbauten: 3.672 m ²	ca. 32 %
Planungsgebiet Nord „Sieben Eichen“	Ca. 153.618 m ²	100 %

Tab. 1: Flächenberechnung (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die öffentliche Verkehrsfläche im Gebiet bezeichnet alle teil- oder vollversiegelten Wege, die für den Auto-, Rad- und Fußverkehr bestimmt sind, also auch alle Fuß- und Radwege. Zusätzlich wird die Verkehrsfläche des bestehenden „Glashütter Damms“ ausgewiesen, der das Planungsgebiet teils begrenzt durchschneidet. Bei der Kategorie Freiraum werden zweierlei Typologien unterschieden: Zum einen gibt es öffentliche Freiräume wie Parks und Grünflächen, die in öffentlicher Hand liegen und die öffentlich betrieben und gepflegt werden. Zum zweiten sind darunter private Freiräume gefasst, insb. private Gärten. Dachfläche beschreibt alle Dächer (begrünte und nicht begrünte Dächer). Für diese Studie kann der Anteil der versiegelten, teilversiegelten und unversiegelten privaten Flächenanteile nur über Annahmen getroffen werden, da die städtebauliche Planung diese nicht vorgeben. Die Flächen der bestehenden Bebauung

im Planungsgebiet (Mehr- und Einfamilienhäuser sowie ein Bauernhof) umfassen die jeweiligen Grundstücke mit Gebäuden und Freiflächen.

In der Flächenberechnung ergibt sich für das Planungsgebiet nördlich des Glashütter Damms eine Gesamtfläche von 154.600 m³. Davon sind circa 53 % der Gesamtfläche als private Flächen (neue und bestehende Bebauung sowie private Freiräume) angelegt. Demnach sind 47 % der Gesamtfläche öffentliche Flächen. Insgesamt 19 % der öffentlichen Fläche sind als Verkehrsflächen voll oder teilversiegelt. Die öffentliche Parkanlage zur Beek in der Twiete (21.583 m²) wird für die Flächenberechnung auch betrachtet, denn sie übernimmt Aufgaben einer Retentionsfläche und ist Teil der öffentlichen Freiflächen.

5.3 Drei Varianten blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen

Die Machbarkeitsstudie baut auf der nunmehr weiterverfolgten Planungsgrundlage (eine Mischung aus den Szenarien „Wohnen im Grünen“ und „dörfliche Nachbarschaften“) auf und entwickelt dafür verschiedene Gestaltungsvarianten in Form von Kombinationen blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen. Diese Varianten verknüpfen die Potentiale der Bausteine mit den Zielen und tatsächlichen Erfordernissen des städtebaulichen Rahmenplans sowie den eingangs vom Vorhaben in Abstimmung mit der Stadt für die Studie formulierten Zielen (Erhalt bzw. Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt, Gewässerschutz (Grundwasser und Oberflächengewässer), Überflutungsvorsorge sowie Ressourcenschonung und Wasserkreislaufführung) in dem konkreten Projektgebiet „Sieben Eichen“.

Ausgehend von den stadtplanerischen Zielen und Entwicklungsvorstellungen hat netWORKS 4 aus forschersicher Perspektive weitere Ziele für die Gebietsentwicklung eingetragen und vertieft: Überflutungsvorsorge, Stärkung eines effizienten Umgangs mit Wasser (d. h.: Wiederverwendung von gereinigtem Wasser) und des natürlichen Wasserkreislaufs (d. h.: Vorrang von Verdunstung vor Versickerung vor Ableitung) sowie Erlebbarkeit von Wasser.

In der folgenden Darstellung der drei Varianten (vgl. Kapitel 5.4, 5.5, 5.6) werden insbesondere die verschiedenen Ansätze und ihre Unterschiede auf der Ebene der Gebäude und privaten Grundstücke herausgearbeitet. Die Bezüge und Abhängigkeiten zu den öffentlichen Grün- und Freiräumen sowie öffentlichen Verkehrsflächen werden in den Varianten bereits angedeutet und in den nachfolgenden Kapiteln (vgl. Kapitel 5.7 und 5.8) vertieft.

Die folgenden drei grundlegenden Varianten wurden herausgearbeitet:

1. Grundvariante
2. erweiterte Grundvariante
3. Vorsorgevariante

Alle drei Varianten basieren auf dem Ansatz einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung. Die Vorsorgevarianten geht konzeptionell weiter als die beiden Grundvarianten, indem in dieser Variante zusätzlich eine Stoffstromtrennung mit Wasserwiederverwendung vorgesehen ist (mögliche Zwecke: Ersatz des Trinkwassers zur Bewässerung oder Toilettenspülung). In Bezug auf den städtebaulichen Rahmenplan (Arbeitsstand September 2019) werden in den untersuchten Varianten die jeweiligen Bedarfsflächen für den Einsatz der Bausteine dargestellt. Die Integration bzw. Verortung der netWORKS 4-Varianten im Entwurf des städtebaulichen Rahmenplans stellt multifunktional genutzte Flächen heraus. Die Vorhaltung bzw. Bereitstellung der Flächen für die Regenwasserbewirtschaftung werden über den Rahmenplan abzusichern sein. Im Rahmenplan werden die ausgewählten Bausteine der Varianten gekoppelter Infrastrukturen verortet.

5.4 Grundvariante

Die Grundvariante wird aktuell von der Stadt Norderstedt für den städtebaulichen Rahmenplan zugrunde gelegt und seitens der planenden Verwaltung als praktisch umsetzbar eingeschätzt. Hauptziel der Grundvariante ist eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt im Ausbauzustand. Dazu gehören:

- das Auffangen und Zurückhalten von Regenwasser auf dafür vorgesehenen Flächen, um den Abfluss im Vergleich zu einer konventionellen Bauweise (z. B. Einleitung ohne gedrosselten Abfluss direkt ins Kanalnetz) zu verringern;
- die Priorisierung oberflächennaher Entwässerungssysteme anstelle unterirdischer Leitungen bzw. eines Anschlusses an das Kanalnetz;
- eine Förderung der Verdunstungspotenziale der Grünflächen im Planungsgebiet;
- eine Versickerung bzw. Grundwasserneubildung, nachdem das Verdunstungspotenzial ausgeschöpft ist.

Das Entwässerungssystem wird entsprechend DIN EN 752 auf das 2-jährliche Regenereignis bemessen. Anlagen zur Versickerung und Retention werden entsprechend DWA-A 117 und DWA-A 138 auf das 5-jährliche Regenereignis bemessen. Die schadlose Überflutung wird für ein 30-jährliches Regenereignis in der weiteren Planung berücksichtigt und nachgewiesen. Die Grundvariante umfasst hauptsächlich verschiedene Bausteine der oberflächennahen Regenwasserbewirtschaftung, die eine hohe Verdunstung mit entsprechenden Kühlungseffekten im Quartier sowie eine Grundwasserneubildung (Versickerung) im Gebiet sicherstellen können. Die Grundvariante enthält gängige und bewährte Maßnahmen zum naturnahen Umgang mit Regenwasser im Quartier. Die eingesetzten Bausteine beziehen sich maßgeblich auf Entwässerungsfunktionen bzw. Regenwasserbewirtschaftung sowie Starkregenvorsorge.

Aufgrund der Verteilung zwischen öffentlichen und privaten Flächen, die einen Anteil von 13 % des Gebiets als öffentliche Freiflächen vorsieht (vgl. Tab. 1), können Niederschläge nicht nur

auf den öffentlichen Flächen bewirtschaftet werden. Die privaten Grundstücke sind für ein integriertes Regenwasserbewirtschaftungskonzept von großer Bedeutung. Auf den privaten Grundstücken sind folgende Maßgaben in den Planungen zu berücksichtigen: Mindestmaße von Anteilen nicht versiegelter Flächen auf den Grundstücken, durchgängige Begrünung von Carport-Dächern und als Mindestanforderung der Rückhalt eines 5-jährlichen Regenereignisses. Diese Mindestanforderungen müssen in weiteren Gesprächen mit den beteiligten Akteuren, d. h. insbesondere der Stadtverwaltung und den zukünftigen Eigentümer*innen abgestimmt und verbindlich vereinbart werden. Dabei sind einschränkende Rahmenbedingungen wie der geringe Grundwasserflurabstand im nördlichen Teil des Planungsgebiets, der die Umsetzung von Bausteinen zur Versickerung nicht zulässt, zusätzlich zu berücksichtigen.

Um die zuvor genannten Ziele zu erreichen, werden folgende Bausteine aus dem Katalog blau-grün-grauer Infrastrukturen (Winker et al. 2019, Forschungsverbund netWORKS 2019) in der **Grundvariante** angewendet:



Dachbegrünung (Mehrfamilienhäuser entlang der zentralen Grünfläche in Nord-Süd-Ausrichtung; die Dächer der Carports im Gebiet sind begrünt)



Multifunktionale Rückhalteräume (Mulden/Gräben, die in die Landschaft integriert sind)



Entsiegelung/Vermeidung von Versiegelung (poröse Beläge)



Verdunstung – Verdunstungsmulden



Versickerung – Mulden/Mulden-Rigolen Systeme



Naturnahe Reinigung von Niederschlagswasser (Mulden/Gräben)



Grünflächen und Grüne Freiräume (inkl. Bäume)

Auf der derzeitigen landwirtschaftlich genutzten Fläche fällt nur bei stärkeren Regenereignissen ein oberflächiger Regenwasserabfluss an. Wenn die geplante Bebauung realisiert und dementsprechend der Versiegelungsgrad des Gebiets erhöht wird, kann nicht jegliches Niederschlagswasser unmittelbar am Ort des Anfalls verdunstet oder versickert werden, sodass verschiedene oberflächennahe Ableitungs- und Retentionselemente vorgesehen werden müssen. Auf eine kanalgebundene Entwässerung wird in Abstimmung mit der Stadt Norderstedt vollständig verzichtet und ein naturnahes Regenwasserkonzept bevorzugt.

Für die privaten Flächen ist in der Grundvariante eine Dachbegrünung der Mehrfamilienhäuser (flache Dächer mit ca. $\geq 80-100 \text{ m}^2$ Dachfläche im Optimalfall) vorgesehen, die entlang der zentralen Grünfläche in Nord-Süd-Ausrichtung verortet sind. Sie sind mit extensiver Dachbegrünung ausgestattet (d. h. relativ wenig Aufbau, keine menschliche Nutzung auf dem Dach, hauptsächlich niedrigwüchsige bzw. pflegeleichte Pflanzen). Die Konzentration der Gründächer im Zentrum des Quartiers markiert einen grünen Akzent als Identitätsmerkmal. Die übrigen Dachflächen auf den Wohngebäuden im Planungsgebiet (z. B. Einfamilienhäuser im nördlichen Teil bzw. Einfamilien- und Reihenhäuser östlich und westlich der zentralen Grünfläche; Bestandsbauten) werden für die Grundvariante nicht mit einer Dachbegrünung geplant. Für alle Carports ist eine extensive Dachbegrünung vorgesehen.

Dachbegrünungen werden aber als gängige Bausteine dringend empfohlen, um die Überflutungsvorsorge zu unterstützen und das geringe Versickerungspotenzial im nördlichen Planungsgebiet zu kompensieren. Aufgrund des geringen Grundwasserflurabstands können im nördlichen Teil Bausteine zur Versickerung von Regenwasser nicht berücksichtigt werden¹⁴. Durch die dezentrale Retention des Niederschlagswassers sowohl auf den privaten als auch auf den öffentlichen Grundstücksflächen werden Geschwindigkeit und Volumen des Abflusses reduziert.

Um eine (weitere) Vernässung der Keller auf den an das Planungsgebiete angrenzenden Grundstücken zu vermeiden, müssen die privaten Freiflächen das Entwässerungskonzept für das Gesamtgebiet unterstützen. Es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, eine naturnahe Regenwasserbewirtschaftung mit einer ansprechenden Ästhetik zu realisieren. Zwei grundlegende Varianten der Entwässerung auf Privatgrundstücken werden unterschieden:

1. Ableitung des Regenwassers in eine am Grundstücksrand gelegene Mulde oder eigene Transportgräben, die wiederum an einen öffentlichen Transportgraben/eine Sickermulde angeschlossen ist.

¹⁴ Für Versickerungsanlagen wird als Grundsatz eine Mächtigkeit von mindestens 1 m Abstand ab Unterkante der Anlage zum anstehenden Grundwasser vorgesehen (vgl. DWA A-138).

2. Verdunstung und Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers auf dem Grundstück über Flächen- und Muldenverdunstung/-versickerung (z. B. über Mulden-Graben-Systeme).

Über Mulden sowie (Mulden)-Grabensysteme wird das Regenwasser gesammelt und abgeleitet. Ableitungsmulden haben eine flache Böschung und eine Tiefe von max. 30 cm. Aus Gründen der Verkehrssicherheit und aus ökologischen Belangen soll die Böschungsneigung 1:2 nicht übersteigen. Versickerungsbereiche können ebenfalls Mulden (Sickermulden) oder andere Versickerungsflächen darstellen. Transportgräben haben zumeist eine steilere Böschung und eine größere Tiefe als Ableitungsmulden.

Die Dimensionierung des Entwässerungssystems ist von den angeschlossenen zu entwässernden Flächen sowie der damit verbundenen anfallenden Wassermenge abhängig. Der Umgang mit Regenwasser ist für das Quartier unter Klimaanpassungsgesichtspunkten und Sicherheitsaspekten (z. B. Überflutungsschutz) von großer Bedeutung. Private Grundstücke sind integraler Bestandteil des integrierten Regenwasserbewirtschaftungskonzepts. Oberflächlich abfließendes Regenwasser darf die Grundstücke nicht unkontrolliert verlassen – die privaten Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer müssen die Überflutungssicherheit für ihr Grundstück gewährleisten.

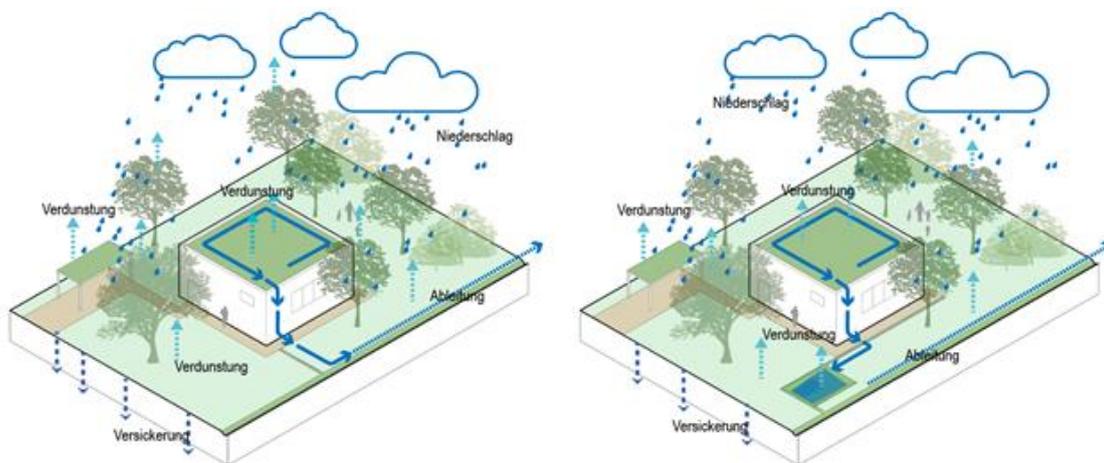


Abb. 27: Entwässerung auf Wohngebäudegrundstücken (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die Abb. 27 zeigt links eine offene Ableitung des Regenwassers in eine am Grundstücksrand gelegene Transportmulde, der an einen öffentlichen Transportgraben oder Sickermulde angeschlossen ist; rechts erfolgt die Entwässerung über eine Versickerung und Verdunstung des Regenwassers auf dem Grundstück (Flächen- und Muldenversickerung). Das gesamte Regenwasser wird auf dem Grundstück bewirtschaftet.

Im öffentlichen Straßenraum sind in Bereichen, in denen Boden versickerungsfähig ist, Versickerungsmulden entlang der Straßen für das anfallende Niederschlagswasser vorgesehen. Die

Stellplätze werden mit einem wasserdurchlässigen Belag ausgestattet. Im nördlichen Bereich des Planungsgebiets sind für den Straßenraum aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers Verdunstungsmulden statt einer Versickerung vorgesehen. Verdunstungsmulden (also ‚abgedichtete Mulden‘) müssen größer ausgelegt werden als Versickerungsanlagen, denn sie veranlassen nur eine Funktion (Verdunstung). Im Norden werden auch die privaten Grundstücke mit Verdunstungsmulden in den Freiflächen autark bewirtschaftet. Die Notentwässerung erfolgt über die angrenzenden öffentlichen Grünflächen.

In einem Gestaltungshandbuch müssen für die privaten Freiflächen (d. h. die Eigentümerinnen und Eigentümer der Häuser) Mindest- und Maximalwerte für den Versiegelungsgrad der Freiflächen angegeben werden, um das Konzept einer klimaangepassten Gebietsentwicklung zu unterstützen. Für die Verkehrsflächen inkl. der Geh- und Radwege wird vorgeschlagen, diese als teilversiegelte Flächen mit einem Versiegelungsgrad von maximal 50 % auszuführen; das wird im Folgenden bei den Berechnungen zugrunde gelegt. Pflastersteine mit hohem Porenvolumen minimieren den Versiegelungsgrad der Flächen und fördern neben der Versickerung auch die Verdunstung von Niederschlagswasser. Um umweltfreundliche Mobilitätsformen nicht zu benachteiligen muss dabei darauf geachtet werden, dass der gewählte Belag auf Geh- und Radwegen einen angemessenen Komfort und Barrierefreiheit bietet – also: glatt und mit möglichst minimalen Rollwiderstand ausfällt, ohne Rillen und Kanten. Die genauere Auslegung der Geh- und Radwege im weiteren Prozess ist von den jeweiligen Planerinnen und Planern zu berücksichtigen und nachzuweisen.

Eine nachhaltige, dezentrale Regenwasserbewirtschaftung umfasst auch die Nutzung des Regenwassers. Ein Großteil des Regenwassers auf Gründächern verdunstet. Gleichwohl fließt auch von Gründächern Regenwasser ab. Das kann für eine Regenwassernutzung gesammelt werden, etwa in „Zisternen“ auf den privaten Grundstücken. Das Regenwasser aus den Zisternen ist für die Bewässerung der direkt angrenzenden Grünflächen geeignet und erspart den Einsatz von wertvollem Trinkwasser.

Grundvariante: Summe der abflusswirksamen Fläche in den Teilräumen nördlich des Glashütter Damms:

- Bereich Nord: 0,95 ha
- Bereich Ost: 1,02 ha
- Bereich West: 1,14 ha

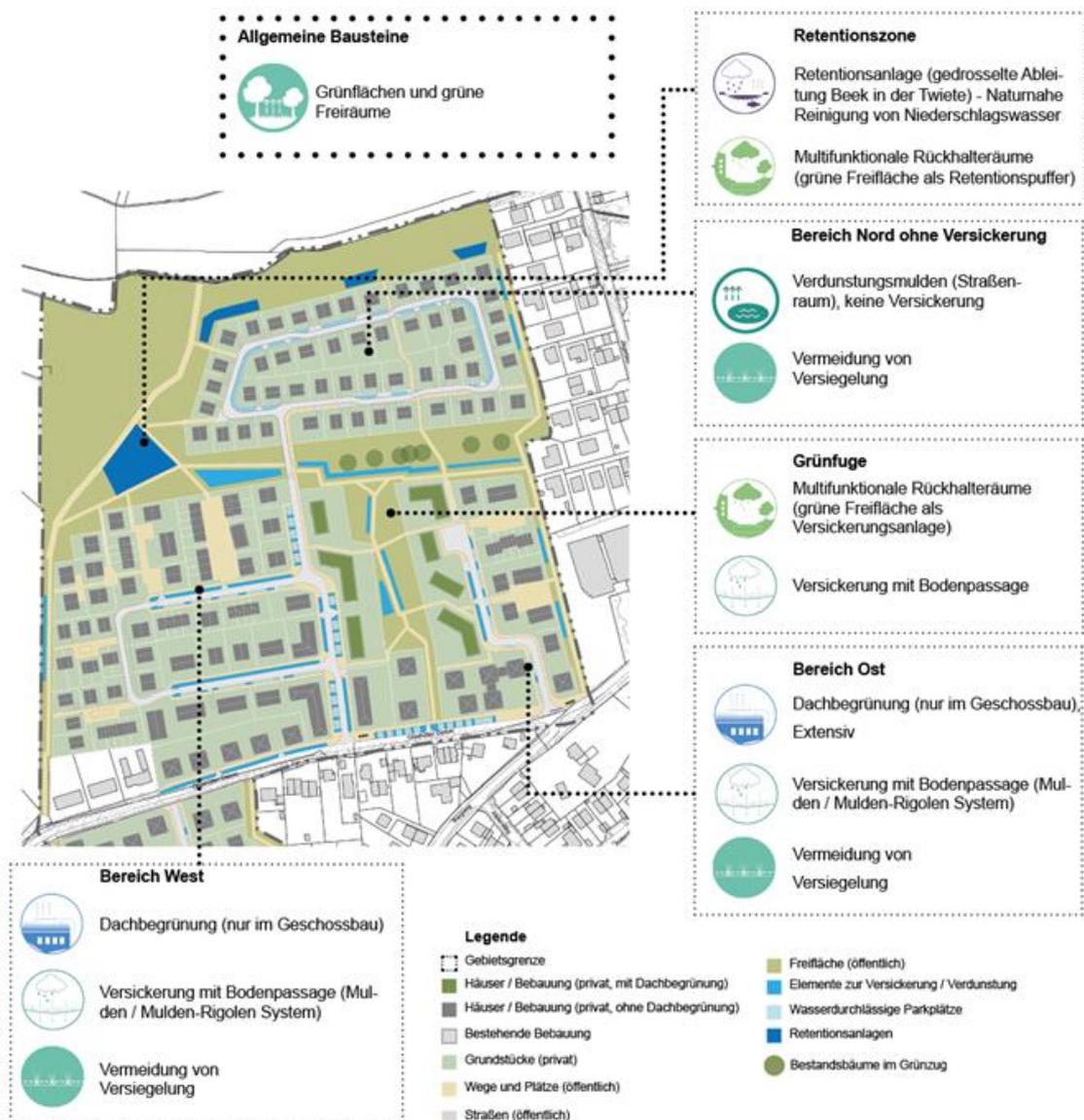


Abb. 28: Planarstellung mit Bausteinen einer dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, Grundvariante (Ramboll Studio Dreiseitl)

Empfehlungen zur weiteren Optimierung der Grundvariante:

- Die Grundvariante ist durch die Wasserinfrastruktur auf ein 2- bis 5-jährliches Bemessungsregeneignis ausgelegt. Für diese Variante lässt sich ein Überflutungsnachweis für ein 30-jährliches Regeneignis im Rahmen der weiteren Planungen erbringen. Eine über das in der Grundvariante geplante Maß hinausgehende Auslegung der begrünten Dachflächen erhöht die Regenwasserrückhaltekapazität im Gebiet und kann damit dazu beitragen, das Überflutungsrisiko auch bei größeren Extremregeneignissen zu reduzieren, was vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels angezeigt ist. Das ist in der erweiterten Grundvariante und der Vorsorgevariante vorgesehen.

- Eine Erhöhung des in der Grundvariante vorgesehenen Gründachflächenanteils unterstützt eine weitere Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt, indem Wasser auch über die Gründächer verdunstet wird. Die Niederschlagswasserabflussmenge wird damit reduziert. Mit intensiv bepflanzten Gründächern anstatt von extensiver Dachbegrünung ließe sich auch das Mikroklima im Gebiet durch Verdunstungskühle verbessern. Die Siedlung profitiert auch durch die zusätzliche Begrünung von niedrigen Dächern wie zum Beispiel Garagendächern bzw. Carports. Wegen der geringen Höhe von Garagen kann eine Dachbegrünung hier auch eine positive optische Wirkung entfalten. Das ist in der erweiterten Grundvariante und der Vorsorgevariante vorgesehen.
- Es wird empfohlen, die oberflächennahe Einleitung des Regenwassers von Straßenflächen so anzulegen, dass das Wasser in die öffentlichen Freiräume fließen und damit auf eine kanalgebundene Entwässerung verzichtet werden kann. In den Freiflächen kann es dann einer Retentionsanlage zugeführt werden, bevor es – zeitlich verzögert – mit gedrosseltem Abfluss in die Beek in der Twiete eingeleitet wird. Die Festlegung des maximalen Drosselabflusses für das Projektgebiet ergibt sich aus „Wasserrechtliche Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser Teil 1: Mengenbewirtschaftung“, Stand 06/2017 (LLUR 2017) zu 3 l/s*ha.
- Von den Dächern abfließendes Regenwasser kann zur Bewässerung genutzt werden. Dafür ist eine Zwischenspeicherung z. B. in Zisternen nötig. Das dort gesammelte Wasser eignet sich zur Bewässerung von Gründächern. Diese Erweiterung ist in Vorsorgevariante eingeplant.

Im Gebiet stellen private Freiflächen mit 39 % den Großteil der Grünflächen dar. Daher müssen die privaten Eigentümerinnen und Eigentümern zwingend in die Konzeption des Regenwasser-managements eingebunden werden, um im Rahmen der integrierten Bewirtschaftung des Regenwassers auf privaten und öffentlichen Flächen einen möglichst naturnahen Wasserhaushalt anstreben zu können und zugleich eine leistungsfähige Vorsorge gegen die Folgen von Starkregenereignissen zuverlässig zu gewährleisten.



Abb. 29: Schnitt Ost-West durch die in Nord-Süd-Richtung verlaufende zentrale Grünfläche zwischen den Mehrfamilienhäusern (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 30: Schnitt Nord-Süd durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Grünfuge („Sieben Eichen“ Teil) zwischen Mehr- und Einfamilienhäusern (Ramboll Studio Dreiseitl)

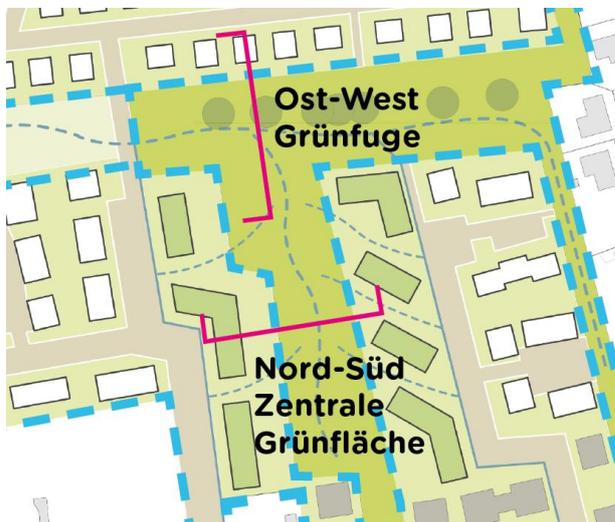


Abb. 31: Lageplanreferenz (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.5 Erweiterte Grundvariante

Die erweiterte Grundvariante wurde im gemeinsamen Sondierungsprozess als wasserwirtschaftlich motivierte Ergänzung zur Grundvariante hinzugefügt. In der erweiterten Grundvariante sind die gleichen Bausteine enthalten wie in der Grundvariante. Allerdings werden diese Bausteine zur Erhöhung der Wirksamkeit in einem größeren Umfang bzw. auf mehr Flächen des Projektgebietes angewendet. Damit soll das Potenzial der ohnehin bereits vorgesehenen Bausteine für eine Anpassung an den Klimawandel aufgezeigt werden. Der zentrale Unterschied zwischen der erweiterten Grundvariante und der Grundvariante liegt in den erhöhten Gründachanteilen im Quartier und deren Ausgestaltung in Form von extensiven und einem höheren Anteil von intensiven Gründächern.



Dachbegrünung (Mehrfamilienhäuser entlang der zentralen Grünfläche Nord-Süd-Ausrichtung und zusätzlich Einfamilienhäuser im nördlichen Teilgebiet; die Dächer der Carports im Gebiet sind begrünt)



Multifunktionale Rückhalteräume (Mulden/Gräben, die in die Landschaft integriert sind)



Entsiegelung/Vermeidung von Versiegelung (poröse Beläge)



Verdunstung – Verdunstungsmulden



Versickerung – Mulden/Mulden-Rigolen Systeme



Naturnahe Reinigung von Niederschlagswasser (Mulden/Gräben)



Grünflächen und Grüne Freiräume (inkl. Bäume)

Auch mit der erweiterten Grundvariante wird das Ziel der Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt verfolgt. Während bei der Grundvariante dieses Ziel aufgrund der eingeschränkten Anwendung der Bausteine nur teilweise erreicht werden kann, ist mit der erweiterten Grundvariante eine weitergehende Annäherung möglich. Das ist mit den gleichen Bausteinen wie in der Grundvariante möglich, wenn diese in stärkerem Umfang genutzt werden. Die erweiterte Grundvariante sieht unverändert eine Begrünung der Mehrfamilienhäuser sowie aller Nebengebäude (Carports) im Quartier vor. Der nördliche Siedlungsbereich, in dem keine Versickerung von Niederschlagswasser möglich ist, wird als „Grüne Siedlung“ mit 100 % Dachbegrünung umgesetzt. Durch den Einsatz von Dachbegrünung auf den Einfamilienhäusern im nördlichen Teil des Planungsgebiets verbleibt ein größerer Teil des Regenwassers unmittelbar am Ort des Niederschlags (in diesem Fall dem Gebäudedach), so dass sich Abflüsse reduzieren. Flächen im Freiraum, die dann noch für Verdunstung und Versickerung benötigt werden, können entweder kleiner dimensioniert werden, oder bei gleicher Dimensionierung einen größeren Vorsorge-schutz bieten. Ein Schutz gegen das 30-jährliche Regenereignis wird mit der Dachbegrünung im Einfamilienhausbereich leichter erzielt.

Die erweiterte Grundvariante kann durch die Anzahl, Auslegung und Umsetzung bzw. den Aufbau der Bausteine auch einen erhöhten Schutz gegen ein 100-jährliches Regenereignis leisten. Zum Beispiel können intensive Grün- und Retentionsdächer sehr viel größere Mengen Wasser auf dem Dach auffangen und verdunsten als extensive Gründächer mit einem niedrigeren Aufbau und Retentionspotenzial. Die Wahl von intensiven Dachbegrünungen und Retentionsdächern kann eine weitgehende Reduktion und eine starke Drosselung des Abflusses und seiner Geschwindigkeit in die angrenzenden Gewässer (Beek in der Twiete, danach Tarpenbek) sicherstellen. Durch den erweiterten flächenmäßigen Einsatz von Gründächern wird damit eine deutliche Reduzierung der Niederschlagswasserabflüsse bzw. des Abflussbeiwerts ermöglicht.

Aufgrund der im Rahmenplan vorgesehenen Gebäudetypen und Kubaturen ist die Realisierung von Gründächern in einzelnen Bereichen bzw. Teilgebieten mit mehr Aufwand verbunden (z. B. die Dachform der „Kaffeemühlen-Häuser“). Für diese Bereiche wird auch in der erweiterten Grundvariante von Dachbegrünung abgesehen. Auf das gesamte Quartier bezogen ergibt sich in der erweiterten Grundvariante ein Gründachanteil an der Gesamtdachfläche von ca. 40-50 %.

Wie bereits in der Grundvariante angemerkt, ist auch hier eine zwischen privaten und öffentlichen Flächen aufgeteilte gemeinsame Verantwortung der Wasserbewirtschaftung vorgesehen. Mit der Auslegung des Bausteins Dachbegrünung auf alle Gebäude im nördlichen Gebietsteil können die o. g. Mindestanforderungen bzw. Flächenbedarfe der Bausteine im privaten Freiraum im Vergleich mit der Grundvariante reduziert werden. Für die erweiterte Grundvariante muss, genauso wie für die Grundvariante, der Überflutungsnachweis nach DIN EN 752 bzw. DIN 1986-100 in der Planung berücksichtigt und erbracht werden.

Erweiterte Grundvariante: Summe der abflusswirksamen Fläche in den Teilräumen und Vergleich mit der Grundvariante durch den Einsatz weiterer Bausteine:

- Bereich Nord: 0,57 ha (entspricht einer Reduzierung der abflusswirksamen Fläche um ca. 40 % gegenüber der Grundvariante mit 1,14 ha)
- Bereich Ost: 0,79 ha (entspricht einer Reduzierung der abflusswirksamen Fläche um ca. 23 % gegenüber der Grundvariante mit 1,02 ha)
- Bereich West: 1,03 ha (entspricht einer Reduzierung der abflusswirksamen Fläche um ca. 11 % gegenüber der Grundvariante mit 1,14 ha)

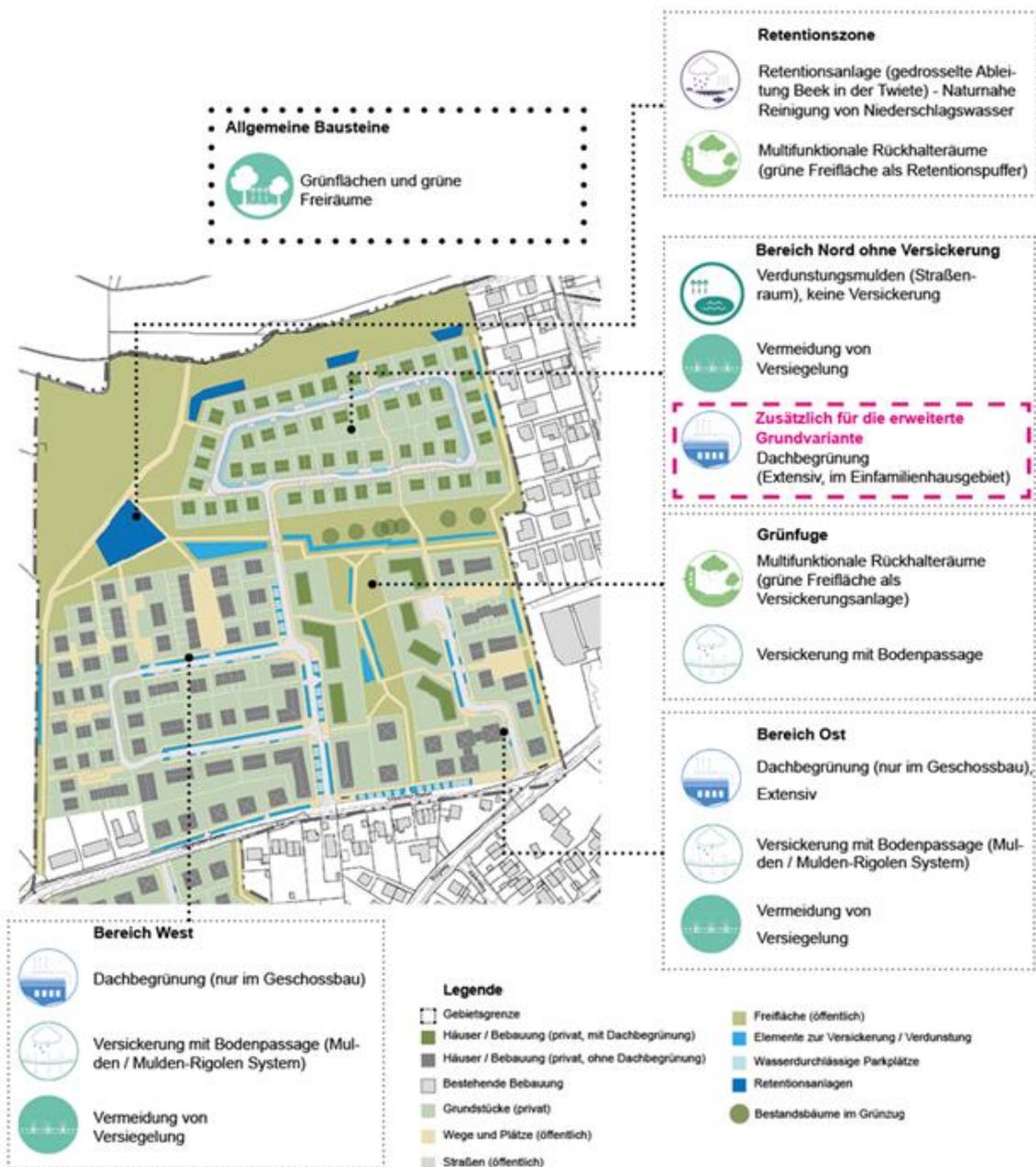


Abb. 32: Plandarstellung mit dem Baustein einer zusätzlichen Dachbegrünung auf den Einfamilienhäusern im nördlichen Teil, erweiterte Grundvariante (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die erweiterte Grundvariante ermöglicht mit einer Verringerung der abflusswirksamen Fläche gegenüber der Grundvariante eine weitergehende Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt (vgl. die Abschätzung der Wasserbilanz in Kap 5.9.1). Dazu tragen auch die Verdunstungsmaßnahmen im Planungsgebiet bei. Durch den erhöhten Anteil einer Wasserverdunstung wird gleichzeitig die benötigte Fläche zur Versickerung reduziert. Im nördlichen Bereich, wo aufgrund des geringen Grundwasserflurabstands Regenwasser kaum versickert werden kann, wird die Bewirtschaftung von Regenwasser durch den umfassenden Einsatz des Bausteins

„Dachbegrünung“ erleichtert. Gleichzeitig profitiert das Quartier von einer qualitativ hochwertigen Umgebung, einem besseren Mikroklima und der Entwicklung und Verbesserung der Biodiversität.



Abb. 33: Schnitt in Nord-Süd-Richtung durch die in Ost-West-Richtung verlaufende Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern an der Nord-Süd Grünfläche (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 34: Detailsicht aus dem Querschnitt in Nord-Süd-Richtung in der Ost-West Grünfuge (Ramboll Studio Dreiseitl)

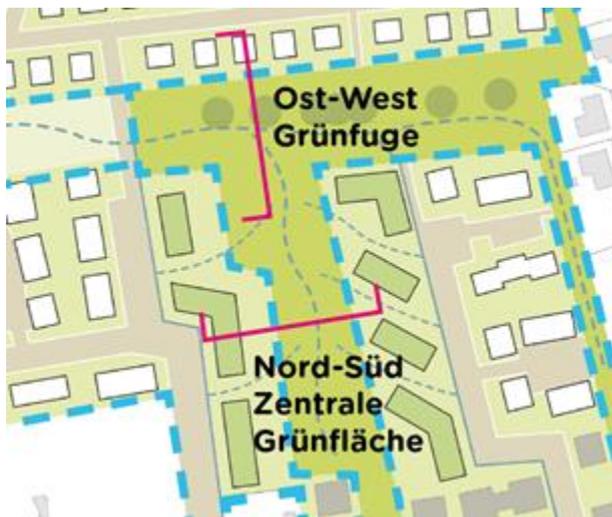


Abb. 35: Lageplanreferenz der Schnittachsen aus den Abb. 33 und Abb. 34 (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 36: Verortung der bildlichen Darstellung zur Ausgestaltung der Ost-West Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 37: Bildliche Darstellung einer möglichen Ausgestaltung der Ost-West Grünfuge zwischen der Einfamilienhaus-Bebauung und den zentralen Mehrfamilienhäusern (Ramboll Studio Dreiseitl)

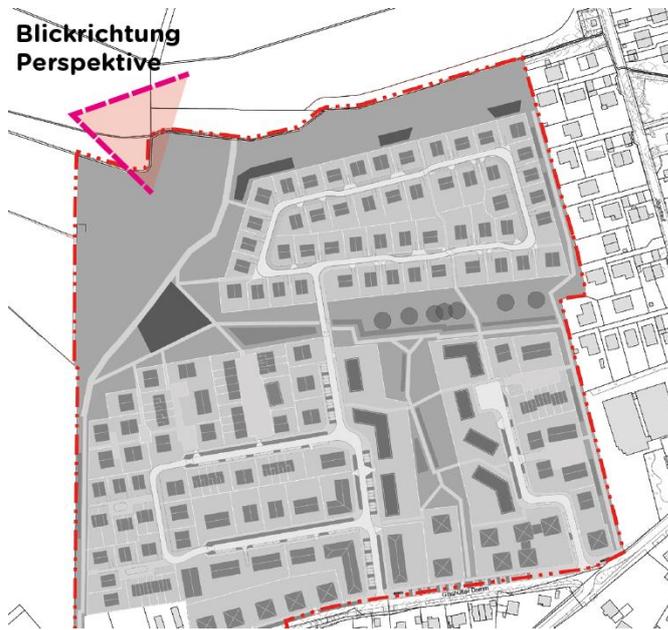


Abb. 38: Verortung der bildlichen Darstellung einer möglichen Aussicht aus dem Plangebiet in Richtung Beek in der Twiete/Tarpenbek-Niederung (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 39: Bildliche Darstellung einer möglichen Aussicht aus dem Plangebiet in Richtung Beek in der Twiete/Tarpenbek-Niederung (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.6 Vorsorgevariante

Die Vorsorgevariante¹⁵ geht über die beiden Grundvarianten hinaus, um dem Ziel einer naturnahen und zugleich ressourcenschonenden Bewirtschaftung von Wasser näher zu kommen. Zusätzlich wird damit eine bessere Vorsorge in Bezug auf die Folgen des Klimawandels und den Gesundheitsschutz erreicht. Mit der Vorsorgevariante wird damit ein weitergehender, innovativerer Ansatz den beiden anderen Grundvarianten gegenübergestellt.

Die Vorsorgevariante zielt durch die Aufnahme weiterer Bausteine gekoppelter Infrastrukturen neben der Ressource Regenwasser bzw. Niederschlag zusätzlich auf das häusliche Abwasser. So werden zum Beispiel in der Vorsorgevariante Themen wie die technische oder naturnahe Behandlung von Grauwasser (z. B. Abwasser aus Duschen und Waschbecken) und die Nutzung von Betriebswasser (z. B. zur Bewässerung und Toilettenspülung) berücksichtigt.

Da das Planungsgebiet im Wasserschutzgebiet liegt, sind hier nicht alle theoretisch verfügbaren Bausteine auch genehmigungsfähig und einsetzbar. Das gilt zum Beispiel für eine Schwarzwasserbehandlung, die hier rechtlich nicht zulässig ist. Diese Einschränkung wurde bei der Auswahl der Bausteine in dieser Variante beachtet.

Alle Bausteine, die in den beiden Grundvarianten zu finden sind, werden auch für die Vorsorgevariante verwendet.

Allerdings wird im Vergleich mit den vorherigen Varianten nun die komplette Siedlung mit Gründächern ausgestattet (d. h. weniger versiegelte Fläche, mehr Grünfläche und eine Erhöhung der potenziellen Verdunstungsrate im Gebiet). Mit dem hohen Gründachanteil wird die abflusswirksame Fläche erheblich weiter reduziert, der Schutz gegen Überflutung bei Starkregen erhöht und für die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt insbesondere das Verdunstungspotenzial vergrößert. Ausgehend von der erweiterten Grundvariante sind in der Vorsorgevariante auch verschiedene Bausteine zur Reduktion des Ressourcenverbrauches bzw. zur Steigerung der Wasserressourceneffizienz (z. B. durch die Wiederverwendung von gesammeltem Grau- oder Regenwasser) vorgesehen. Innovative Maßnahmen werden dabei berücksichtigt.

In der Vorsorgevariante wird das Grauwasser aus Duschen und Waschbecken aufbereitet, um als Betriebswasser zur Toilettenspülung und zusätzlich für eine Bewässerung eingesetzt zu werden. Dadurch lässt sich der Verbrauch von hochwertigem Trinkwasser effektiv reduzieren. Dazu ist ein zweites Leitungsnetz für Betriebswasser und die separate Erfassung von Grauwasser als Teil der Bebauung mit zu berücksichtigen.

¹⁵ Im Austausch mit den Akteuren in Norderstedt wurde die Vorsorgevariante zunächst als „Forschungsvariante“ bezeichnet, um damit den Innovationsimpuls des Forschungsverbunds netWORKS 4 für die Stadt Norderstedt herauszustellen.

In der Vorsorgevariante wird Regenwasser im Quartier gesammelt, als Betriebswasser zur Nutzung bereitgehalten und für die Bewässerung von öffentlichen Grünflächen, privaten Gärten und (je nach Art der Pflanzen) Gründächern eingesetzt. Dazu sind Regenwasserzisternen oder -sammler vorgesehen, welche neben einem dauerhaften Speichervolumen auch einen Bereich zur Zwischenspeicherung von Regenwasser enthalten können.

Neben der Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt werden in der Vorsorgevariante gegenüber einer konventionellen Planung auch die vermehrte Erlebbarkeit von Wasser und Potenziale für die Umweltbildung betont. Ein geeigneter Baustein in diesem Zusammenhang sind Wasserspielflächen. Dies sind sichtbare Elemente, die im Quartier Aufmerksamkeit erzeugen und als multifunktionale Elemente die Identitätsbildung im Quartier unterstützen können (vgl. Winker et al. 2019). Ein Wasserspielplatz fungiert als Ort der sozialen Begegnung und ermöglicht Wasser nicht nur als gestalterisches Element zu erleben. Wasser, das keine Trinkwasserqualität aufweist, soll nur bodengebunden eingesetzt werden

Soll Betriebswasser für Spielplätze genutzt werden, muss es bestimmten hygienischen Anforderungen genügen. Hierfür existiert jedoch kein allgemeiner Standard. Wie die Gestaltung konkret aussehen sollte, ist zwischen den zentralen Akteuren vor Ort (insb. Gesundheitsamt) abzustimmen. Die Erfahrungen von Ramboll Studio Dreiseitl in den bisher geplanten Anlagen (z. B. in Hannover/Münden, Neu-Ulm, Herford, Koblenz, Gymnicher Mühle, Schwäbisch Gmünd, Offenbach, Haltern am See) zeigen hierzu ziemlich einheitliche Meinungen der beteiligten Gesundheitsämter: Anlagen, in denen Wasser verspritzt wird und ein Vollkörperkontakt möglich ist, müssen Trinkwasserqualität oder entsprechend der Badewasser-DIN chemikalisch behandeltes Wasser bereitstellen, das absolut keimfrei ist. Unproblematisch ist Wasser auf Spielplätzen, wenn es nur ebenerdig fließt und damit unter normalen Bedingungen ausgeschlossen ist, dass Kinder das Wasser trinken.

Mit Blick auf das Ziel der Überflutungsvorsorge kann die Regenwasserspeicherung und -nutzung die oberflächennahen Regenwasserbewirtschaftungsflächen auf den Grundstücken entlasten. Wichtig ist allerdings, dass entweder der Anschluss eines Zisternenüberlaufes an ein oberflächiges Entwässerungselement gegeben ist oder eine unterirdische Versickerung aus dem Überlauf der Zisterne zulässig, genehmigungsfähig und möglich ist. Die abfließende Regenwassermenge hängt von der Auslegung oder Art der Dachbegrünung ab: Auf extensiv begrünten Dächern verdunstet weniger Regenwasser als auf intensiv bepflanzten Dächern, es kann also mehr Wasser für weitere Nutzungen zur Verfügung stehen.

Je nach Herkunft des Regenwassers (z. B. Dach- oder Straßenabfluss) und seiner späteren Nutzung als Betriebswasser (z. B. zur Bewässerung, Toilettenspülung oder in der Waschmaschine) kann eine vorherige Aufbereitung sinnvoll bzw. erforderlich sein, um Schweb- und Schadstoffe abzusondern. Die Nutzung von Betriebswasser zur Toilettenspülung erfordert eine vorherige Behandlung (Filterung) des Regenwassers, um Geruchsbelästigungen und organische Ablagerungen zu vermeiden. Hier können einfache Verfahren der Filterung ausreichend

sein, wenn es sich um Regenwasser von Dächern handelt, das zur Toilettenspülung verwendet werden soll. Regenwasser von Straßen kann über eine belebte Bodenzone behandelt und versickert werden. Die Aufbereitung muss den örtlichen Regeln, Gesetzen und Anforderungen entsprechen¹⁶.

Regenwasser kann für vielfältige Bausteine genutzt werden. Wand- bzw. Fassadenbegrünung sind ein wirksames Mittel um durch Verdunstungskühle das Mikroklima innerhalb des Quartiers zu beeinflussen. Fassadenbegrünung als sichtbares vertikales Element kann als optionaler Baustein für besondere Gebäude verwendet werden und sichtbare bauliche Elemente einbringen. Zugleich haben sie positive Effekte auf das Klima im Gebäude und reduzieren den Energiebedarf (vgl. Pfoser et al. 2013). Fassadenbegrünung kann auch mit Nutzpflanzen ausgelegt werden, wenn beispielsweise eine bodengebundene Begrünung mit Spalierobst eingesetzt wird. Für eine nachhaltige Art der Bewässerung ist darauf zu achten, dass das Wasser aus dem Quartier heraus bereitgestellt wird.

In der Vorsorgevariante wird für das gesamte Quartier als Mindestausstattung eine extensive Dachbegrünung vorgesehen. Darüber hinaus soll möglichst weiträumig eine intensive Dachbegrünung vorgesehen werden. Das wäre vorzugsweise auf Mehrfamilienhäusern denkbar, um den Bewohnerinnen und Bewohnern separate, semiprivate Aufenthaltsflächen bieten zu können. Auf intensiven Gründächern können z. B. Hochbeete angelegt werden, die in Form von Mietergärten im Mehrfamilienhaus genutzt werden können.

Für alle Carport-Dächer ist eine Intensivbegrünung anstatt nur einer extensiven Dachbegrünung machbar. Flachdächer eignen sich besonders gut für intensive Dachbegrünungen. Aber auch Spitzdächer mit einer Dachneigung bis zu 35° lassen sich intensiv begrünen und im Gebiet gut wahrnehmen (vgl. Pfoser et al. 2013).

Vorsorgevariante: Summe der abflusswirksamen Fläche in den Teilräumen:

- Bereich Nord: 0,57 ha (keine weitere Reduzierung der Fläche gegenüber der erweiterten Grundvariante, da die Gründachflächen nicht mehr erweitert werden können)
- Bereich Ost: 0,60 ha (weitere Reduzierung von ca. 15 % des Flächenbedarfs gegenüber der erweiterten Grundvariante aufgrund des erweiterten Gründachanteils)
- Bereich West: 0,90 ha (weitere Reduzierung von ca. 13 % des Flächenbedarfs gegenüber der erweiterten Grundvariante durch den erweiterten Gründachanteil)

¹⁶ Wichtige Regelwerke sind DWA-Arbeitsblatt A 138 Allgemeine Richtlinien für „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ und DWA-Merkblatt M 153 „Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“.

Neben der erweiterten Dimensionierung und einer anspruchsvolleren Ausgestaltung von Bausteinen, welche in den beiden Grundvarianten enthalten sind, werden in der Vorsorgevariante weitere Bausteine eingeführt, die in den vorhergehenden Betrachtungen noch keine Berücksichtigung gefunden haben.

In allen drei untersuchten Varianten kommen folgende Bausteine zum Einsatz:

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | (mehr) Grünflächen und grüne Freiräume |  | Vermeidung von Versiegelung |
|  | Verdunstung (Mulden, Grünflächen) |  | Multifunktionale Rückhalteräume |
|  | Versickerung mit Bodenpassage |  | Dachbegrünung (Geschossbau / Mehrfamilienhäuser + Einfamilienhäuser) |
|  | Naturnahe Reinigungsverfahren (Niederschlagswasser) | | |

Die in der Vorsorgevariante neu hinzugekommenen Bausteine sind:

- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Versickerung unterirdisch oder ohne Bodenpassage (Rigolen, Zisterne) |  | Bewässerung (Betriebswassernutzung - Dächer, grüne Freifläche, Gärten) |
|  | Fassaden- / Wandbegrünung |  | Toilettenspülung (Betriebswassernutzung - Regen- / Grauwasser) |
|  | Wasserspiel |  | Urban Gardening (Dächer, zur Umweltbildung) |
|  | Naturnahe Behandlung von Grauwasser (Betriebswasser aus aufbereitetem Grauwasser) | | |

Zusätzlich wäre bei den folgenden Bausteinen noch einmal zu prüfen, ob sie nicht ebenfalls zum Einsatz kommen können. Insbesondere die Energierückgewinnung aus Abwasser für Gebäudewärme und Warmwasser sowie Wasserflächen bieten interessante Vorteile.

-  Energierückgewinnung (Gebäudewärme)
-  Wasserfläche

Bei den Mehrfamilienhäusern könnte eine kombinierte semizentrale Grauwasserbehandlungsanlage mit Wärmerückgewinnung für das Gebäudeensemble die Ressourceneffizienz mit Blick auf Energie (Gebäudewärme) und Wasserbedarf steigern (vgl. Winker/Trapp 2017, Nolde 2013). Derzeit mag die Frage einer effizienten Wassernutzung mit Blick auf die Ressourcen-

verfügbarkeit in Norderstedt für viele Akteure noch nicht von Bedeutung sein. Doch das wandelt sich langsam. In Folge des Klimawandels verändern sich bereits die Niederschläge – sowohl in Richtung auf eine Zunahme von stärkeren Regenfällen als auch in Richtung auf länger anhaltende Trockenperioden. Beides war in den vergangenen Jahren bereits zu beobachten. Im Sinne des Vorsorgeprinzips sind mögliche Nutzungskonkurrenzen etwa zwischen Trinkwasserversorgung, landwirtschaftlicher Bewässerung und Naturschutz frühzeitig zu berücksichtigen und mit geeigneten Maßnahmen zu begegnen.

Künstliche Wasserflächen bieten nicht nur (zusätzliches) Retentionsvolumen, sondern erhöhen die Wasserverdunstung und bieten – bei entsprechender Gestaltung – einen ästhetischen Mehrwert und zusätzliche Aufenthaltsqualität im Quartier (siehe Abb. 40). In Stuttgart wurde für den Mailänder Platz ein Überflutungsnachweis für ein 30-jährliches Regenereignis erstellt. Zentraler Baustein für das Wasserkonzept ist ein Wasserspielplatz bzw. eine künstliche Wasserfläche. Der Baustein ist multifunktionell angelegt. Regenwasser fließt in Richtung des Wasserbeckens im Tiefpunkt der Anlage und wird dort gesammelt. Durch die Vertiefung kann ein 30-jährliches Regenereignis bewältigt und die Überflutungssorge im Quartiers gestärkt werden. Wenn es nicht regnet, funktioniert die Anlage als Spielplatz und Gestaltungselement des Freiraums. Damit wird Wasser in der Stadt erlebbar. Dieses Beispiel soll zeigen, dass eine Integration von Infrastruktur- und Freiraumelementen in der städtebaulichen Planung möglich und durchaus bereichernd ist.



Abb. 40: Stuttgart Mailänder Platz Beispielprojekt (Ramboll Studio Dreiseitl)

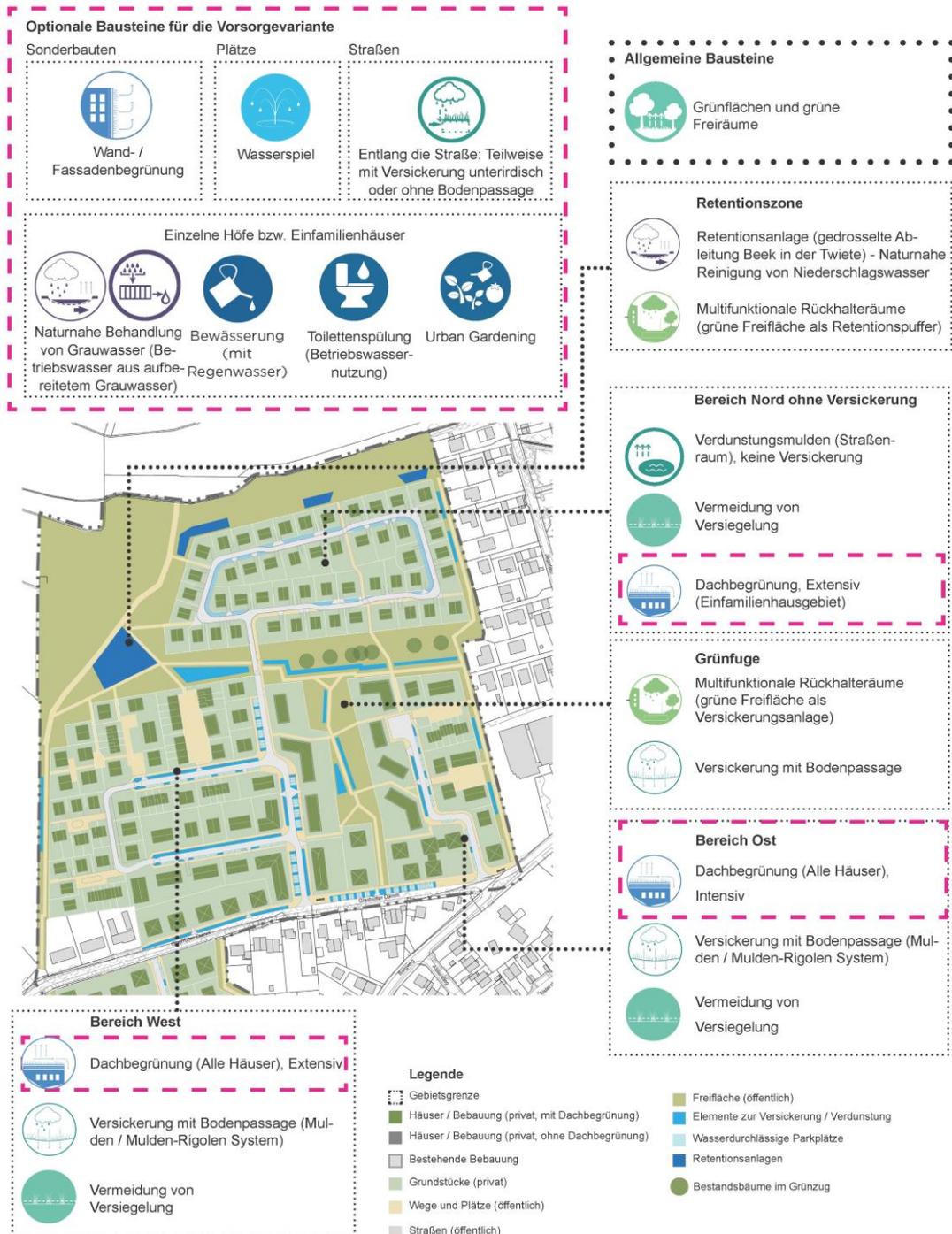


Abb. 41: Vorsorgevariante (Ramboll Studio Dreiseitl)

Aufgrund der Lage des Planungsgebiets „Sieben Eichen“ im Wasserschutzgebiet (Zone III) sind Anlagen zur Aufbereitung von Grauwasser im Quartier so zu gestalten, dass Gefährdungen des Grundwassers ausgeschlossen sind. Diese Zielsetzungen erfüllen technischen Anlagen innerhalb von Gebäuden, mit denen das Grauwasser aufbereitet wird. Um entsprechende Volumina

zu erhalten und damit die (Kosten)Effizienz der Anlage zu optimieren, wird das Grauwasser mehrerer Gebäude eines Teilgebiets in einer (semi-zentralen) Anlage behandelt. Diese Anlage kann zudem mit einem Wärmetauscher zur Wärmerückgewinnung aus dem Grauwasser kombiniert werden. Dabei ist auf eine regelmäßige Kontrolle bzw. Wartung des Systems zu achten, um die Funktionsfähigkeit und Sicherheit der Anlage dauerhaft zu erhalten. Das behandelte Grauwasser kann als Betriebswasser zur Toilettenspülung und zur Bewässerung von privaten Gärten und Gründächern verwendet werden.

Auch eine naturnahe Aufbereitung von Grauwasser ist im Gebiet möglich. Aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet (Zone III) muss die Anlage nach Aussage der Unteren Wasserbehörde Kreis Segeberg dafür so ausgelegt sein, dass sie nach unten geschlossen ist und kein Wasser versickern kann. Die Nutzungsmöglichkeiten des behandelten Wassers entsprechen denen des Betriebswassers aus der technischen Aufbereitungsanlage.



Abb. 42: Darstellung der Sammlung und Nutzung von Betriebswasser, Schnitt durch einen typischen Wohnhof (Ramboll Studio Dreiseitl)

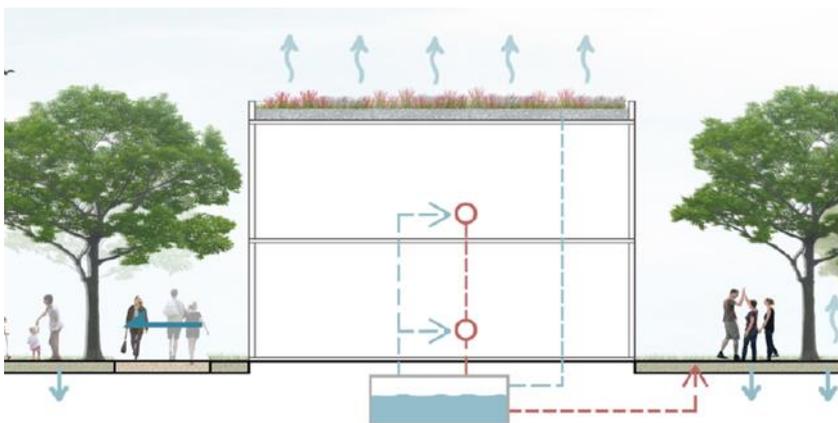


Abb. 43: Detaillierte Darstellung der Sammlung und Nutzung von Betriebswasser im Gebäude (Ramboll Studio Dreiseitl)

In der Vorsorgevariante (siehe Abb. 41) wird die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt am weitesten vorangetrieben. Die hohe abflusdämpfende Wirkung der Bausteinkombination begünstigt die Entlastung des hydraulischen Stresses in den angrenzenden Oberflächengewässern. Die weitgehende Annäherung an das Ziel einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung

tung, die mit einer Kopplung von Infrastrukturen gut erreicht werden kann, reduziert auch Aufwand und Kosten für unterirdische und technische Lösungen.

Auf der Grundlage der Vorsorgevariante kann im Prinzip ein 100-jährliches Regenereignis zurückgehalten bzw. können alle Grundstücke gegen Überflutungen bei diesem Ereignis geschützt werden. Dies wird durch eine entsprechende Anzahl, die Auslegung und Umsetzung bzw. den Aufbau der einzelnen Bausteine zusammen mit zusätzlichen baulichen Maßnahmen entlang der Straßen und für die Gebäudeebene erreicht. Für einen vollständigen Rückhalt eines 100-jährlichen Regenereignisses im Planungsgebiet ist weiterhin zu prüfen, ob eine größere Geländemodifizierung der Freifläche nötig ist. Die exakte Auslegung, Verortung und Gestaltung der Bausteine müssen im weiteren Prozess durch Simulationen, Modellierung und detaillierte Planungen näher geprüft und in ihrer Wirksamkeit nachgewiesen werden.

Zentrale Maßnahme ist die Dachbegrünung auf allen neu gebauten Gebäuden. Durch die flächendeckende Auslegung des Bausteins Dachbegrünung im Gebiet sind die Mindestanforderungen an den Flächenbedarf im privaten Freiraum bei der Vorsorgevariante am kleinsten. Gleichwohl ist ein möglichst weitgehender Verzicht auf Versiegelung auf den privaten Grundstücken anzustreben. Damit kann die Dimensionierung der Retentionsflächen im öffentlichen Freiraum bei der Vorsorgevariante zum Schutz gegen ein 100-jährliches Regenereignis wesentlich reduziert werden.

Mit den in der Vorsorgevariante gewählten Bausteinen und ihren Kopplungen ließe sich das Quartier auch unter Ressourcengesichtspunkten zukunftsorientiert gestalten, als „Leuchtturmprojekt“ etablieren und die Identität des Quartiers weiterentwickeln.

5.7 Maßnahmen an/auf (öffentlichen) Straßen- und Verkehrsflächen

Neben den privaten Grundstücken mit den Gebäuden bilden die Straßen- und Verkehrsflächen die zweite Flächenkategorie, die mit einer Versiegelung des Bodens verbunden ist und damit eine hohe Relevanz für den Abfluss von Regenwasser im Gebiet hat. Als öffentliche Verkehrsflächen gelten die Fahrbahnen der Haupt-, Wohn- und Nebenerschließungsstraßen, öffentliche Stellplatzflächen für PKW sowie Fuß- und Radwege. Alle Verkehrsflächen (Straßen, Wege) im Gebiet sind öffentlich. Weil bei der Erstellung dieser Machbarkeitsstudie die Festsetzungen für die privaten Grundstücke noch nicht definiert sind, können keine Versiegelungsgrade für die privaten Freiräume berechnet werden. Daher werden die Bausteine, die an bzw. auf Straßen- und Verkehrsflächen in den drei zuvor skizzierten Varianten zum Einsatz kommen, hier noch einmal gesondert dargestellt und vorläufig dimensioniert.

Die folgenden Aussagen gelten gleichermaßen für alle drei Varianten:

- In Abstimmung mit der Stadt Norderstedt wird die Straßenentwässerung folgendermaßen bemessen: Das Entwässerungssystem wird entsprechend DIN EN 752 auf das 2-jährliche Regenereignis bemessen. Anlagen zur Versickerung und Retention werden entsprechend

DWA A-117 und DWA-A 138 auf das 5-jährliche Regenereignis bemessen. Die schadlose Überflutung wird entsprechend DIN 1986-100 und DIN EN 752 für ein 30-jährliches Regenereignis in der weiteren Planung berücksichtigt und nachgewiesen. Diese Regenereignisse werden damit gefahrlos im normalen Funktionsbereich der Anlagen bewältigt.

- Im öffentlichen Straßenraum sind es im Wesentlichen offene Verdunstungsbeete und Versickerungsmulden, in die das Regenwasser von den Straßenflächen abfließt, um darin zurückgehalten zu werden bzw. verdunsten zu können. Erst nach dem Ausschöpfen der Verdunstungspotenziale wird die Grundwasserneubildung (Versickerung) angestrebt.
- Für die privaten Flächen (hier: Stellplatzflächen und Zufahrten/-wegungen) ist der Versiegelungsgrad so gering wie möglich zu halten.
- Im Sinne des Kaskadenprinzips wird bei Erreichen des maximalen Wasserstands (d. h. Überschusswasser, das über die angesetzte Einstautiefe eines Bausteins, z. B. eine Mulde, zum nächsten Baustein fließt) in der Drainage der Niederschlagsabfluss in semi-zentrale Retentionsmulden im nördlichen Teil des Gebiets abgeleitet. Hier wird das Wasser in allen drei Varianten zurückgehalten und sein Abfluss weiter gedrosselt, bis es in einem verträglichen Ausmaß in den Vorfluter abgegeben werden kann.
- Die Grünfläche insb. im nördlichen Teil des Planungsgebiets übernimmt im Sinne einer gekoppelten Infrastruktur auch die Aufgabe, Wasser zurückzuhalten. Die zugehörigen Rahmenbedingungen und Zielgrößen sind je nach Variante im Einzelfall zu berechnen.

Für die Vorplanungsphase werden von netWORKS 4 Materialien bzw. Bauarten der Befestigung für den Einsatz in den Straßen- und Verkehrsflächen angenommen und definiert (z. B. Asphalt oder Rasengittersteine). Aufgrund ihres unterschiedlichen Abflussverhaltens sind diese Annahmen in der weiteren Planung zu berücksichtigen oder bei Änderungen ggf. mit ihren Auswirkungen auf die Regenwasserbewirtschaftung anzupassen (siehe die weitere Beschreibung unten). Unter Beachtung der Verkehrsflächen des Planungsgebiets ergeben sich folgende Abflusskoeffizienten¹⁷ (sogenannte Abflussbeiwerte) für die verschiedenen Straßen- und Verkehrsflächen sowie Wege im Gebiet:

- Fahrbereich der Verkehrsflächen: Angenommen wird die Fläche als Asphalt oder Beton mit einem Abflusskoeffizient von 1,0 (stark versiegelt, sehr hoher Abfluss, reduzierte Verduns-

¹⁷ Der Abflusskoeffizient ergibt sich aus dem Verhältnis von erfolgtem Niederschlag im Vergleich zum gemessenen Abfluss über einen längeren Zeitraum. In ihm sind also auch die Teile des Niederschlags enthalten, die vorerst im Gebiet gespeichert werden, jedoch erst später zum Abfluss gelangen. Die Zahlen erreichen Werte zwischen 0 und 1; je näher der Wert zu 1 tendiert desto stärker ist die maßgebliche Fläche versiegelt. Die Angaben beziehen sich auf DIN-1986 100. Richtlinien zur Dimensionierung der Grundstücksentwässerung bieten DIN EN 12056, DIN-1986 100 und DWA- A 118. Der Abflusskoeffizient gilt für alle Flächenarten.

tung, keine Versickerung) als Spitzenabflussbeiwert; wird mit 0,9 beim mittleren Abflussbeiwert berechnet;

- Stellplatzflächen: Angenommen wird für diese Flächen ein wasserdurchlässiger Belag mit einem Abflusskoeffizient von 0,4 (Rasengittersteine o. ä.) (wenig versiegelt, geringer Abfluss und hoher Anteil an Verdunstung und Versickerung) als Spitzenabflussbeiwert; wird mit 0,2 beim mittleren Abflussbeiwert berechnet;
- Fuß- und Radwege: Angenommen wird für diese Flächen ein teilweise wasserdurchlässiger Belag mit einem Abflusskoeffizient von 0,7 (mindestens gering durchlässige Beläge wie ein sickerfähiges Pflaster) als Spitzenabflussbeiwert; wird mit 0,6 beim mittleren Abflussbeiwert berechnet; wenn hier mit einer wassergebundenen Decke gearbeitet werden sollte, steigt der Spitzenabflussbeiwert wieder auf 0,9; wird dann mit 0,7 beim mittleren Abflussbeiwert berechnet;

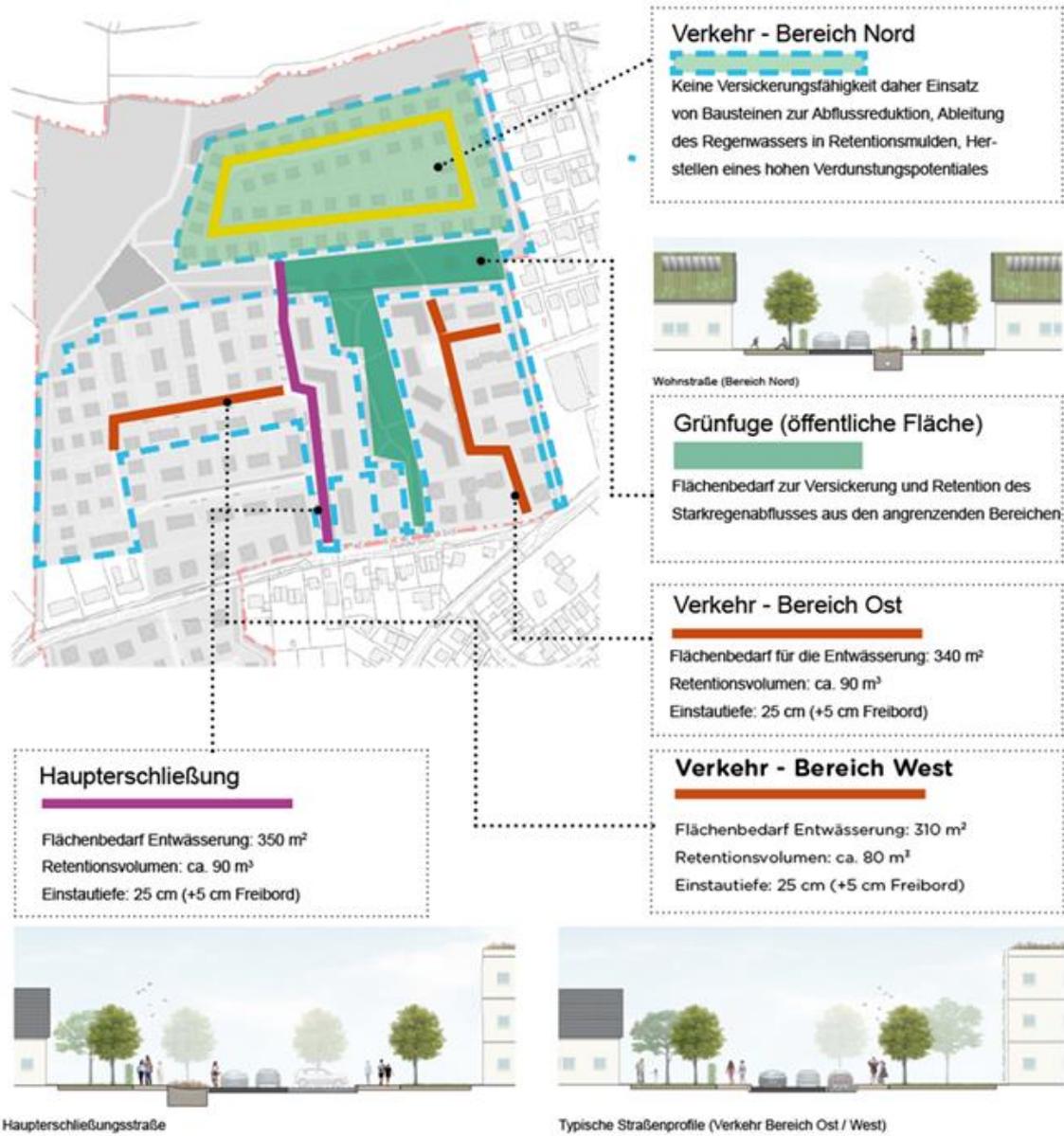


Abb. 44: Wasserkonzept für die Verkehrsflächen (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.7.1 Entwässerung der Haupteerschließung

Rahmenbedingungen für die Entwässerung der Haupteerschließungsstraße des Planungsgebiets sind folgende:

- Die Querneigung der Verkehrsflächen muss so ausgelegt sein, dass die Niederschlagsabflüsse den Versickerungsmulden/Retentionsbeeten zufließen.
- Als versickerungswirksame Flächen werden neben den Stellplatzflächen gesonderte Versickerungsmulden/Retentionsbeete angesetzt.
- Aufgrund der Straßenquerneigung hin zu den Entwässerungselementen ist damit zu rechnen, dass im Falle eines Starkregens auf dieser Seite des Verkehrsweges zuerst ein Überstau und Regenwasserabfluss außerhalb der Entwässerungselemente auftritt. Wenn Geh- und Radwege vom Straßenraum abgegrenzt ausgewiesen werden, sollten diese auf der entgegengesetzten (höherliegenden) Fahrbahnseite angeordnet werden.

Vordimensionierung der Mulden entlang der Haupteerschließung nach DWA-A 118 für ein 5-jährliches Regenereignis in Gebieten mit versickerungsfähigem Boden:

- Flächenbedarf der Mulden der Haupteerschließung: 350 m²
- Retentionsvolumen der Mulden: ca. 90 m³
- Einstautiefe der Mulden: 25 cm (+5 cm Freibord)

Der Einstau in den Mulden fördert auch die Verdunstung von Regenwasser und ermöglicht eine Annäherung an den naturnahen Wasserhaushalt im Projektgebiet. Die Mulden im Planungsgebiet müssen unter Berücksichtigung des nutzbaren Volumens und der Durchlässigkeit des Substrates intensiv bepflanzt werden. Das Regenwasserbewirtschaftungskonzept sieht eine möglichst hohe Speicherkapazität der Substratbereiche vor. Darüber hinaus anfallendes Regenwasser wird über die Drainageebene gesammelt und in die angeschlossenen Versickerungsmulde bzw. Verdunstungsmulden im Grünraum abgeleitet. Grundsätzlich ist an diesen Standorten mit Staudenmischungen für wechselfeuchte Standorte zu planen.

Exkurs: Bepflanzung in Versickerungsmulden bzw. Verdunstungsbeeten

Versickerungsmulden bzw. Verdunstungsbeete stellen hohe Anforderungen an die Bepflanzung. Diese muss sowohl mit Stau- und Überflutungsnässe als auch mit Trockenheit der Böden umgehen können. Bewährt hat sich das Mischpflanzungsprinzip (vgl. Schmidt 2018). Vorteile sind:

- kein aufwändiger Pflanzplan erforderlich
- ein Anordnen der Pflanzen auf der Pflanzfläche noch in ihren Kulturgefäßen nach einem Pflanzplan entfällt (besonders bei großen Flächen ein Vorteil)
- Anwendungssicherheit durch erprobte Artenzusammenstellungen
- Reduzierter Pflegeaufwand (weniger Kosten für die Pflege und Unterhalt; hängt von der Art der Pflanzauswahl ab)
- Ortsspezifisch ausgerichtete ansprechende Ästhetik
- Artenbestand passt sich im Laufe der Zeit weitgehend selbst an Standortbedingungen an
- hohe Dynamik und Dauerhaftigkeit

Vorschlag zur Mischpflanzung:

- Gerüststauden, 1 – 10 %, über 70 cm Höhe
- Begleitstauden, 10 – 40 %, 40-70 cm Höhe
- Bodendecker, 30 – 50 %, 5-40 cm Höhe - ggf. Füllstauden (kurzlebige Arten), ggf. Streupflanzen/Geophyten

Pflegemaßnahmen:

- Anleitung durch Fachkraft mit Artenkenntnissen
- Kurze, aber regelmäßige Pflegedurchgänge (Jäten), im ersten Jahr 5-6 mal, später 3-4 mal
- Keine Bodenlockerung durch Hacken
- Mineralische Mulchschicht, ca. 7 cm
- Einmalige Komplettmahd im Jahr, zum Beispiel bodenebener Rückschnitt Ende Januar bis Ende Februar

Die Niederschläge auf den Stellplatzflächen und den anliegenden Gehwegen können direkt über die versickerungsfähigen Beläge der Stellplatzflächen versickert werden. Am Übergang zum Gehweg wird eine Pflasterrinne bzw. ein Bordanschlag zur Ableitung von Niederschlagsabflüssen vorgesehen, die das Bemessungsereignis (2- bis 5-jährliches Regenereignis) überschreiten.

Für die weitere Planung der Haupterschließungsstraßen muss die genaue Verortung der Mulden bzw. Beete entsprechend der oben genannten Angaben von Fachplanungsbüros zugeordnet werden.

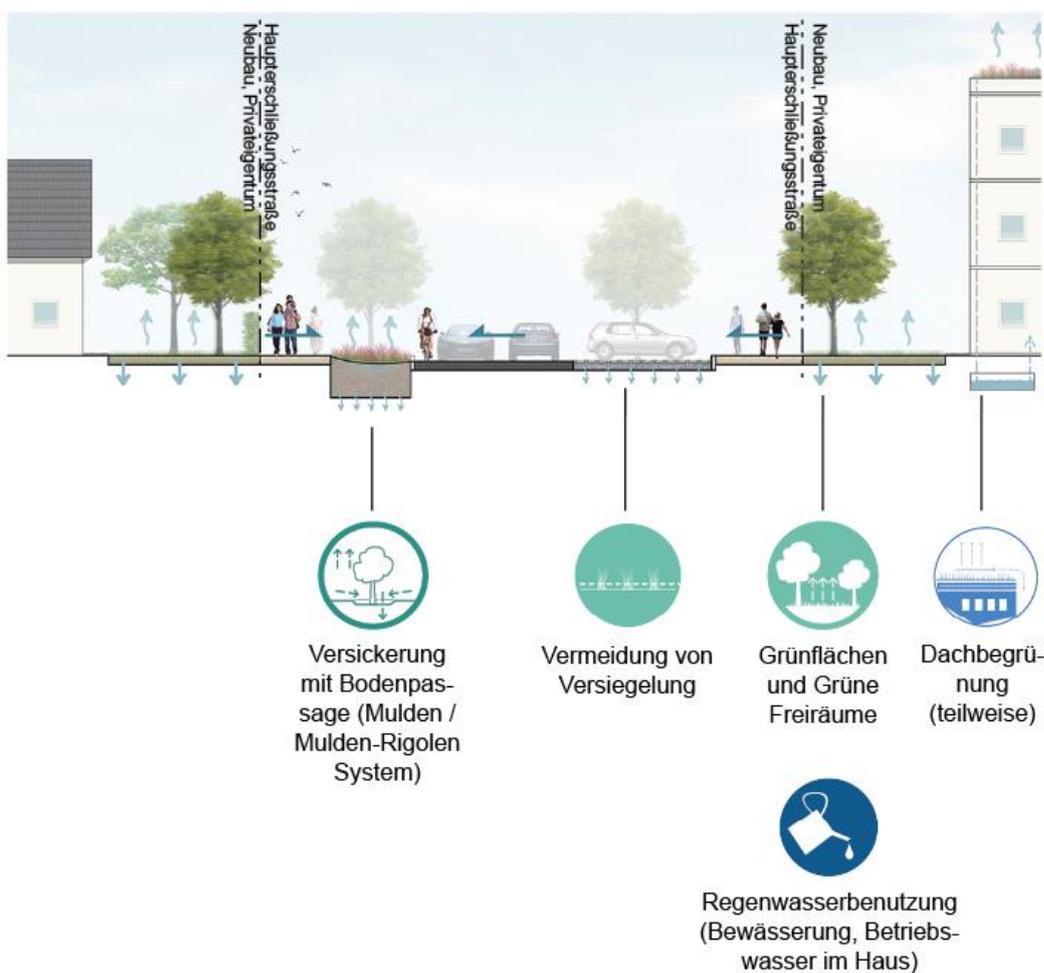


Abb. 45: Anordnung der Bausteine in der Haupterschließungsstraße (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.7.2 Entwässerung der Nebenerschließungen

In der Nebenerschließung ist eine kaskadenartige Verteilung von Mulden bzw. Tiefbeeten vorgesehen, die sowohl auf Versickerung als auch Verdunstung hin ausgelegt werden können (vgl. Anhang). Als Verbindung zu einer oberflächennahen Entwässerung werden die Stellplatzflächen genutzt. Eine geringfügige Absenkung der Stellplätze gegenüber den umliegenden Flä-

chen (Gehwege oder Grünfläche) durch einen Bordstein oder ähnliches sowie ein entsprechendes Quergefälle der Straße ermöglicht eine Ausnutzung des Versickerungspotentials der gering versiegelten Flächen.

Vordimensionierung der Mulden der Nebenerschließungsstraße West für ein 5-jährliches Regenereignis in Gebieten mit versickerungsfähigem Boden:

- Flächenbedarf der Mulden der Nebenerschließungsstraße West: 310 m²
- Retentionsvolumen: ca. 80 m³
- Einstautiefe: 25 cm (+5 cm Freibord)

Vordimensionierung der Mulden der Nebenerschließungsstraße Ost für ein 5-jährliches Regenereignis in Gebieten mit versickerungsfähigem Boden:

- Flächenbedarf der Mulden der Nebenerschließungsstraße Ost: 340 m²
- Retentionsvolumen: ca. 90 m³
- Einstautiefe: 25 cm (+5 cm Freibord)

Für die weitere Planung der Nebenerschließungsstraßen muss die genaue Verortung der Mulden bzw. Beete entsprechend der oben genannten Angaben von Fachplanungsbüros vorgenommen werden.

Für die Stellplatzflächen im Gebiet sollen wasserdurchlässigen Belägen zur Versickerung gewählt werden. Durch die Reduzierung des Abflusses von den Stellplatzflächen kann der Flächenbedarf für Versickerung und Verdunstung außerhalb der eigentlichen Verkehrsfläche verringert werden.

Für die Bepflanzung von Mulden sehen die geltenden allgemein „anerkannten Regeln der Technik“ in Deutschland Gräser vor. Für eine Bepflanzung mit Bäumen soll ein Mindestabstand zur Versickerungsanlage eingehalten werden (vgl. DWA-A 138). Dennoch sprechen folgende Punkte dafür, Bäume mit Versickerungsmulden/Retentionsbeeten zu kombinieren (Balder et al. 2018: 16):

- eine geringe Flächeninanspruchnahme
- eine gute Versorgung der Pflanzen mit Wasser in der Mulde erhöht deren Transpirationsleistung
- ein verbessertes Pflanzenwachstum in Trockenzeiten
- eine Schadstoffbindung durch die Pflanzen über die Wurzelf Passage (Beitrag zum Grundwasserschutz)

Hierbei ist auf eine Eignung der eingesetzten Baumarten entsprechend der Standortbedingungen zu achten. Bäume müssen zum Standort und dessen spezifischen Bedingungen (Kleinklima, Boden usw.) passen.

„Ziel der Verwendung von Bäumen in Muldensystemen muss sein, dass sich die Gehölze in der Pflanzphase schnell am Standort etablieren und nachfolgend ein gleichmäßiges, vitales und gesundes Baumwachstum für lange Zeit folgt, ohne dass die Funktion der Mulden beeinträchtigt wird. Dies setzt voraus, dass die Wachstumsansprüche der jeweiligen Baumart erfüllt sind und genügend Wuchsraum – ober- und unterirdisch – für die gesamte Standzeit der Bäume zur Verfügung steht“ (Balder et al. 2018: 17) (vgl. hierzu auch den Exkurs: Bepflanzung in Versickerungsmulden bzw. Verdunstungsbeeten in Kap. 5.7.1).

Starkregenereignisse gehen über den zugrunde gelegten Bemessungsniederschlag hinaus. Im Bereich der Nebenerschließung werden Starkregen über ein Kaskaden-System aus Pflasterrinnen, grünen Mulden sowie Kastenrinnen in die Versickerungs- und Retentionsbereiche (Verdunstungsmulden) im Freiraum inklusive Straßenraum eingeleitet. Reichen diese Kapazitäten nicht aus, wird das Wasser in den Überlauf für Niederschlagswasser ein- und mit gedrosseltem Abfluss über die Beek in der Twiete abgeleitet.

Die Berücksichtigung der Belastung erfolgt nach DWA M-153. Weil die Versickerung durch die belebte Bodenzone eine maximale Reinigungsleistung erreicht, ist die Bewältigung des Straßenschmutzes in der Regel unproblematisch. In der weiteren Planung mit der genauen Auslegung der Straßen- und Verkehrsfläche müssen diese Thematik nochmal aufgegriffen werden.

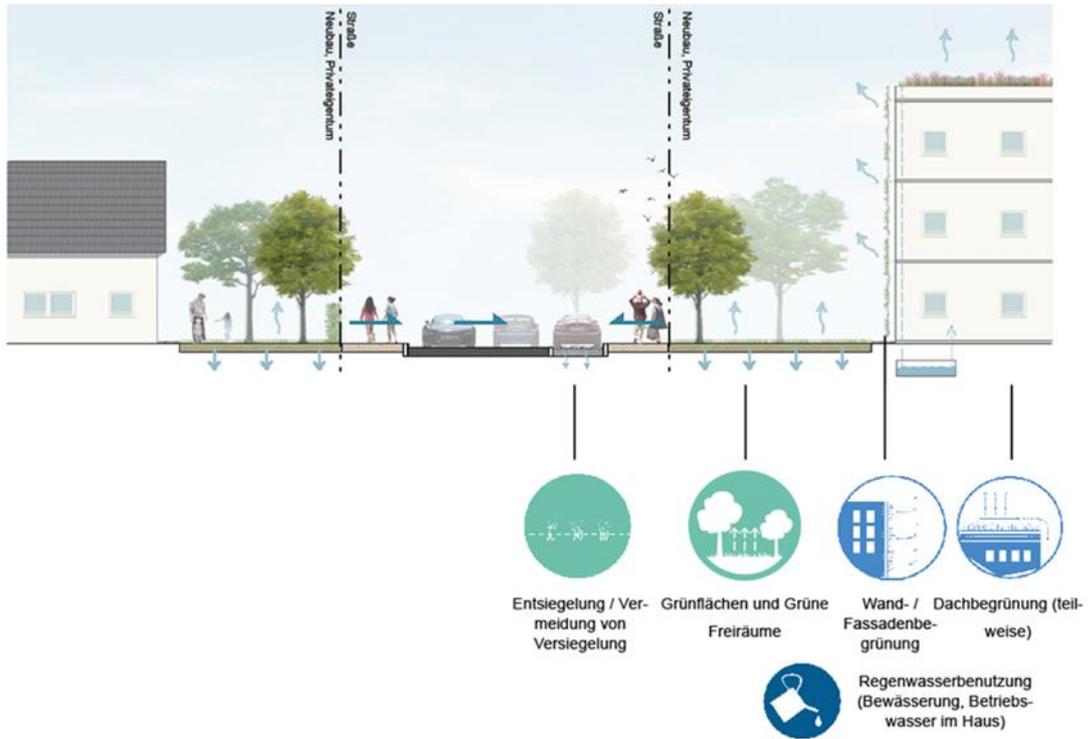


Abb. 46: Anordnungsschema der Bausteine in den östlichen bzw. westlichen Wohnstraßen (Nebenerschließungsstraßen) (Ramboll Studio Dreiseitl)

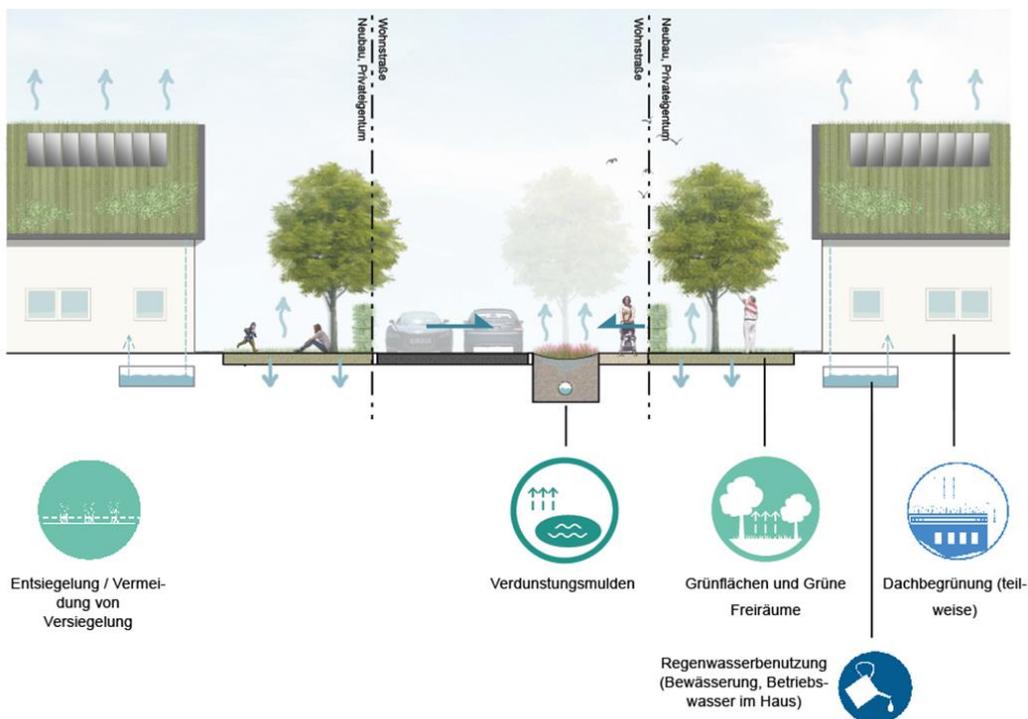


Abb. 47: Variation des Anordnungsschemas der Bausteine in den Wohnstraßen im nördlichen Teil (mit Verdunstungsmulde) (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.8 Maßnahmen in den Freiflächen

5.8.1 Oberirdisches Wasserschema

Die Maßnahmen in den Grün- und Freiflächen gliedern sich in drei planerische Teilbereiche: 1) die in Ost-West-Richtung verlaufende Grünfuge, 2) die in Nord-Süd Richtung verlaufende zentrale Grünfläche in der Mitte des Planungsgebiets und 3) der nördliche Teilbereich (Retentionszone), der an die Beek in der Twiete anschließt.

Entlang der Straßen sind Versickerungsmulden zu finden. Nur im Norden, wo aufgrund des geringen Grundwasserflurabstands kaum oder gar nicht versickert werden kann, sind Verdunstungsbeete/Verdunstungsmulden vorgesehen. Ohne eine Abdichtung der Beete ist eine Versickerung im nördlichen Bereich jedoch nicht auszuschließen. Um negative Auswirkungen auf den Grundwasserflurabstand zu vermeiden und, um damit das Risiko der Vernässung von Kellern für die umliegenden Häuser zu reduzieren, sind Maßnahmen mit dem Fokus auf die Verdunstung von Wasser zu bevorzugen.

Anhand der Fließrichtungen im Gebiet (vgl. Abb. 48) wird ersichtlich, dass das Wasser aus dem mittleren Baubereich oberirdisch in Richtung der zentralen Grünfläche (Nord-Süd) bis zur Grünfuge (Ost-West) abfließt. Dort wird es aufgefangen und oberirdisch weitergeleitet. Innerhalb der Grünfuge ist die Mulde eingebettet, die der Aufnahme und Ableitung von Starkregen aus den anliegenden Wohngrundstücken sowie den zentralen verkehrlichen Erschließungsachsen (Haupterschließung) dient.

Das Wasser in der Versickerungsmulde kann bei außergewöhnlich starken Regenereignissen überlaufen und einen gegenüber der angrenzenden Bebauung abgesenkten Bereich überschwemmen, die Retentionszone. Der Bodenaufbau der Grünfuge ist im natürlichen Zustand als versickerungsfähig eingestuft. Dieser Zustand wird auch im Ausbauzustand erhalten; bei den Baumaßnahmen ist daher darauf zu achten, dass der Boden nicht verdichtet wird.

Abflüsse aus der Grünfuge in den nordwestlich angrenzenden Grünzug (Retentionszone) werden möglichst verhindert, ansonsten minimiert. Durch die aufgezeigten Bausteine kann ein Überflutungsnachweis für ein 30-jährliches Regenereignis für das Quartier bei der weiteren Planung erstellt werden. Zu diesem Zweck ist es sinnvoll, die Grünfuge in Richtung Süden leicht zu terrassieren. Kreuzende Wegeverbindungen dienen dabei als Drosselstufen, die im trockenen Zustand kaum wahrnehmbar sind. Bei Starkregen werden die dafür eigens vorgesehenen Bereiche wenige Zentimeter hoch überstaut. So wird das Versickerungspotential der Fläche ausgeschöpft, ohne einen als solchen erkennbaren Flächenbedarf zu generieren.

Am Rand des Gebietes kann Niederschlagswasser entlang der Retentionsflächen auch oberirdisch aufgefangen, verdunstet und versickert werden, bevor es in Richtung Freiraum und Beek in der Twiete abfließt.

Die Starkregenabflüsse aus dem nördlichen Siedlungsteil sowie der Notüberlauf aus dem zentralen Grünzug werden in den nordwestlich an das Quartier anschließenden Grüngürtel hin zur Niederung der Beek in der Twiete bzw. der Tarpenbek eingeleitet. Dieser Bereich wirkt als Retentionszone. Sie dient bei Starkregen maßgeblich der Reduktion von hydraulischen Spitzen im Wassereinzugsgebiet. Die Retentionsflächen werden als grüne Mulden in die Freiraumgestaltung integriert und können als multifunktionale Flächen genutzt werden, zum Beispiel für Spiel und Sport.

Zu beachten ist, dass in der Retentionszone aufgrund des hohen Grundwasserstandes im nördlichen Bereich von 0,5 m bis 1,5 m unter Geländeoberkante (GOK) eine Versickerung kaum möglich ist. Gemäß DWA-A 138 darf in diesem Bereich Niederschlagswasser nicht gezielt versickert werden, da eine ausreichende Reinigung des Wassers in der Bodenzone vor dem Eintritt in das Grundwasser nicht gegeben ist (das Planungsgebiet ist als Grundwasserschutzgebiet, Zone III ausgewiesen). Hinzu kommen die Beobachtungen und formulierten Sorgen aus der Bürgerbeteiligung vor Ort (vgl. Stadt Norderstedt 2017c: 33), dass durch die neue Bebauung die Keller in der umliegenden Bestandsbebauung vernässen könnten, was im Zuge der Planung zu vermeiden ist.

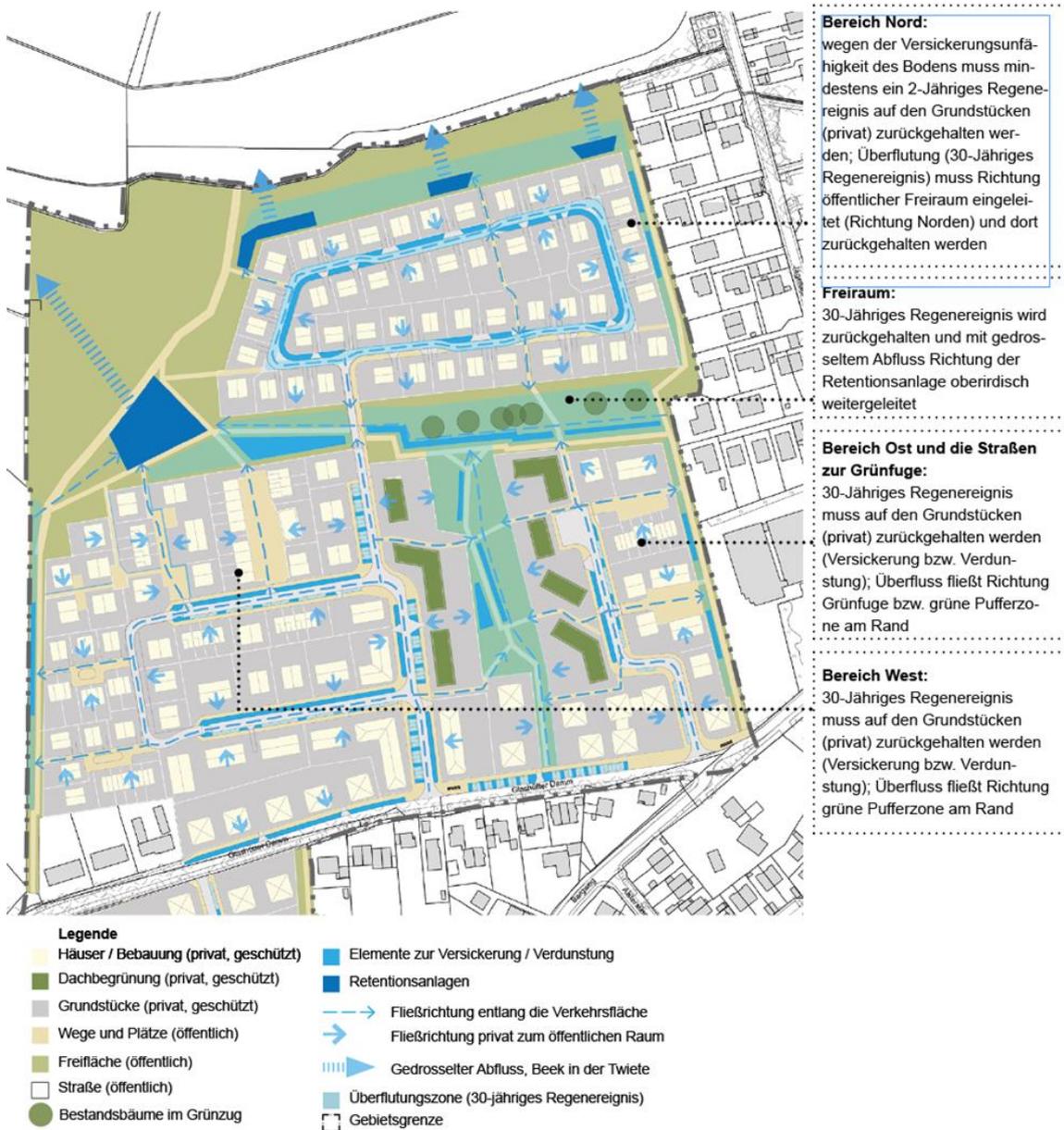


Abb. 48: Fließrichtungen und Rahmenbedingungen der Wasserbewirtschaftung im Gebiet (Ramboll Studio Dreiseitl)

Die benötigten Flächen für Versickerungs-, Verdunstungs- und Retentionsbausteine in der Grünfuge und der Retentionszone sind abhängig von der Variantenauswahl in der endgültigen Planung. Die Ausprägung der angewendeten Bausteine und die in Abhängigkeit davon anfallenden Starkregenabflüsse aus den Siedlungsgebieten in Kombination mit den hydraulischen Schutzbedürfnissen der Vorfluter bestimmen das Ergebnis.

In der Grundvariante können für den vorläufigen Flächenbedarf der Retentionsmulde zum Schutz gegen ein 30-jähriges Regenereignis zunächst 1.500 m² bei einer Einstautiefe von ca. 35 cm angenommen werden. Die Größe der Retentionsmulde kann in der erweiterten Grundvariante und der Vorsorgevariante für einen entsprechenden Schutz reduziert werden,

denn mit den dort zusätzlich vorgesehenen Rückhaltmaßnahmen an den Gebäuden (Dachbegrünung) ist deutlich weniger Volumen in der Freifläche nötig. Bei gleicher Größe erhöht sich das Schutzniveau, so dass auch noch stärkere Regenereignisse schadlos bewältigt werden können.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Größe der Anlage hat der Versiegelungsgrad des gesamten Planungsgebiets. Deshalb müssen private Grundstücke bzw. Gebäude, Verkehrsflächen und der öffentliche Freiraum integriert betrachtet und funktional aufeinander abgestimmt sein. Im Prinzip gilt: Je mehr Flächen versiegelt werden, desto höher ist der Abfluss und desto größer müssen die Anlagen zur Retention und zum Rückhalt in den Freiflächen dimensioniert werden. Wird jedoch auf den privaten Grundstücken durch eine reduzierte Neuversiegelung und den Einsatz von Gründächern das Wasser weitgehend dezentral bewirtschaftet und werden auch die Verkehrsflächen mit teilversiegelten bzw. wasserdurchlässigen Belägen geplant, verringern sich die Abflüsse in die Freiflächen. Dies reduziert den Flächenbedarf für eine Retentionsanlage und steigert die Resilienz des Gesamtsystems im Extremregenereignis.

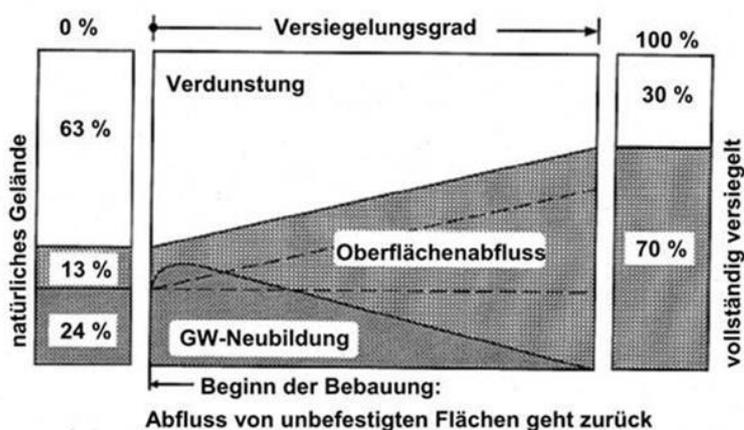


Abb. 49: Qualitative Änderung der Wasserbilanz einer Siedlung bei zunehmender Bebauung (DWA 2007: 9)

5.8.2 Strategie in den öffentlichen Freiflächen

Für die integrierte Planung des Gebiets ist eine holistische Betrachtung der Effekte der vernetzten blau-grün-grauen Bausteine notwendig. Die folgenden Grafiken führen die identifizierten Bausteine für die Anwendung in den Grün- und Freiflächen auf. Wo es passend ist, werden auch mögliche alternative Bausteine eingeführt. So könnten Verdunstungsmulden im Grünzug auch mit einer naturnahen Pflanzenkläranlage für leicht verschmutztes Abwasser aus Duschen und Handwaschbecken (sog. Grauwasser) kombiniert werden (vgl. hierzu die Vorsorgevariante Kapitel 5.6). Dadurch kann die Verdunstung sogar noch zusätzlich gesteigert werden.

In den folgenden Abbildungen werden für verschiedene „Schnitte“ durch das Quartier exemplarisch mögliche Kombinationen und Gestaltungsvarianten gekoppelter Infrastrukturen gezeigt.



Abb. 50: Plan zur Verortung der Schnitte (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 51: Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 1 (Markierung zeigt den Ausschnitt der detaillierten Darstellung in der folgenden Abbildung (Ramboll Studio Dreiseitl))

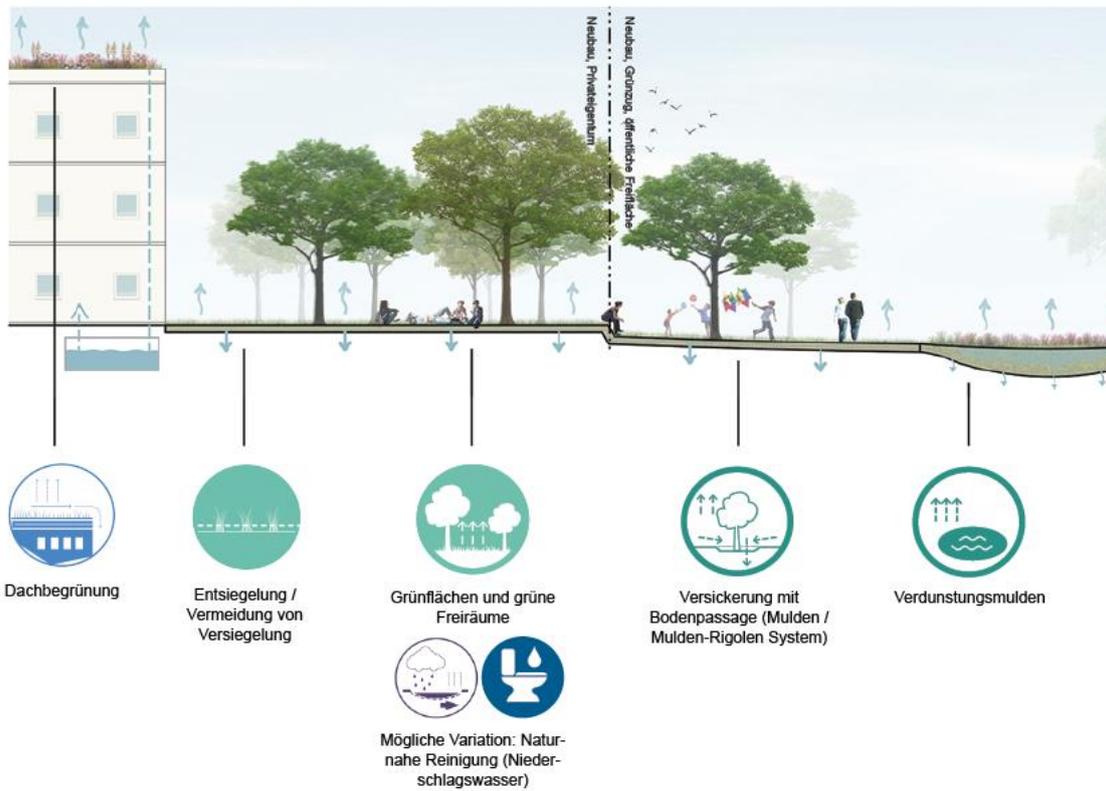


Abb. 52: Detaillierter Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 1, Strategie im Freiraum und Bausteine (blaue Pfeile zeigen die generelle Richtung des Oberflächenabflusses) (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 53: Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 2 (Markierung zeigt den Ausschnitt der detaillierten Darstellung in der folgenden Abbildung) (Ramboll Studio Dreiseitl)

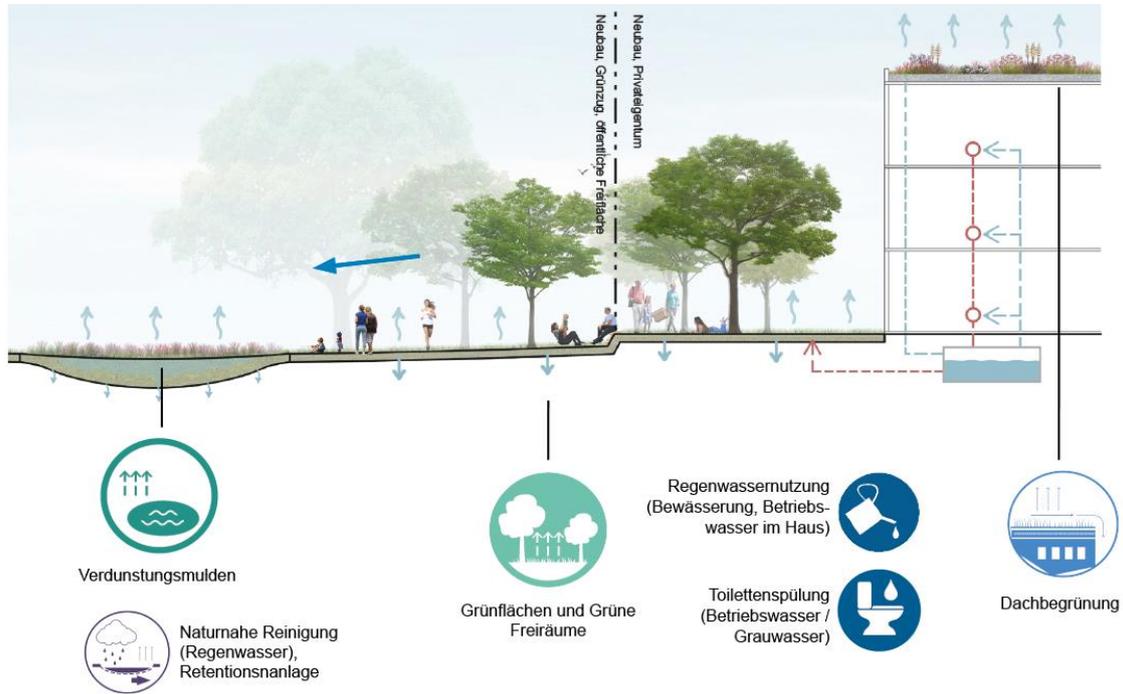


Abb. 54: Detaillierter Schnitt durch den Grünzug Ost-West, Teil 2, Strategie im Freiraum und Bausteine (blaue Pfeile zeigen die generelle Richtung des Oberflächenabflusses) (Ramboll Studio Dreiseitl)

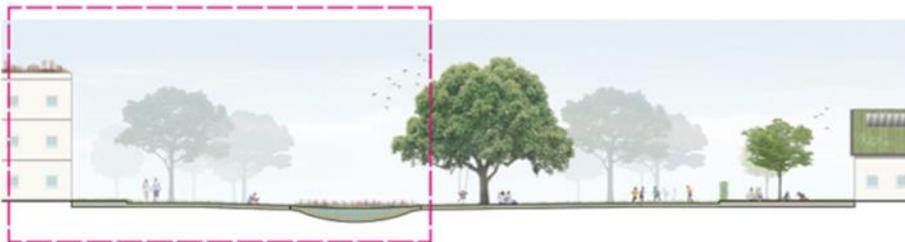


Abb. 55: Schnitt durch die Grünfläche Nord-Süd (Markierung zeigt den Ausschnitt der detaillierten Darstellung in der folgenden Abbildung) (Ramboll Studio Dreiseitl)

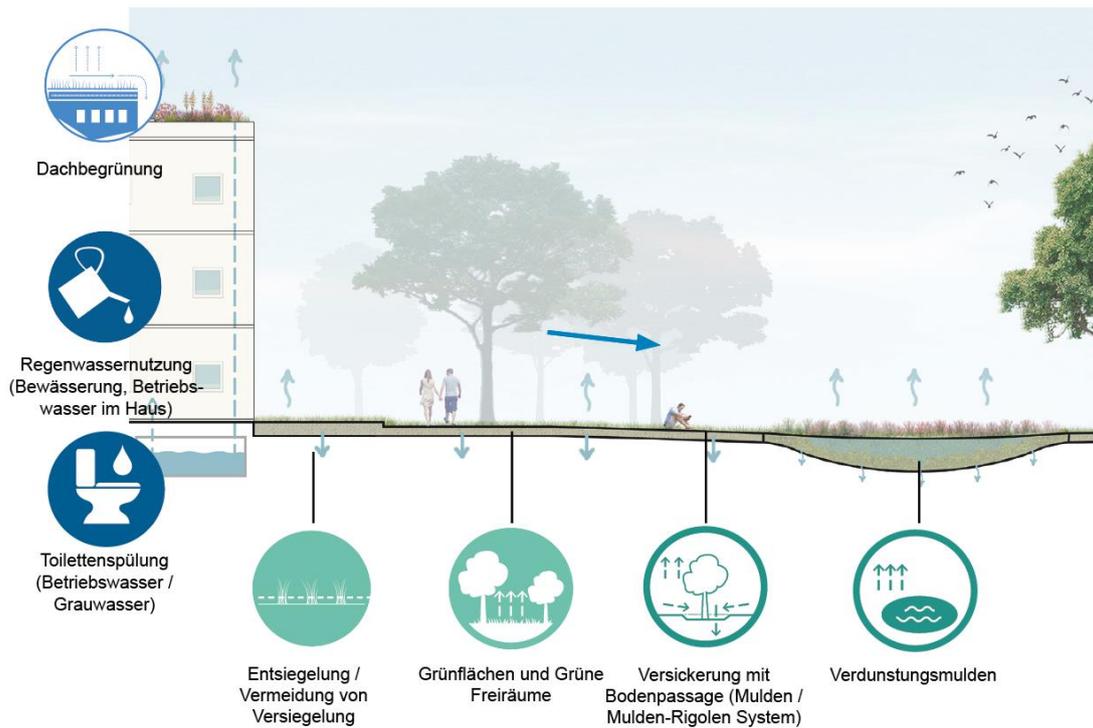


Abb. 56: Detaillierter Schnitt durch die Grünfläche Nord-Süd, Strategie im Freiraum (blaue Pfeile zeigen die generelle Richtung des Oberflächenabflusses) (Ramboll Studio Dreiseitl)



Abb. 57: Plan Verortung des Grünrands (Ramboll Studio Dreiseitl)

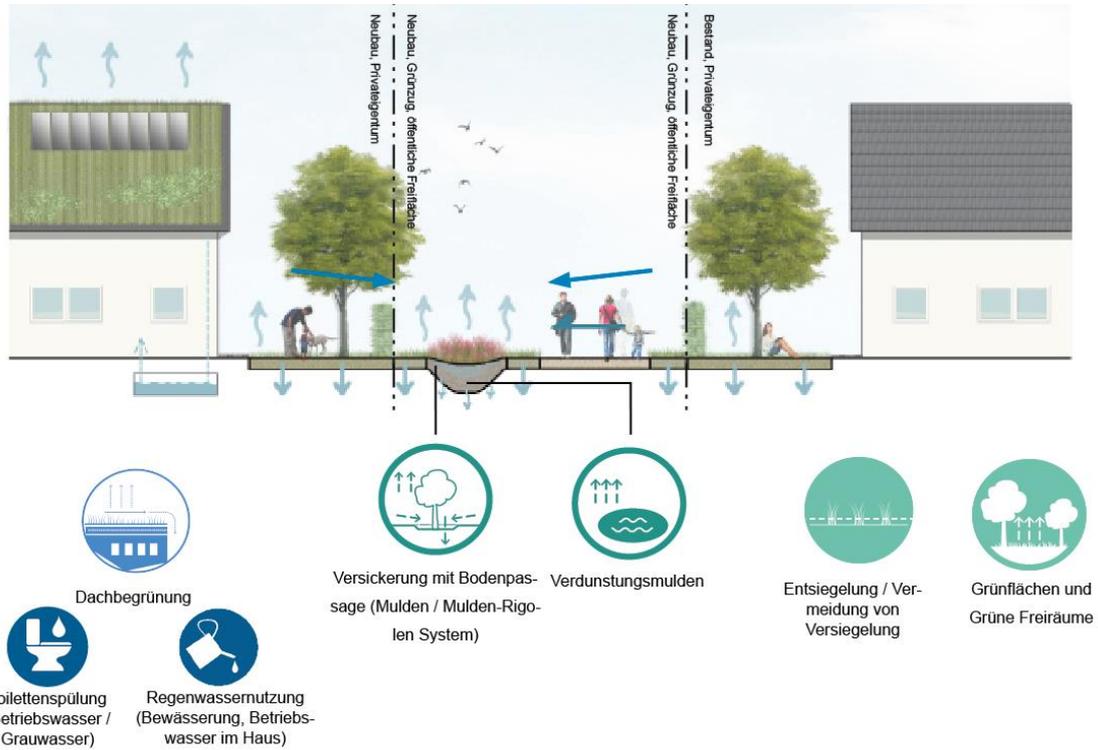


Abb. 58: Grünrand (Grünzone zwischen Neubau und Gebietsgrenze), Strategie im Freiraum (blaue Pfeile zeigen die generelle Richtung des Oberflächenabflusses) (Ramboll Studio Dreiseitl)

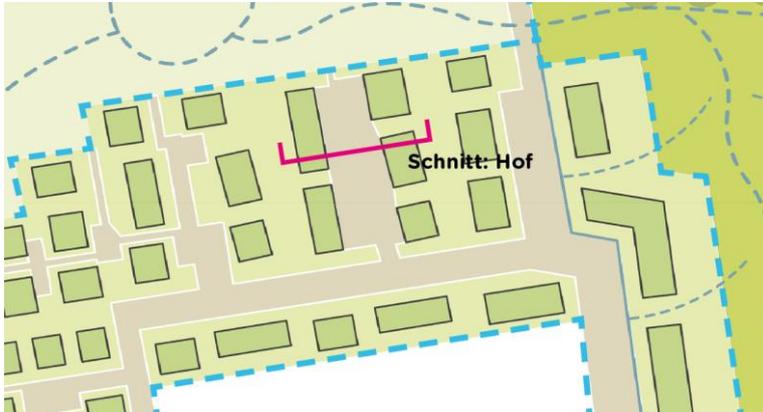


Abb. 59: Plan Verortung des Hofbereiches (Ramboll Studio Dreiseitl)

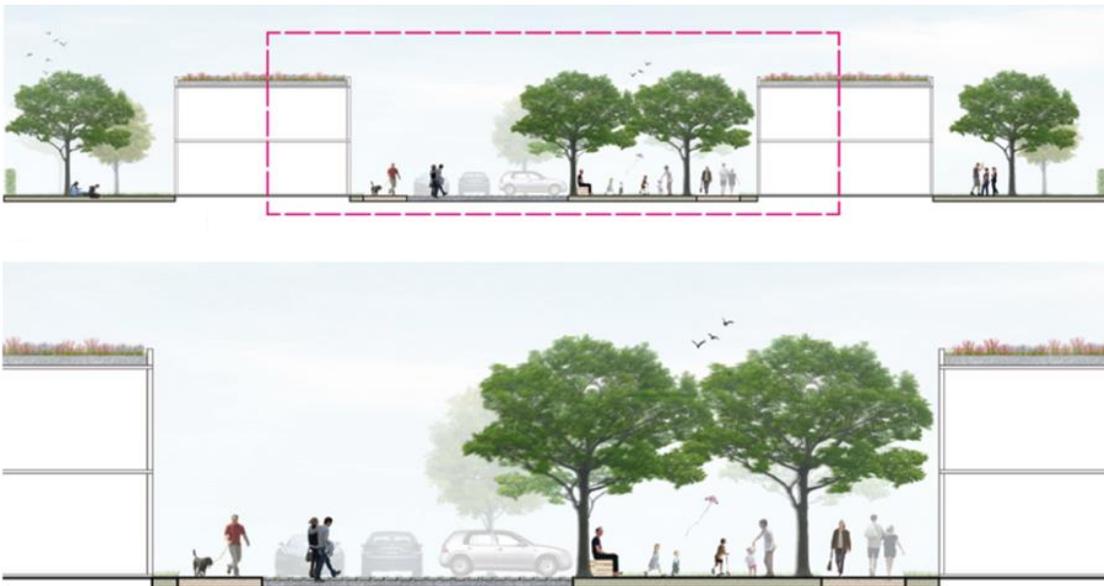
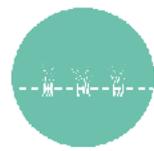
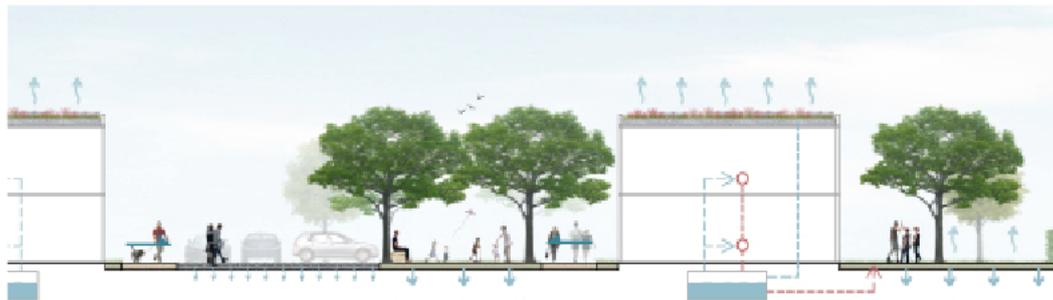


Abb. 60: Schnitt durch einen exemplarischen Hofbereich, Strategie im Freiraum und Bausteine (Ramboll Studio Dreiseitl)



Entsiegelung /
Vermeidung von
Versiegelung



Grünflächen und
Grüne Freiräume



Versickerung
mit Bodenpas-
sage (Mulden /
Mulden-Rigolen
System)



Dachbegrünung



Mögliche Variation: Natur-
nahe Reinigung (Regen-
wasser), Retentionsanlage



Toilettenspülung
(Betriebswasser /
Grauwasser)



Regenwassernutzung
(Bewässerung, Betriebs-
wasser im Haus)

Abb. 61: Exemplarischer Hofbereich, Strategie im Freiraum und Bausteine (blaue Pfeile zeigen die generelle Richtung von Verdunstung/Versickerung) (Ramboll Studio Dreiseitl)

5.8.3 Planungsansatz für die privaten Grundstücke und Freiflächen

Für die privaten Freiflächen (z. B. private Grünflächen, grüne Freiräume innerhalb des privaten Grundstückes) wird eine Versickerung vorgesehen, die mindestens den 2- bis 5-jährlich anfallenden Niederschlag aufnehmen kann (vgl. DIN-EN 752). Darüber hinaus muss das 30-jährliche Starkregenereignis auf dem Grundstück zurückgehalten werden.

Im nördlichen Quartiersteil, in dem aufgrund des hohen Grundwasserstands keine nennenswerte Versickerung möglich bzw. gestattet ist, wird eine Retention für ein 2-jährliches Niederschlagsereignis laut DIN-EN 752 auf den Privatgrundstücken eingeplant. In der erweiterten Grundvariante und der Vorsorgevariante ist dieser Bereich im Norden flächendeckend mit Gründächern ausgelegt. Dadurch wird die Retentionsfähigkeit auf den Grundstücken erhöht, mehr Wasser kann verdunsten und der Abfluss aus der Fläche lässt sich reduzieren. Grundsätzlich wird empfohlen, dass private Eigentümerinnen und Eigentümer zumindest das Niederschlagswasser eines 10-jährlichen Ereignisses auf ihren Grundstücken auffangen und zurückhalten müssen. Das kann mit Bausteinen wie der (möglichst intensiven) Dachbegrünung, einem hohen Anteil von Grünflächen auf den Grundstücken (also einem niedrigen Versiegelungsgrad) oder durch das Auffangen von Regenwasser in Regentonnen/Zisternen erreicht werden. Die auf dem Grundstück benötigte Fläche für eine Regenwasserbewirtschaftung richtet sich auch nach der Wasserdurchlässigkeit des Bodens in der jeweiligen Versickerungsmulde.

In einer Beispielrechnung reduziert sich der Flächenbedarf zur Retention auf einem Einfamilienhausgrundstück mit intensiver Dachbegrünung gegenüber einem Harddach (Dachziegel, Metaldach, Dachpappen bzw. Kies) von 30 m² auf 5 m² (bei einer Einstautiefe von max. 10 cm). Eine Simulation für das Gesamtgebiet während der weiteren Planungen ist deshalb sehr empfehlenswert. Das kann in dieser Machbarkeitsstudie und zum aktuellen städtebaulichen Planungszeitpunkt wegen zu vieler offener Einflussfaktoren noch nicht in der erforderlichen Detailtiefe geleistet werden.

Die Einhaltung der DIN-EN 752 beschreibt die Mindestanforderung und ist auf ein 2- bis 5-jährliches Regenereignis bezogen. Für die sichere Planung ist das Entwässerungskonzept (nicht das Überflutungskonzept) mindestens auf das 5-jährliche Regenereignis ausgelegt. Ausnahme ist der nördliche Bereich auf Grund des dort gegebenen hohen Grundwasserflurabstands. Hierfür muss mindestens das 2-jährliche Regenereignis für das Entwässerungskonzept berücksichtigt werden.

Aufgrund der besonderen wasserwirtschaftlichen Situation (geringer Grundwasserflurabstand, gedrosselte Einleitung in die Tarpenbeck) sollte in der weiteren Planung des Gebiets und der einzelnen Objekte ein Überflutungsnachweis für mindestens das 30-jährliche Regenereignis eingeplant werden. Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels wird darüber hinaus empfohlen, die Überflutungsvorsorge auf das 100-jährliche Regenereignis auszulegen. Denn es wird immer wahrscheinlicher, dass Starkniederschläge zukünftig „immer intensiver und häufiger auftreten werden als es heute bereits der Fall ist. Immense Schäden an Infrastruktur

und Gebäuden, Umweltschäden bis hin zu Gefahren für Menschen können die Folge sein (BBSR 2013, Sieker 2018). Die Resilienz des Planungsgebiets insgesamt hängt von der integrierten Planung privater und öffentlicher Fläche und der integrierten Bewirtschaftung der Wasserressourcen im Quartier und seiner Teilflächen ab. Der Überflutungsschutz für ein 30-jährliches Regenereignis wird in der aktuellen Planung durch die Retentionszone erbracht.

5.9 Die drei Varianten im Vergleich

Die drei Varianten verknüpfen die Potenziale der verschiedenen Bausteine mit den Zielen für das Planungsgebiet in der für einen städtebaulichen Rahmenplan (also in seinem Maßstab zwischen Flächennutzungsplan und Bebauungsplan angesiedelt) angemessenen Bearbeitungstiefe. Die Varianten zeigen unterschiedliche Niveaus der Klimavorsorge („Resilienz“) und der Verantwortungsteilung bzw. -zuschreibung zwischen öffentlichen und privaten Flächen. Sie repräsentieren zugleich unterschiedliche Innovationsniveaus im Hinblick auf die eingesetzten Bausteine gekoppelter Infrastrukturen.

In der folgenden Tabelle werden die zentralen Merkmale der drei Varianten gegenübergestellt.

Variante/Zustand (Bereiche Nord, West und Ost) ¹⁸	Beschreibung der Bestandssituation bzw. Zusammenfassung der Varianten	Bausteine blau- grün-grau gekoppelter Infrastruktur	Überflutungsvorsorge (Regenereignis)	Bemerkungen und Anregungen
Unbebauter Zustand	Als Referenz wird ein hypothetischer Ist-Zustand des Planungsgebiets <i>ohne</i> jede Bebauung angenommen und als „unbebauter Zustand“ benannt. Das Gebiet ist hauptsächlich von Freiflächen geprägt und mit Gräsern bzw. krautigen Pflanzen bewachsen.	---	---	
Bestandssituation (Ist-Zustand)	<p>Im aktuell vorzufindenden Ist-Zustand ist das Gebiet hauptsächlich von einer landwirtschaftlich genutzten Fläche geprägt.</p> <p>Entlang der Straße ‚Glashütter Damm‘ befinden sich einzelne Reihen- und Einfamilienhäuser. Nördlich des Glashütter Damms ist im Planungsgebiet ein Bauernhof zu finden.</p> <p>Im Norden des Planungsgebiets grenzen die Gewässer Tarpenbek-Ost und Beek in der Twiete mit ihren Gewässerrandstreifen an.</p> <p>Im Osten und Westen gibt es Bestandsbebauungen, hauptsächlich als Ein- und Mehrfamilienhäuser.</p>	---	---	

¹⁸ Der für die Machbarkeitsstudie betrachtete Teil des Rahmenplans „Sieben Eichen“ berücksichtigt das komplette Baugebiet nördlich des Glashütter Damms. Eine Betrachtung des Gebiets südlich des Glashütter Damms hätte für die Definition von Kopplungs- und Gestaltungsvarianten der Infrastrukturen keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn gebracht, sodass dieses Teilgebiet hier nicht weiter vertieft und bearbeitet wurde.

Variante/Zustand (Bereiche Nord, West und Ost)	Beschreibung der Bestandssituation bzw. Zusammenfassung der Varianten	Bausteine blau- grün-grau gekoppelter Infrastruktur	Überflutungsvorsorge (Regenereignis)	Bemerkungen und Anregungen
<p>Grundvariante</p>	<p>Die Grundvariante enthält Bausteine der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung, die gängiger und verbreiteter Standard sind. Sie dienen maßgeblich der naturnahen bzw. oberirdischen Entwässerung bzw. Regenwasserbewirtschaftung sowie einer Starkregenvorsorge. Sie sollen im Quartier</p> <p>a) eine hohe Verdunstung sicherstellen, b) zur Grundwasserneubildung im Gebiet beitragen und c) den Gebietsabfluss möglichst gering halten.</p> <p>Die hierbei genutzten Bausteine tragen dazu bei, die Auswirkungen der Bebauung auf den natürlichen Wasserhaushalt sowohl im Planungsbereich als auch im Gewässereinzugsgebiet zu reduzieren.</p>	<p>Bausteine im Freiraum</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Grünflächen und grüne Freiräume ■ Multifunktionale Rückhalte-räume ■ Vermeidung von Versiegelung ■ Verdunstungsmulden/-beete ■ Versickerung (über Mulden/Rigolen) ■ Naturnahe Reinigung von Niederschlagswasser <p>Gebäudebezogene Bausteine</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Dachbegrünung (extensive Begrünung der Geschosswohnungen im Mehrfamilienhausgebiet entlang der Nord-Süd zentralen Grünzugfläche; zusätzlich alle Carports) 	<p>Die Bausteine werden sowohl auf der Gebäudeebene und den privaten Grundstücken als auch im Freiraum bzw. Straßenraum auf ein 5-jährliches Regenereignis dimensioniert. Ausgenommen davon ist der nördliche Bereich des Planungsgebiets mit hoch anstehendem Grundwasser. Im Bereich Nord (ohne Versickerungsmöglichkeit) kann mit der aktuellen Planung (Grundvariante) nur ein 2-jährliches Regenereignis auf dem Grundstück zurückgehalten werden</p> <p>Zusätzlich darf es bei einem 30-jährlichen Regenereignis zu keinen Schäden durch Überflutungen kommen. Dafür muss nach DIN 1986-100 ein Überflutungsnachweis erbracht werden.</p> <p>Hinweis: Das Konzept enthält vorwiegend Bausteine für öffentliche Grün- und Freiflächen. Zusätzlich müssen zur Sicherung der Überflutungsvorsorge auch die privaten Grundstücke zum nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftungskonzept beitragen. Auf versickerungsfähigen Grundstücken muss das 30-jährige Regenereignis zurückgehalten werden. Die im nördlichen Teil des Planungsgebiets liegenden Grundstücke, die nicht ausreichend versickerungsfähig sind, müssen mindestens ein 2-jährliches (empfohlen: ein 5-jährliches Regenereignis) zurückhalten können; für das 30-jährliche Regenereignis wird (nur) für diesen Bereich</p>	<p>In der Grundvariante wird der Überflutungsvorsorge eine geringe Bedeutung beigemessen. Die privaten Grundstücke (z. B. Dächer, private Freiräume) übernehmen bislang keine bedeutende Rolle und Funktion.</p> <p>Im nördlichen Bereich des Planungsgebiets steht das Grundwasser so hoch an, dass der Boden nur wenig aufnahmefähig ist. Gerade hier fehlen Maßnahmen zur Reduzierung des Niederschlagswasserabflusses auf Gebäudeebene (z. B. Dachbegrünung). Das führt zur Notwendigkeit, dass die erforderlichen Retentionsmaßnahmen in den angrenzenden Freiflächen sehr groß dimensioniert werden müssen (z. B. tiefere Auslegung, mehr Flächenbedarf). Nur dann kann in der Grundvariante der Überflutungsnachweis für ein 30-jährliches Regenereignis erbracht werden.</p> <p>Die Grundvariante trägt auch nur wenig zur Ressourceneffizienz mit Blick auf die Einsparung von Trinkwasser bei. Nur das Niederschlagswasser von den wenigen Gebäuden mit einem Gründach und Regenwasser-Sammler (z. B. eine Zisterne) steht für Nutzungen wie Gartenbewässerung zur Verfügung. Außerdem wird auf jegliche Reinigung und Nutzung von Betriebswasser (Grauwasser) verzichtet.</p>

Variante/Zustand (Bereiche Nord, West und Ost)	Beschreibung der Bestandssituation bzw. Zusammenfassung der Varianten	Bausteine blau- grün-grau gekoppelter Infrastruktur	Überflutungsvorsorge (Regenereignis)	Bemerkungen und Anregungen
			durch die Retentionsflächen und Verdunstungsmaßnahmen im nördlich angrenzenden Grünränder (Grünstreifen) Vorsorge getroffen.	
Erweiterte Grundvariante	<p>Die erweiterte Grundvariante nutzt die gleichen Bausteine zur Regenwasserbewirtschaftung wie die Grundvariante.</p> <p>Der Unterschied liegt darin, dass diese Bausteine in einem größeren Umfang zum Einsatz kommen, um flächendeckend eine Überflutungsvorsorge für ein 30-jährliche Regenereignis zu gewährleisten.</p> <p>Dazu werden im nördlichen Planungsgebiet, wo der geringe Grundwasserflurabstand kaum Spielraum für eine Versickerung lässt, alle Einfamilienhäuser mit Gründächern ausgestattet. Darüber wird die Regenrückhaltekapazität im Plangebiet erhöht, um die fehlende Versickerungsfähigkeit des Bodens zu kompensieren.</p>	<p>Bausteine im Freiraum</p> <ul style="list-style-type: none"> Wie in Grundvariante <p>Gebäudebezogene Bausteine</p> <ul style="list-style-type: none"> Wie in der Grundvariante, wobei der Anteil an Gründächern (extensiv bepflanzt) auf ca. 40 % des Gesamtdachanteils erhöht wird. <p>Zusätzliche Bausteine</p> <p>Nicht vorgesehen</p>	<p>Die Bausteine werden sowohl auf der Gebäudeebene und den privaten Grundstücken als auch im Freiraum bzw. Straßenraum auf ein 5-jährliches Regenereignis dimensioniert.</p> <p>Zusätzlich soll es bei einem 30-jährlichen Regenereignis flächendeckend zu keinen Schäden durch Überflutungen kommen. Ein Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 wird für das gesamte Gebiet für 30-jährliches Regenereignis erbracht; darüber hinaus wird eine Erweiterung des Schutzes in Richtung des 100-jährlichen Ereignisses angestrebt.</p>	<p>In der erweiterten Grundvariante wird die Überflutungsvorsorge auch auf den nördlichen Bereich ausgeweitet.</p> <p>Zusammen mit den Maßnahmen zur oberflächennahen Entwässerung, einem möglichen Verzicht auf eine kanalgebundene Entwässerung und der zusätzlichen Ausweitung der Gründächer auf das nördliche Planungsgebiet wird der Überflutungsnachweis für ein 30-jährliches Regenereignis im Rahmen dieser Variante als machbar eingeschätzt.</p> <p>Die Resilienz (Überflutungsvorsorge) dieser Variante gegenüber der Grundvariante ist aufgrund der erweiterten Regenwasserbewirtschaftung auf den privaten Grundstücken verbessert.</p>
Vorsorgevariante	<p>Die Vorsorgevariante geht über die beiden ersten Varianten hinaus, indem</p> <p>a) ambitioniertere Zielsetzungen für die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt, den Gewässerschutz und die Überflutungsvorsorge gewählt werden und</p> <p>b) eine Steigerung der Ressourceneffizienz zum Schutz der Trinkwasserressourcen angestrebt wird.</p>	<p>Zusätzliche Bausteine im Freiraum:</p> <ul style="list-style-type: none"> Wasserspiel unterirdische Versickerung mit/ohne Bodenpassage Naturnahe Behandlung von Grauwasser (Betriebswasser aus aufbereitetem Grauwasser) 	<p>In der Vorsorgevariante sind die Bausteine in ihrer Dimensionierung so ausgelegt, dass sie sowohl auf der Gebäudeebene und den privaten Grundstücken als auch im Freiraum/Straßenraum (öffentlicher Freiraum) mindestens auch ein 100-jährliche Regenereignis zurückhalten können (Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100).</p>	<p>Die Vorsorgevariante integriert die Zielsetzungen, einen weitgehend natürlichen Wasserhaushalt sowie Gewässerschutz und eine zukunftsorientierte Überflutungsvorsorge zu erreichen.</p> <p>Ein wichtiges Element dafür ist die durchgängige Ausstattung aller Gebäude mit Gründächern, die teilweise als intensive Dachbegrünung (also nicht nur extensiv wie in den beiden Grundvarianten) erfolgt.</p> <p>Durch die ambitionierten Zielsetzungen</p>

Variante/Zustand (Bereiche Nord, West und Ost)	Beschreibung der Bestandssituation bzw. Zusammenfassung der Varianten	Bausteine blau- grün-grau gekoppelter Infrastruktur	Überflutungsvorsorge (Regenereignis)	Bemerkungen und Anregungen
	<p>Die zusätzlichen Bausteine in der Vorsorgevariante dienen darüber hinaus auch weiteren qualitativen Zielen – etwa einer Identitätsstiftung und Imagebildung für das Quartier („zukunftsfähiges, klimangepasstes Stadtquartier“).</p> <p>Die Grauwasseraufbereitung und Betriebswassernutzung, zum Beispiel zur Toilettenspülung und Bewässerung im Freiraum (insbesondere für Wand-/Fassadenbegrünung) und für Wasserspiele, sind Maßnahmen zur Erhöhung der Ressourceneffizienz. Durch eine derartige Wiedernutzung von Grauwasser lässt sich Trinkwasser einsparen.</p> <p>Einige der gewählten Bausteine sorgen für eine hohe direkte oder indirekte Sicht- und Erlebbarkeit von Wasser, wodurch die Akzeptanz der Maßnahmen erhöht werden kann.</p> <p>In allen Varianten muss als Rahmenbedingungen die Lage im Wasserschutzgebiet (Zone III) und die damit verbundenen Wasserschutzklauseln eingehalten werden.</p>	<p>Zusätzliche Gebäudebezogene Bausteine</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Wand/Fassadenbegrünung für Sonderbauten ■ Intensive Dachbegrünung statt extensiver Dachbegrünung der Geschosswohnungsbauten im Mehrfamilienhausgebiet entlang der Nord-Süd zentralen Grünzugfläche ■ Alle anderen Dächer sind mit extensiver Dachbegrünung ausgestattet <p>Maßnahmen zur Steigerung der Ressourceneffizienz:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Technische Reinigung von Betriebs-/Grauwasser ■ Nutzung von gereinigtem Wasser (Regen-/Grauwasser zur Toilettenspülung) ■ Nutzung von gereinigtem Wasser (Regen-/Grauwasser) zur Bewässerung von Gärten und Gründächern 	<p>Das lässt sich u. a. dadurch erreichen, dass in dieser Variante flächendeckend alle Gebäude (inklusive der Carports) eine Dachbegrünung aufweisen.</p>	<p>in der Vorsorgevariante wird eine deutlich bessere Vorsorge gegen die Folgen des Klimawandels erreicht:</p> <p>a) eine Auslegung der Überflutungsvorsorge auf ein 100-jährliches (statt 30-jährliches) Regenereignis stellt eine Anpassung an häufigere und stärkere Starkregenereignisse dar, die immense wirtschaftliche Schäden verursachen können.</p> <p>b) die höhere Wasserverdunstung im Planungsgebiet kann auch lokale Überhitzungen als Folge des Klimawandels abdämpfen und stellt somit einen Beitrag zur Gesundheitsvorsorge dar.</p> <p>Ein gesteigerter Rückhalt von Wasser auf der Gebäudeebene und im Straßenraum reduziert den Flächenbedarf und den Aufwand in den Freiräumen. Die weitgehende Annäherung an das Ziel einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung, die mit einer Kopplung von Infrastrukturen gut erreicht werden kann, reduziert Aufwand und Kosten für unterirdische und technische Lösungen. Der hydraulische Stress in den angrenzenden Oberflächengewässern wird reduziert.</p>

Tab. 2: Varianten im Vergleich

Die folgenden Tabellen fassen die wichtigsten Daten für das Planungsgebiet nördlich des Glashütter Damms (Bereich Nord, Bereich Ost, Bereich West) in Bezug auf die verschiedenen relevanten Flächenanteile und Abflusswerte zusammen.

Variante/Zustand (Bereiche Nord, West und Ost ¹⁹)	Gesamtflächen (ha und m ²)	Grünfläche öffentlich (m ²)	Private Grundstücke (Gärten und Weg ohne Gebäude) (m ²)	Straße/Weg öffentlich Bestand + Neu (m ²)	Gebäude Bestand (m ²)	Gebäude Neu (m ²)	Davon Gründach extensiv Neu (m ²)	Davon Gründach intensiv Neu (m ²)
Unbebauter Zustand (zum Vergleich)	Ca. 15.4 ha / 153.618 m ²	153.618	0	0	0	0	0	0
Bestandssituation (Ist-Zustand)		131.753	10.004	6.235	5.626	0	0	0
Grundvariante							3.400	0
Erweiterte Grundvariante		42.033	54.442	29.695	2.448	25.000	9.600	0
Vorsorgevariante							21.600	3.400

Tab. 3: Größen relevanter Flächentypen im Vergleich

¹⁹ Der für die Machbarkeitsstudie betrachtete Teil des Rahmenplans „Sieben Eichen“ berücksichtigt das komplette Baugebiet nördlich der Glashütter Damms. Eine Betrachtung des Gebiets südlich des Glashütter Damms hätte für die Definition von Kopplungs- und Gestaltungsvarianten der Infrastrukturen keinen zusätzlichen Erkenntnisgewinn gebracht, sodass dieses Teilgebiet hier nicht weiter vertieft und bearbeitet wurde.

Varian- te/Zustand Bereiche Nord, West und Ost	Flächen (m ²)	Material nach DIN 1986-100	Mittlerer Abfluss- beiwert (Koeffizient)	Abfluss- wirksame Fläche	Spitzenab- flussbeiwert (Koeffizient) ²⁰	Abflusswirksame Fläche (Spitzen- abfluss)
Unbebauter Zustand Gesamtabfluss- wirksame Flä- che: von 15.361,8 bis 30.723,6 m ²	Öffentliche Frei- räume/Grünfläche/la- ndwirtschaftliche Nutzfläche: 153.618	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	15.361,8	0,2	30.723,6
Bestandssitua- tion (Ist- Zustand) Gesamtabfluss- wirksame Flä- che: von 28.251,9 bis zu 43.915,9 m ²	Grünfläche öffent- lich 131.753	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	13.175,3	0,2	26.350,6
	Private Grundstü- cke, versiegelt 2.000,8	Asphalt oder Beton	0,9	1.800,7	1,0	2.000,8
	Private Grundstü- cke, teilversiegelt 3.001,2	Teilversiegelung	0,7	2.100,8	0,9	2.701,1
	Private Grundstü- cke, unversiegelt 5.002	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	500,2		1.000,4
	Gebäude Be- stand, versiegelt 5.626	Metall oder Siegeldach	0,9	5.063,4	1,0	5.626
	Straße/Weg öffentlich, Be- stand 6.235	Asphalt oder Beton	0,9	5.611,5	1,0	6.235
Grundvariante Gesamtabfluss- wirksame Flä- che: von 59.554,5 bis zu 77.537,9 m ²	Grünfläche öffent- lich (Neu) 42.033	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.203,3	0,2	8.406,6
	Straße/Weg öffentlich (Be- stand) 6.235	Asphalt oder Beton	0,9	5.611,5	1,0	6.235
	Straße/Weg, öffentlich (Neu) 8.105	Asphalt oder Beton	0,9	7.294,5	1,0	8.105
	Straße/Weg öffentlich (Neu) 15.355	Teilversiegelung	0,7	10.748,5	0,9	13.819,5

²⁰ Der Abflussbeiwert, gelegentlich auch Gesamtabflussbeiwert, ist ein Begriff aus der Hydrologie und bezeichnet das Verhältnis desjenigen Teils eines Niederschlagsereignisses, der direkt zum Abfluss gelangt (effektiver Niederschlag), zum Gesamtniederschlag. Der Spitzen-Abflussbeiwert wird ermittelt als Quotient aus der maximalen Regenabflusspende einer betrachteten Fläche zur ausgelegten/bemessenen Spende (vgl. <https://de.wikipedia.org/wiki/Abflussbeiwert>).

Varian- te/Zustand Bereiche Nord, West und Ost	Flächen (m ²)	Material nach DIN 1986-100	Mittlerer Abfluss- beiwert (Koeffizient)	Abfluss- wirksame Fläche	Spitzenab- flussbeiwert (Koeffizient) ²⁰	Abflusswirksame Fläche (Spitzen- abfluss)
	Gebäude Be- stand, versiegelt 2.448	Metall oder Siegeldach	0,9	2.203,2	1,0	2.448
	Dächer (Neu) 21.600	Metall oder Siegeldach	0,9	19.440	1,0	21.600
	Dächer (Neu) inkl. Carports 3.400	Extensive Dachbegrünung	0,4	1.360	0,7	2.380
	Private Grundstü- cke, versiegelt 1.015,4	Asphalt oder Beton	0,9	913,9	1,0	1.015,4
	Private Grundstü- cke, teilversiegelt 4.061,6	Teilversiegelung	0,7	2.843,1	0,9	3.655,4
	Private Grundstü- cke, unversiegelt 49.365	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.936,5	0,2	9.873
Erweiterte Grundvariante	Grünfläche öffent- lich (Neu) 42.033	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.203,3	0,2	8.406,6
Gesamtabfluss- wirksame Flä- che: von 56.454,5 bis zu 75.677,9 m ²	Straße/Weg öffentlich (Be- stand) 6.235	Asphalt oder Beton	0,9	5.611,5	1,0	6.235
	Straße/Weg, öffentlich (Neu) 8.105	Asphalt oder Beton	0,9	7.294,5	1,0	8.105
	Straße/Weg öffentlich (Neu) 15.355	Teilversiegelung	0,7	10.748,5	0,9	13.819,5
	Gebäude Be- stand, versiegelt 2.448	Metall oder Siegeldach	0,9	2.203,2	1,0	2.448
	Dächer (Neu) 15.400	Metall oder Siegeldach	0,9	13.860	1,0	15.400
	Dächer (Neu) inkl. Carports 9.600	Extensive Dachbegrünung	0,4	3.840	0,7	6.720
	Private Grundstü- cke, versiegelt 1.015,4	Asphalt oder Beton	0,9	913,9	1,0	1.015,4
	Private Grundstü- cke, teilversiegelt 4.061,6	Teilversiegelung	0,7	2.843,1	0,9	3.655,4

Varian- te/Zustand Bereiche Nord, West und Ost	Flächen (m ²)	Material nach DIN 1986-100	Mittlerer Abfluss- beiwert (Koeffizient)	Abfluss- wirksame Fläche	Spitzenab- flussbeiwert (Koeffizient) ²⁰	Abflusswirksame Fläche (Spitzen- abfluss)
	Private Grundstü- cke, unversiegelt 49.365	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.936,5	0,2	9.873
Vorsorgevari- ante	Grünfläche öffent- lich (Neu) 42.033	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.203,3	0,2	8.406,6
Gesamtabfluss- wirksame Flä- che: von 47.734,5 bis zu 69.357,9 m ²	Straße/Weg öffentlich (Be- stand) 6.235	Asphalt oder Beton	0,9	5.611,5	1,0	6.235
	Straße/Weg, öffentlich (Neu) 8.105	Asphalt oder Beton	0,9	7.294,5	1,0	8.105
	Straße/Weg öffentlich (Neu) 15.355	Teilversiegelung	0,7	10.748,5	0,9	13.819,5
	Gebäude Be- stand, versiegelt 2.448	Metall oder Siegeldach	0,9	2.203,2	1,0	2.448
	Dächer (Neu) 0	Metall oder Siegeldach	0,9	0	1,0	0
	Dächer (Neu) inkl. Carports 21.600	Extensive Dachbegrünung	0,4	8.640	0,7	15.120
	Dächer (Neu) 3.400	Intensive Dach- begrünung ab 30 cm Aufbau- dicke	0,1	340	0,2	680
	Private Grundstü- cke, versiegelt 1.015,4	Asphalt oder Beton	0,9	913,9	1,0	1.015,4
	Private Grundstü- cke, teilversiegelt 4.061,6	Teilversiegelung	0,7	2.843,1	0,9	3.655,4
	Private Grundstü- cke, unversiegelt 49.365	Grünland (Park- anlage, flaches Gelände)	0,1	4.936,5	0,2	9.873

Tab. 4: Berechnung der abflusswirksamen Fläche nach DIN 1986-100

5.9.1 Wasserbilanzen

Die Wasserbilanz des bebauten Planungsgebiets soll sich möglichst am natürlichen Wasserhaushalt orientieren. Durch menschliche Eingriffe in die Natur wird der natürliche Wasserhaushalt eines Gebietes gestört. Insbesondere bauliche Maßnahmen, die mit einer Versiegelung von Böden einhergehen, verändern den Wasserhaushalt in einem Gebiet. Unter potenziell natürlichen Bedingungen (z. B. Grünflächen, Wälder) würde in Mitteleuropa der weitaus größte Teil des Niederschlagswassers verdunsten, ein kleiner Teil in das Grundwasser versickern und nur ein sehr geringer Teil oberflächlich abfließen (vgl. DWA M-153). Das Verhältnis von Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss variiert je nach klimatischen (heiß/kalt), topographischen (eben/ondolirt), geologischen (Bodentypen) und ökosystemaren (z. B. Art des Pflanzenbewuchs) Bedingungen. Stadtplanerisch orientiert man sich zunehmend an der natürlichen Wasserbilanz für Planungsgebiete als Zielzustand. Daher soll durch geeignete Maßnahmen (vgl. die hier betrachteten Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung) der natürliche Zustand wiederhergestellt bzw. sich ihm angenähert werden. Eine Hilfestellung bietet das technische Regelwerk DWA-A 102.

In allen drei hier betrachteten Varianten für den Rahmenplan wird das Niederschlagswasser oberflächennah bewirtschaftet. Dabei wird die Reihenfolge **Auffangen und Rückhalt – Verdunstung – Versickerung – gedrosselte Ableitung** befolgt.

Eine oberflächennahe Regenwasserbewirtschaftung mit dem Ziel einer Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt enthält immer drei Komponenten: Verdunstung, Versickerung mit dem Effekt der Grundwasserneubildung und Abfluss bzw. Ableitung. Durch die Verdunstung und Versickerung von Niederschlagswasser wird der oberflächige Abfluss deutlich reduziert und die Gewässer (Beek in der Twiete, Tarpenbek) können so vor Hochwasserspitzen geschützt werden.

Durch Gründächer wird Regenwasser zurückgehalten bzw. der Abfluss vom Dach reduziert und verzögert. Der Größenanteil der begrünten Dachfläche, die Mächtigkeit des Aufbaus und die Intensität der Begrünung sind die Stellschrauben, um den Regenwasserabfluss zu beeinflussen. Ziele sind vorrangig ein gedrosselter Abfluss, danach eine verzögerte Zuleitung in die Freiflächen und schließlich die Vorfluter. Hierzu können verschiedene Arten von Gründächern genutzt werden: Extensiv bepflanzte Gründächer erlauben keine Dachnutzung durch die Bewohnerinnen und Bewohner, sind dafür aber relativ pflegeleicht. Intensiv bepflanzte Gründächer erlauben einen Aufenthalt und eine Nutzung; sie sind in der Regel mit einem höheren Pflegeaufwand verbunden (Riechel et al. 2017).

In den drei Varianten kommt es aufgrund der unterschiedlichen Gründachanteile zu unterschiedlichen Effekten auf den Wasserhaushalt. Gegenüber der Grundvariante wird in der erweiterten Grundvariante und der Vorsorgevariante der Dachbegrünungsanteil stark erhöht. Damit ergibt sich eine deutliche Reduktion des Abflusses aus dem Gebiet und eine Erhöhung der Verdunstung gegenüber der Grundvariante. Durch die komplette Begrünung der Dächer im gesam-

ten Planungsgebiet in der Vorsorgevariante wird der direkte Abfluss des Niederschlagswassers am weitesten reduziert. Durch den Rückhalt des Wassers auf den Dächern und den Verdunstungsanteil können auch die Ableitungen deutlich reduziert werden. Damit entstehen zugleich Vorteile für die benachbarten Anwohnerinnen und Anwohner: Ihre Grundstücke werden besser vor hoch anstehendem Grundwasser geschützt und die Gefahr einer Vernässung der Keller lässt sich reduzieren. Speziell die Bebauung im nördlichen Planungsgebiet bringt erhöhte Risiken mit sich, denen jedoch mit einem Einsatz von möglichst vielen Bausteinen zur Regenrückhaltung und Verdunstung begegnet werden kann. Zusätzlich ist gerade hier zu beachten, dass sowohl der Anteil als auch die Ausgestaltung der Freifläche auf privaten Grundstücken eine wesentliche Rolle für den Versiegelungsgrad und den damit verbundenen Einfluss auf den Niederschlagswasserabfluss spielt.

Aufgrund der abflusswirksamen Flächenanteile von Straßen und Wegen im Gebiet (vgl. Tab. 3), müssen auch diese einen Beitrag zur Regenwasserretention, Verdunstung und Versickerung leisten. Die Straßenräume im Planungsgebiet werden durch die Bausteine blau-grün-grauer Infrastrukturen auch für die Bewirtschaftung von Starkregenereignissen ausgelegt. Das Regenwasser wird durch die Neigungen der Fahrbahnen, Stellplätze und Gehwege auf die Mulden/Mulde-Rigolen-Systeme zur Versickerung und Verdunstung verteilt. Zusätzlich erlauben versickerungsfähige Oberflächen, den Abfluss des Oberflächenwassers zu reduzieren, um das überschüssige Wasser mit gedrosseltem Abfluss in die Beek in der Twiete (Gewässer) einfließen zu lassen.

Die Anteile einer Wasserbilanz (Abfluss, Versickerung/Grundwasserneubildung, Verdunstung und Wiederverwendung) wurden für die verschiedenen Varianten überschlägig abgeschätzt und sind in der folgenden Übersicht dargestellt:

Variante/Zustand	Abfluss	Versickerung/ Grundwasserneubildung	Verdunstung	Wasserwiederverwendung ²¹
Bestandssituation (unbebauter Zustand)	Ca. 2,6 %	Ca. 31,6 %	Ca. 65,8 %	
Grundvariante	Ca. 6,2 %	Ca. 49,0 %	Ca. 44,8 %	Nicht berücksichtigt bzw. nicht vorgesehen
Erweiterte Grundvariante	Ca. 5,7 %	Ca. 47,6 %	Ca. 46,7 %	Nicht berücksichtigt bzw. nicht vorgesehen
Vorsorgevariante	Ca. 4,5 %	Ca. 40,5 %	Ca. 52,0 %	Ca. 3,0 % (Optionale Nutzung: Bewässerung)

Tab. 5: Abschätzung der Wasserbilanz für die verschiedenen Varianten (Anteil der Variablen der Wasserbilanz in Prozent)

²¹ Eine Wasserwiederverwendung für Bewässerung führt das Wasser (indirekt) der Verdunstung zu und ist in der ausgewiesenen Verdunstung enthalten.

Die Zahlen zeigen, dass die Vorsorgevariante dem natürlichen Wasserhaushalt eines unbebauten Gebiets am nächsten kommt. Wie aufgrund des größten Anteils an Grünflächen (inkl. der Dächer) zu erwarten war, vermag die Vorsorgevariante den Abfluss gegenüber den anderen Varianten am stärksten zu reduzieren. Gegenüber den anderen Varianten ist in der Vorsorgevariante der Verdunstungsanteil am höchsten, was mit Blick auf ggf. im Sommer erwünschte Kühlungseffekte Vorteile bietet. Damit lassen sich die zunehmenden Erwärmungen als Auswirkungen des Klimawandels lokal dämpfen.

5.9.2 Überflutung und Umgang mit Starkregenereignissen

Der Überflutungsnachweis bezogen auf das 30-jährliche Starkregenereignis muss auf das Grundstück bezogen werden (vgl. DIN 1986-100). Im Bereich Nord (ohne Versickerungsmöglichkeit) kann mit der aktuellen Planung (Grundvariante) nur ein 2-jährliches Regenereignis auf dem Grundstück zurückgehalten werden. Stärkere Niederschläge, also auch ein heute 30-jährliches Ereignis, werden in die angrenzende Retentionszone im Norden (angrenzend an die Beek in der Twiete) und im Süden (Grünfuge) übergeleitet. Darüber hinausgehende Ereignisse werden über oberflächennahe Ableitungssysteme aus der Grünfuge und der Retentionszone abgeleitet und gedrosselt in die Beek in der Twiete abgegeben. Die Ableitung von Niederschlagsereignissen im Gebiet erfolgt damit zweistufig.



Legende

- | | |
|---|--|
| ■ Häuser / Bebauung (privat, geschützt) | ■ Elemente zur Versickerung / Verdunstung |
| ■ Dachbegrünung (privat, geschützt) | ■ Retentionsanlagen |
| ■ Grundstücke (privat, geschützt) | → Fließrichtung entlang der Verkehrsfläche |
| ■ Wege und Plätze (öffentlich) | → Fließrichtung privat zum öffentlichen Raum |
| ■ Freifläche (öffentlich) | ▶ Gedrosselter Abfluss, Beck in der Twiete |
| □ Straße (öffentlich) | ■ Überflutungszone (30-jähriges Regenereignis) |
| ● Bestandsbäume im Grünzug | □ Gebietsgrenze |

Abb. 62: Wasserkonzept, Überflutung und Starkregen (Ramboll Studio Dreiseitl 2018)

6 Zusammenfassung der Machbarkeitsstudie und Empfehlungen für den weiteren Planungsprozess

Für eine klimaangepasste und zukunftsfähige Planung des Gebiets „Sieben Eichen“ ist der Umgang mit Wasser ein zentraler Ansatzpunkt. Die Kopplung von blauen, grünen und grauen Infrastrukturen bietet vielfältige Optionen, Wasser im Quartier integriert zu bewirtschaften und damit eine Reihe planerischer Ziele zu verfolgen. Mit Blick auf gekoppelte Infrastrukturen wurden die folgenden vier Hauptziele für das Planungsgebiets zur Anwendung gebracht:

- Erhalt bzw. Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt
- Gewässerschutz (Grundwasser im Wasserschutzgebiet und Oberflächengewässer)
- Überflutungsvorsorge
- Ressourcenschonung und Wasserkreislaufführung

Für das Gebiet wurden drei Varianten gekoppelter Infrastrukturen entworfen. Die Varianten operieren mit unterschiedlichen Bausteinen und einer unterschiedlichen flächenmäßigen Auslegungen der Bausteine. Daraus ergeben sich mehr oder weniger große Potenziale für die Wasserbewirtschaftung im Gebiet, um die zuvor genannten wasserbezogenen, infrastrukturellen Ziele und weitere, ggf. noch von Akteuren in den künftigen Planungsprozess eingetragene Zielsetzungen (wie etwa die Erlebbarkeit von Wasser oder den Gesundheitsschutz bei einem fortschreitenden Klimawandel) für das Planungsgebiet zu erreichen.

Die ersten drei Ziele fokussieren auf die nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung. Das vierte, oben genannte Ziel trägt dazu bei, den Verbrauch an Trinkwasser zu reduzieren, indem für Nutzungen, die nicht zwingend Trinkwasserqualität erfordern (z. B. Toilettenspülung, Waschmaschine, Gartenbewässerung), andere Wasserquellen und -qualitäten wie Betriebswasser, Regenwasser, Grauwasser zum Einsatz kommen.

Im Rahmen einer qualitativen Betrachtung werden die Beiträge der drei Varianten zur Erreichung der identifizierten Ziele abgeschätzt:

6.1 Wirkungen in Bezug auf den Erhalt bzw. Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt

Durch die neue Bebauung und die damit einhergehende Versiegelung von Flächen wird sich der Wasserhaushalt bzw. die Wasserbilanz des Gebiets ändern (vgl. Kap. 5.9.1). Im natürlichen Wasserhaushalt verdunstet der weitaus größte Teil des Niederschlagswassers, ein kleiner Teil versickert in das Grundwasser und nur ein sehr geringer Teil fließt ab. Das Verhältnis von Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss variiert je nach klimatischen, topographischen, geologischen (Bodentypen) und ökosystemaren (z. B. Art des Pflanzenbewuchses) Bedingungen. Eine dezentral ausgerichtete Regenwasserbewirtschaftung, die auf gekoppelten blau-grün-grauen Infrastrukturen aufbaut, bewirtschaftet die Niederschläge dort, wo sie anfallen. Sie orien-

tiert sich mit geeigneten Maßnahmen an den örtlichen Gegebenheiten, um den Zustand des natürlichen Wasserhaushalts weitgehend zu erhalten oder wieder zu erreichen.

Die ausgewählten Maßnahmen berücksichtigen, wie im DWA-A 102 gefordert (vgl. Henrichs et al. 2016) den natürlichen Wasserhaushalt mit seinem jeweils lokalspezifischen Verhältnis zwischen den Hauptkomponenten Abfluss, Versickerung bzw. Grundwasserneubildung und Verdunstung (vgl. Deister et al. 2016). Alle drei Varianten nähern sich dem natürlichen Wasserhaushalt an. Sie unterscheiden sich in dem Ausmaß, wie weit diese Annäherung gelingt. In der Bestandssituation (Stand September 2019) ist das Gebiet zum großen Teil nicht bebaut, es besteht hauptsächlich aus landwirtschaftlich genutzten Flächen. Das führt zu einem hohen Anteil von Wasser, das vor Ort verdunstet, einem mittleren Anteil von versickerndem Wasser und einem geringen Anteil von abfließendem Wasser. Damit befindet sich die Fläche im heutigen Bestand recht nah am natürlichen Wasserhaushalt.

Alle drei Varianten reduzieren die abflusswirksame Fläche durch Maßnahmen zur oberflächennahen Regenwasserbewirtschaftung – wenn auch in sehr unterschiedlichem Maß. Durch eine nur teilweise Versiegelung von Verkehrsflächen, die Ableitung von Regenwasser in Mulden (zur Versickerung/Verdunstung) und einen erhöhten Anteil von Grünflächen und Gründächern wird die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt unterstützt.

Alle Maßnahmen, die in den beiden Grundvarianten zum Einsatz kommen, sind auch in der Vorsorgevariante enthalten. Durch die Begrünung aller Dachflächen im Gebiet erreicht die Vorsorgevariante die Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt am besten.

Darüber hinaus werden in der Vorsorgevariante Grau- und Regenwasser für die Bewässerung und/oder Toilettenspülung genutzt. Dazu wird das Wasser aufgefangen, das auf den Gründächern nicht verdunstet, in einer Zisterne gesammelt und der Nutzung zugeführt.

Wichtig für das Planungsgebiets ist die Bilanz zwischen der Grundwasserneubildung, Versickerung und Verdunstung. Aufgrund der geringen Grundwasserflurabstände ist Versickerung im nördlichen Bereich kaum möglich. Daher werden Maßnahmen zur Verdunstung bevorzugt und in jeder Variante vorgeschlagen. Ein hoher Verdunstungsanteil ist vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und absehbarer längerer Hitzeperioden von Vorteil, um Verdunstungskühlung zu erzielen.

6.2 Gewässerschutz

Ziel des Gewässerschutzes in Deutschland ist es, allorts Gewässer mit einem guten chemischen und ökologischen Zustand zu erhalten bzw. wiederherzustellen; maßgeblich ist hier die Erfüllung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL 2000).

Für das Planungsgebiet „Sieben Eichen“ bedeutet das Ziel, dass die Beek in der Twiete und anschließend die Tarpenbek durch die neue Bebauung und die damit veränderten Abflussregime im Gebiet (insb. durch eine Steigerung des Versiegelungsgrads) nicht beeinträchtigt wird.

Um das Ziel zu erreichen, müssen Maßnahmen gewählt werden, die die Abflussspende in die Beek in der Twiete ökologisch und hydraulisch verträglich regulieren.

Alle drei Varianten berücksichtigen den Schutz der Gewässer. Trotzdem erhöhen alle Varianten im Vergleich zu dem Ist-Zustand den Versiegelungsgrad des Gebiets und damit den Abfluss von Regenwasser. In der Vorsorgevariante ist dieser Abfluss am geringsten, da über den größten Anteil an Grünflächen und Gründächern am meisten Wasser zurückgehalten werden kann.

Die gesetzlich vorgegebene Einleitbeschränkung von $3 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$ muss eingehalten werden (LLUR 2017). Das muss in der weiteren Planung berücksichtigt und nachgewiesen werden. Vor diesem Hintergrund müssen wenigstens die Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung in der Grundvariante umgesetzt werden. Grundsätzlich sollte der Gründachanteil erhöht werden. Private Eigentümerinnen und Eigentümer müssen angehalten werden, auf ihren Grundstücken Maßnahmen zur Reduzierung des Wasserabflusses umzusetzen.

Ein weiterer Aspekt ist der Schutz des Grundwassers, der aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet zwingend vorgeschrieben ist. Die gewählten Bausteine gekoppelter Infrastrukturen beachten die besonderen, hier geltenden Vorgaben zum Umgang mit Abwasser und der Versickerung von Betriebswasser im Gebiet.

6.3 Überflutungsvorsorge

DIN 1986-100 gibt folgende Regel vor: „Für die Differenz der auf der befestigten Fläche des Grundstücks anfallenden Regenwassermenge zwischen dem mindestens 30-jährigen Regenereignis und dem 2-jährigen Berechnungsregen muss der Nachweis für eine schadlose Überflutung des Grundstücks erbracht werden“ (DIN 1986-100). Dafür müssen Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer einen Überflutungsnachweis²² zum Schutz gegen das 30-jährliche Regenereignis erbringen. Die Norm führt zudem Möglichkeiten für Überflutungsschutz aus: „Die unschädliche Überflutung kann auf der Fläche des eigenen Grundstückes, z. B. durch Hochborde oder Mulden, wenn keine Menschen, Tiere oder Sachgüter gefährdet sind, oder über andere Rückhalteräume, wie Rückhaltebecken, erfolgen, soweit die Niederschlagswasserableitung nicht auf andere Weise sichergestellt ist“ (DIN 1986-100).

Die Grundvariante kann den Überflutungsnachweis zum 30-jährlichen Regenereignis nach einer ersten überschlägigen Abschätzung im größeren, südlichen Teil des betrachteten Gebiets erbringen. Der Nachweis muss in der weiteren Planung rechnerisch vorgenommen werden. Kritisch ist der nördliche Teil des Gebiets mit dem geringen Grundwasserflurabstand. Entsprechend groß sind aufgrund der in dieser Variante nicht vorgesehenen umfangreichen Dachbe-

²² Ein Überflutungsnachweis ist eine besondere Leistung, die durch Simulationsprogramme nachgewiesen muss.

grünungen die Flächenbedarfe für die Verdunstungsmulden/-beete in der angrenzenden Retentionszone.

Die erweiterte Grundvariante sieht gegenüber der Grundvariante im nördlichen Teil den Einsatz von Gründächern vor. Die Gebäude im Bereich der geplanten Einfamilienhaussiedlung im nördlichen Teilgebiet des Planungsraums, das aufgrund eines geringen Grundwasserflurabstands keine Versickerung zulässt, wurden mit extensiv begrünten Dächern ausgestattet. Durch mehr Dachbegrünung kann ein größerer Teil des Niederschlagswassers bereits auf Gebäuden und privaten Flächen zurückgehalten werden. Damit entsteht ein besserer Schutz vor Starkregenereignissen, die Wahrscheinlichkeit von kostspieligen Schäden sinkt dementsprechend. Oder es wird möglich, das darauffolgende Entwässerungssystem im (öffentlichen) Raum (Verdunstungsmulden/-beete, Retentionsanlage) kleiner zu dimensionieren als in der Grundvariante.

Am besten erfüllt die Vorsorgevariante die Mindestanforderung beim Überflutungsnachweis. Durch die sorgfältige Umsetzung und entsprechende Auslegung/Ausgestaltung der in dieser Variante vorgesehenen Bausteine (z. B. flächendeckende Dachbegrünung, Regenwassernutzung zur Bewässerung von Grün und zur Toilettenspülung, multifunktionale Flächen, Verdunstungsmulden) könnte diese auch die Bedingungen für ein 100-jährliches Regenereignis erfüllen. Dazu muss diese Prüfung in der weiteren Planung vertieft werden. Diese Variante kann mit den sich abzeichnenden Folgen des Klimawandels (aufgrund der heute anzulegenden Wahrscheinlichkeiten kommt das 100-jährliche Regenereignis künftig wahrscheinlich häufiger vor – so wie es z. B. Kopenhagen in den Jahren 2011-2014 getroffen hat) am besten umgehen. Weiter optimieren und in ihrer Vorsorgewirkung zusätzlich steigern lässt sich diese Variante, indem neben den Maßnahmen zur Kopplung blau-grün-grauer Infrastruktur auch dezidiert technische Auslegungen (z. B. für Verkehr und Straßen, Architektur und Städtebau) wie zum Beispiel Bordsteine, Gebäudeformen oder Geländemodellierung integriert werden. Das muss in der Detailplanung berücksichtigt (z. B. wegen Barrierefreiheit) und mitgedacht werden.

6.4 Ressourcenschonung und Wasserkreislaufführung

Zusätzlich zu Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung werden im Rahmen der Vorsorgevariante für das Quartier weitergehende Bausteine zur Steigerung der Ressourceneffizienz und Wasserwiederverwendung vorgeschlagen. Die wissenschaftlichen Prognosen zum Klimawandel zeigen auf, dass langfristige Strategien zum Umgang mit Extremwetterereignissen entwickelt werden müssen (BBSR 2013). Das haben die in weiten Teilen Deutschlands sehr trockenen und zum Teil extrem heißen Sommer der Jahre 2018 und 2019 bestätigt. Perspektivisch kann es zu Versorgungsengpässen kommen, und es können sich Nutzungskonflikte um Wasserres-

sources auch in Deutschland entwickeln oder weiter verschärfen²³. Die Nutzung von Betriebswasser und Regenwasser kann für die Bewässerung von Gärten und auch für Anwendungen wie Wäschewaschen und die Toilettenspülung auf lange bewährte Techniken und Komponenten zurückgreifen.

In den beiden Grundvarianten wird das von den (Grün-)Dächern abfließende Regenwasser in Zisternen gesammelt, um es später für weitere Nutzungen (Bewässerung, Toilettenspülung) verwenden zu können. Der Hauptanteil des Regenwassers von den Dächern wird über das Grün verdunstet. In der Vorsorgevariante sorgt der hohe Anteil an Gründächern dafür, dass das zum großen Teil bereits auf dem Dach geschieht. Die Verdunstungsleistung und Menge des Regenwasserabflusses vom Dach hängt von der Art der Dachbegrünung – extensive oder intensive – ab.

In der Vorsorgevariante ist neben der Regenwassernutzung auch das Grauwasser zur weiteren Verwendung vorgesehen. Die Aufbereitung des Grauwassers in dieser Variante kann sowohl als technische Anlage im Gebäude als auch in naturnahen Anlagen im Freiraum erfolgen. Bei der Behandlung im Freiraum sind Maßgaben der Unteren Wasserbehörde Kreis Segeberg bzw. der Verordnung zum Wasserschutzgebiet zwingend zu beachten.

Bei der Garten-Bewässerung und Toilettenspülung kann Trinkwasser einfach durch Betriebswasser ersetzt und so der Trinkwasserbedarf im Gebiet reduziert werden. Eine vereinfachte Abschätzung der drei Varianten ist in Tab. 5 mit Verweis auf die Anteile der Wasserwiederverwendung zu finden. Des Weiteren muss in der Planung berücksichtigt werden.

6.5 Empfehlungen/Hinweise für den weiteren Planungsprozess

Aus den Ergebnissen der drei Varianten gekoppelter Infrastrukturen für das Planungsgebiet „Sieben Eichen“ lassen sich folgende Empfehlungen und Vorschläge für den weiteren Planungsprozess ableiten:

- Vor dem Hintergrund des fortschreitenden Klimawandels und der mit Extremereignissen verbunden enormen Schadenssummen ist eine vorsorgeorientierte Vorbereitung und Auslegung der gekoppelten blau-grün-grauen Infrastrukturen auf heute noch sehr seltene Ereignis-

²³ Vgl. folgende Mitteilung des Wasser- und Abwasserverbandes Osterholz aus dem Sommer 2018: „Der Wasser- und Abwasserverband Osterholz, Landkreis Osterholz hat am 31.05.2018 angeordnet, dass die Nutzung von Trinkwasser aus dem öffentlichen Versorgungsnetz aufgrund der anhaltenden Trockenwetterlage unbedingt zu reduzieren ist. Somit ist ab sofort die Bewässerung von Wegeflächen, Rasenflächen, Nutz- und Ziergärten, Spiel- und Sportplätzen, das Waschen von Kraftfahrzeugen, die Befüllung von Regenwasserzisternen, privaten Schwimmbecken und ähnlichen Einrichtungen untersagt“ (Landkreis Osterholz 2018). Trockenwetterlage unbedingt zu reduzieren ist. Somit ist ab sofort die Bewässerung von Wegeflächen, Rasenflächen, Nutz- und Ziergärten, Spiel- und Sportplätzen, das Waschen von Kraftfahrzeugen, die Befüllung von Regenwasserzisternen, privaten Schwimmbecken und ähnlichen Einrichtungen untersagt“ (Landkreis Osterholz 2018).

nisse (100-jährliche Starkregen) sinnvoll. Mit einem vorsorgeorientierten und zukunftsfähigen Planungsansatz, der über die heute zwar gängigen aber künftig sehr wahrscheinlich nicht mehr angemessenen Standards hinausgeht, lassen sich größere Schäden für die Bewohnerinnen und Bewohner vermeiden. Auch wenn der Überflutungsnachweis „nur“ für das 30-jährliche Regenereignis erbracht werden muss, ist eine Auslegung der Planung für die Wasserbewirtschaftung im Gebiet auf ein 100-jährliches Regenereignis empfehlenswert. Eine nachträgliche Anpassung der Infrastrukturen ist kostspieliger als eine zukunftsfähige und resiliente Auslegung der Infrastruktur von Anfang an.

- Eine vertiefte Untersuchung der Überflutungsgefahren sowohl für ein 30- als auch für ein 100-jährliches Regenereignis wird für die nächste Planungsphase sehr dringend empfohlen.
- Der Gründachanteil sollte möglichst hoch angesetzt werden, da dies der Vorbereitung auf stärkere Regenereignisse nutzt und die Flächenbedarfe für Retentions-, Verdunstungs-, und Versickerungsanlagen in den Freiflächen im Gebiet reduziert bzw. im Sinne der Vorsorge für noch seltenere Ereignisse nutzt. Entsprechend sind im Gebiet für Gründächer geeignete Gebäudekubaturen und Dachformen zu planen und festzulegen.
- Obwohl die Versickerung und Grundwasserneubildung einen wichtigen Teil im natürlichen Wasserhaushalt darstellen, sollte aufgrund der Charakteristika des Gebiets (insb. niedriger Grundwasserflurabstand, Vernässungsproblematik) ein Vorrang auf die Verdunstung von Wasser gelegt werden. Verdunstung hat bei Hitze im Sommer zudem positive, temperaturausgleichende Effekte auf das Mikroklima. Die Fokussierung auf eine Verdunstung sollte in der Kommunikation mit der Öffentlichkeit betont werden, um die Sorgen der Anwohnerinnen und Anwohner vor Vernässung aufzugreifen.
- Alle Varianten gekoppelter blau-grün-grauer Infrastrukturen basieren auf einem abgestimmten Zusammenspiel von privaten und öffentlichen Flächen. Nur in der integrierten Betrachtung des Gebiets ist bei der Wasserbewirtschaftung eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt möglich. Auf dieser Basis lässt sich die Einleitbeschränkung bzw. der maximal zulässige Gebietsabfluss einhalten und die Überflutungsvorsorge für Extremereignisse treffen. Damit können auch „harte“ planerische Vorgaben an private Gebäude- und Grundstückseigentümerinnen und -eigentümer einhergehen (z. B. Gründächer, Verzicht auf Versiegelung). Sie müssen politisch gewollt sein, rechtskonform und rechtssicher festgesetzt und anschließend zu ihrer Umsetzung auch kontrolliert werden.
- Für die Verkehrsflächen inkl. der Geh- und Radwege wird vorgeschlagen, sie als teilversiegelte Flächen mit einem Versiegelungsgrad von maximal 50 % auszuführen; das wird bei den hier vorgenommenen Berechnungen zugrunde gelegt. Pflastersteine mit hohem Porenvolumen fördern neben der Versickerung auch die Verdunstung von Niederschlagswasser. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass sie auf Geh- und Radwegen den gleichen Kom-

fort bieten, wie er dem Kfz-Verkehr geboten wird – also glatt, ohne erhöhten Rollwiderstand, ohne Rillen und Kanten.

- Auch wenn die Auswirkungen zunehmender Hitze bislang erst bei Wenigen im Bewusstsein sind (etwa bei Medizinerinnen und Medizinern, Landwirtinnen und Landwirten, Forstleuten), stellen frühzeitig umgesetzte Gegenmaßnahmen einen wichtigen Baustein der Vorsorge dar. Für „Sieben Eichen“ bedeutet das vor allem, Grünflächen und grüne Freiräume mit ihrem Baumbestand zu schützen und neue zu fördern sowie einen hohen Grad an Verdunstung zu gewährleisten.
- Zur Stärkung der Verdunstung – selbst in der Vorsorgevariante erreicht sie noch nicht den potenziell naturnahen Anteil – lassen sich auch noch die Potenziale aus aufbereitetem Regenwasser und Grauwasser nutzen. Dazu muss das Betriebswasser in Regentonnen oder Zisternen gesammelt werden und kann dann in trockenen Zeiten zur Bewässerung der Gründächer oder Gärten eingesetzt werden.
- Aus Gründen des Ressourcenschutzes enthält die Vorsorgevariante auch Bausteine, die den Verbrauch von wertvollem Trinkwasser reduzieren helfen. Das spart zudem Energie und Chemikalien für dessen Aufbereitung. Grauwasserbehandlungsanlagen können ggf. auch mit einer Wärmerückgewinnung gekoppelt werden, wodurch sich positive Effekte für den Klimaschutz erreichen lassen. Der Einsatz dieser Bausteine ist im Einzelfall zu prüfen und in eine Interessenabwägung einzubeziehen.
- Es ist sinnvoll, die notwendigen planerischen Vorgaben in einem Gestaltungshandbuch zu definieren. Hier sind dann u. a. für die privaten Freiflächen (d. h. für die Eigentümer/-innen der Grundstücke) Mindest- und Maximalwerte für den Versiegelungsgrad der Freiflächen anzugeben, um das Konzept einer klimaverträglichen Gebietsentwicklung zu unterstützen.
- Wichtig für die effektive Umsetzung der drei Varianten mit ihren verschiedenen blau-grün-grauen Bausteinen und Kopplungsoptionen ist die Konzeption eines geeigneten Betreibermodells, besonders für die Pflege und Unterhaltung der Anlagen. Bausteine im öffentlichen Raum bieten den Vorteil, dass deren Funktionsfähigkeit besser gewährleistet werden kann, weil die Kommune Pflege und Unterhalt selbst steuern kann. Zudem ist es wichtig, alle Akteure vor Ort frühzeitig in den Prozess einzubeziehen. Die Identifikation der Akteure mit der Planung und den umgesetzten Maßnahmen vermag deren Qualität und ihren Betrieb zu stützen und damit die beabsichtigte Wirkung herbeizuführen.
- Bei der Studie handelt es sich um eine planerische Machbarkeitsstudie. Sowohl die geforderten Nachweise (z. B. Überflutungsnachweis) als auch die exakte Dimensionierung der Anlagen sind aufgrund des derzeit noch nicht ausreichend konkretisierten Planungsstands in den kommenden Planungsphasen zu erstellen.

7 Anhang

7.1 Bausteine Norderstedt

Im Folgenden werden diejenigen Bausteine blau-grün-grau gekoppelter Infrastrukturen kurz beschrieben und bildlich erläutert, die in den Varianten im Projektgebiet zum Einsatz kommen. Eine Darstellung der Ökosystemleistungen und Potenziale der Bausteine und der dazugehörigen Maßnahmen ist in Winker et al. (2019) veröffentlicht²⁴. Ergänzend sei auf die Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung verwiesen, die im Projekt KURAS²⁵ erarbeitet wurden.

7.1.1 Baustein: Grünflächen und grüne Freiräume

Grünflächen sind bepflanzte, parkartig oder gärtnerisch gestaltete Flächen, die vielfältige Formen und Strukturen annehmen können und zahlreiche Nutzungen zulassen. In diesen Baustein fallen Maßnahmen wie Gärten, begrünte Höfe, Parkanlagen, Straßenbäume oder auch Spiel- und Sportplätze (sofern sie nicht mit Kunstrasen ausgelegt sind). Sie können sich sowohl im öffentlichen als auch im privaten Bereich befinden. Grüne Freiräume sind demgegenüber solche Freiflächen, die noch weitgehend naturnah bewachsen sind, etwa die nicht verbauten Ränder von Gewässern und Stadtwälder.

Grünflächen und grüne Freiräume erlauben es, verschiedene wasserwirtschaftliche Funktionen auf einer Fläche zu vereinen. Hier ist der Wasserhaushalt weitgehend dem naturnahen Zustand angepasst oder kann dahingehend optimiert werden. Zusätzlich können in den Grünflächen verschiedene weitere Funktionen integriert werden, mit denen die Auswirkungen von umliegenden versiegelten Flächen (ganz oder teilweise) kompensiert werden können. Ein wichtiger Aspekt für die Qualität der Grünflächen ist die Auswahl der Pflanzen. Einheimische, an die konkreten Standortbedingungen angepasste Pflanzen sind dabei immer erste Wahl. Sie sind in der Regel leichter zu pflegen und den lokalen Bedingungen (z. B. Boden, Klima) angepasst (vgl. Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz 2016). Die Wahl von standortheimischen Pflanzen bietet darüber hinaus erhebliche Vorteile für den biologischen Wert der Ökosysteme und damit auch für den Schutz der biologischen Vielfalt.

²⁴ Im Projekt netWORKS 4 wurden für die Anwendung in partizipativen Planungsprozessen gekoppelter Infrastrukturen Infokarten entwickelt, die die wichtigsten Merkmale und Eigenschaften der Bausteine abbilden. Die Infokarten können auf der Seite des Forschungsverbundes zur eigenen Verwendung heruntergeladen werden (www.networks-group.de).

²⁵ <http://www.kuras-projekt.de/index.php?id=78>.



Abb. 63: Referenzbilder Grünfläche/grüne Freiräume: Scharnhäuser Park, Ostfildern – als multifunktionale Grünfläche ausgelegter Retentionsbereich mit Trittsteinen (links, Ramboll Studio Dreiseitl); Eichenpark Hamburg, innerstädtischer Freiraum an der Alster (rechts, Herbert Brüning 2020)

Bäume

Bäume (Baumstandorte) stellen im Kontext des Bausteins Grünflächen und grüne Freiräume ein wichtiges klimarelevantes Element dar. Sie erreichen mit einem relativ geringen Flächenbedarf ein recht großes Grünvolumen. Damit eignen sie sich für viele Standorte nicht nur in Grünflächen wie Parkanlagen und grünen Freiräumen wie Stadtwäldern, sondern auch entlang von Straßen. Sie können einzeln, in Gruppen oder als Gehölz eingesetzt werden. Zur Ausbildung des vollen Wuchses benötigen sie eine ausreichend große Baumscheibe und Platz im Wurzelraum (als Orientierung: so viel Raum wie die Krone einnimmt). Dies ist in Grün- und Freiflächen in der Regel gegeben. Zu beachten ist, dass einige Baumarten sehr empfindlich auf Druck reagieren, der auf ihre Wurzeln ausgeübt wird.

Bäume haben vielfältige positive Wirkungen zur Anpassung an den Klimawandel. Sie binden CO₂ und produzieren Sauerstoff. Aufgrund ihres Grünvolumens bzw. über ihre große Blattfläche verfügen sie über ein sehr hohes Verdunstungspotenzial. Durch die Verdunstung kommt es zu einer Abkühlung der Umgebung, weshalb Bäume für einen Ausgleich der kleinklimatischen Belastungen sorgen. Zudem vermindert ihr Schattenwurf bereits die Erhitzung umliegender Flächen. Auch dadurch wirken sie positiv auf das Mikroklima im Quartier ein. Um diese Wirkung optimal zu nutzen und zu unterstützen, können Bäume gezielt an der Südseite von Gebäuden gepflanzt werden.

Zusätzlich können sie auch noch Luftschadstoffe filtern. Außerdem bieten insbesondere heimische Bäume für eine Vielzahl von Tieren einen hochwertigen Lebensraum. Und nicht zuletzt stellt die Speicherung von CO₂ im Holz der Bäume eine wichtige Senke für dieses Treibhausgas dar, die den Klimawandel etwas verlangsamen kann.

Straßenbäume

Bäume können auch in so stark überprägten Flächen wie dem Straßenraum wichtige natürliche Akzente setzen. Sie tragen wesentlich zu Gliederung, Belebung, klimatischem Ausgleich und Aufwertung dieser Räume bei. Die Wertschätzung von Straßenbäumen ist in der Norderstedter Bevölkerung außerordentlich hoch²⁶.

Baumstandorte und Baumarten im Straßenraum sind sorgfältig zu planen und auszuwählen. Balder et al. (2019) geben hierzu wertvolle Hinweise. Bei ihrer Anpflanzung ist zu bedenken, dass durch die Baumwurzeln ggf. negative Auswirkungen auf umliegende Infrastruktureinrichtungen (z. B. die häufig unter Fuß- und Radwegen verlegten Leitungen für Gas, Wasser, Telekommunikation usw.) möglich sind. Schon bei der Anpflanzung ist zu beachten, dass Bäume erheblich wachsen und dementsprechend im Laufe der Zeit mehr Platz benötigen – sowohl über als auch unter der Erde.



Abb. 64: Referenzbild Straßenbäume: Hamburg Eimsbüttel – als Allee ausgebaute Wohnstraße (Herbert Brüning 2020)

Auch in Mulden (vgl. Baustein Versickerung mit Bodenpassage und Verdunstung) sorgen Bäume dafür, dass das Grünvolumen im Freiraum deutlich zunimmt, die damit verbundenen ökolo-

²⁶ Das zeigt die repräsentative Umfrage in Norderstedt im Rahmen des Forschungsvorhabens Zukunftsstadt. Im Mittel aller Befragten werden Straßenbäume – noch vor allen anderen Elementen einer „grünen Stadt“ – zwischen wichtig und sehr wichtig eingeschätzt! (www.norderstedt.de/zukunftsstadt).

gischen Funktionen bereitgestellt werden und eine natürliche horizontale Gliederung des Raumes erreicht wird.

Werden Bäume in (straßenbegleitenden) Mulden angepflanzt, ist eine erhöhte Wasserversorgung gewährleistet. Das kann auf wasserdurchlässigen Standorten und in trockenen Jahren den sonst erforderlichen Bewässerungsbedarf reduzieren. Eine damit einhergehende gute Nährstoffversorgung kann auch für einen besseren Wuchs sorgen. Eine Auflockerung des Bodens durch die gute Durchwurzelung erhält auf Dauer die Versickerungsfähigkeit. Für den Erhalt der uneingeschränkten Funktionsfähigkeit der Mulden ist ein regelmäßiges Entfernen von Laub notwendig (Balder et al. 2019).

7.1.2 Baustein: Vermeidung von Versiegelung/Entsiegelung

Der vollständige oder teilweise Verzicht auf eine Versiegelung von Flächen erhält die zahlreichen natürlichen Funktionen des Bodens – u. a. die Wasseraufnahmefähigkeit und Grundwasserneubildung – und der darauf wachsenden Vegetation – u. a. die Wasserverdunstung. Eine Entsiegelung von zuvor bereits versiegelten Flächen kann immerhin einen Teil der Bodenfunktionen wieder in Kraft setzen. Möglich wird das bei technischen Bauwerken durch einen Ersatz von vollversiegelten Flächen (z. B. Asphalt) durch teilversiegelte Oberflächenbefestigungen, z. B. wassergebundene Deckschichten, Sickerpflaster, Fugenpflaster oder Rasengittersteine.

Gebäude, Straßen, Parkplätze und auch Rad- oder Gehwege werden zumeist mit harten, wasserundurchlässigen Materialien errichtet. Insbesondere bei der Neuanlage von Verkehrsflächen kann zumindest teilweise auf wasserdurchlässige Materialien zurückgegriffen werden. Wasserwirtschaftliche Ziele dieses Bausteins sind die hydraulische Entlastung der Entwässerungssysteme durch die Förderung der Versickerung bzw. der Erhalt eines möglichst natürlichen Wasserhaushaltes. Dann haben auch Bodenlebewesen eine bessere Chance zu überleben. Außerdem lässt sich über die zeitlich verzögerte Verdunstung von Wasser eine Verbesserung des Stadtklimas erreichen.

Maßnahmen:

Teilversiegelte Oberflächen

Beläge mit einem geringeren Versiegelungsgrad als die oft üblichen Materialien (wie Asphalt) kombinieren Eigenschaften einer Befestigung des Bodens mit den Vorteilen einer Wasserdurchlässigkeit. In unterschiedlichem Ausmaß bieten das beispielsweise Sickerpflaster, wassergebundene Deckschichten, Fugenpflaster oder Rasengittersteine. Dieser Baustein kann trotz einer Teilversiegelung des Bodens auch Grün integrieren, wie zum Beispiel im Falle von Rasengittersteinen.

Der resultierende mittlere Abflussbeiwert der Flächen, also der Anteil des direkt abfließenden Regenwassers, kann so von 0,9 (Schwarzdecke) auf bis zu 0,2 (Rasengittersteine) reduziert werden. Durch teilversiegelte Oberflächen kann ein großer Anteil des Niederschlagswassers im

Gebiet zurückgehalten, verdunstet und versickert werden. Dadurch lassen sich die zu bewältigenden Abflussmengen reduzieren bzw. drosseln. Das wird gerade bei Starkregenereignissen zu einer Schadensbegrenzung beitragen (Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft 2019). Pflastersteine mit erhöhter Durchlässigkeit und hohem Verdunstungspotential funktionieren am effektivsten bei einem großen Grundwasserabstand, der (wenn möglich, mehr als 2 m) unterhalb der belebten Oberbodenzone liegt. Sie dürfen im Winter nicht mit Streusalz/Feuchtsalz beaufschlagt werden.

Da das Planungsgebiet „Sieben Eichen“ derzeit überwiegend landwirtschaftlich genutzt wird, steht hier die Beschränkung einer Versiegelung auf das unverzichtbare Ausmaß im Vordergrund. Das kann beispielsweise durch den Einsatz von Oberflächenbelägen mit einer erhöhten Wasserdurchlässigkeit gelingen. Wo immer möglich ist ein Verzicht auf Versiegelung empfehlenswert, auch auf privaten Grundstücken.

(Komplette) Entsiegelung

Vorhandene Versiegelungen können komplett beseitigt werden, indem die wasserabweisenden Beläge aufgenommen werden. Dafür bieten sich generell Erneuerungsarbeiten für die Deckschichten an. Im Planungsgebiet kann sich die Chance dazu bieten, wenn aus irgendeinem Anlass die derzeit bestehende Nutzung der bereits bebauten Flächen entfallen sollte.

Speziell das Einzugsgebiet des Ossenmoorgrabens ist bereits sehr stark überbaut bzw. versiegelt. Das Einzugsgebiet der Tarpenbek Ost weist in Norderstedt die größte Zunahme an Versiegelung auf.²⁷ Deshalb ist es gerade hier wichtig, auch bereits bestehende Versiegelungen daraufhin zu überprüfen, ob sie wirklich benötigt werden. Beispielsweise können als Alternative zu gepflasterten Ableitungsrinnen für Niederschlagswasser Rasenmulden vorgesehen werden, die gleichzeitig als Sickermulden dienen. Als Kompensation für die zusätzlichen Eingriffe im Gebiet „Sieben Eichen“ können die Entsiegelungen auch im übrigen Einzugsgebiet der beiden Gewässer vorgenommen werden.

²⁷ Vgl. die Darstellungen im Umweltbericht zum Flächennutzungsplan 2020 der Stadt Norderstedt, insbesondere ab S. 63 (PLANUNG + UMWELT 2007).



Abb. 65: Referenzbilder Vermeidung von Versiegelung /Entsiegelung: Potsdamer Platz, Berlin (links); Asperg Arkadien, Stuttgart (Mitte); Scharnhäuser Park, Ostfildern (rechts) –weniger Versiegelung in Städten reduziert schädliche Auswirkungen von starken Niederschlägen und einen Hitzeinseleffekt (Ramboll Studio Dreiseitl)

7.1.3 Baustein: Versickerung mit Bodenpassage und Verdunstung

Auf natürlichen Flächen versickert ein erheblicher Teil des Niederschlags in den Boden. Dabei wird das Regenwasser während der Bodenpassage gereinigt und füllt schließlich das Grundwasserreservoir auf. Die natürlichen Funktionen von Böden werden bei diesem Baustein dazu genutzt, den Wasserhaushalt im besiedelten Bereich zu bewirtschaften. (Unbelastetes) Regenwasser kann gezielt auf solche Flächen und Anlagen zugeleitet werden, die zur Versickerung bestimmt sind.

Sowohl die Versickerung als auch die forcierte Verdunstung dienen der hydraulischen und stofflichen Entlastung der Entwässerungseinrichtungen (hier: für die Gewässer Beek in der Twiete und anschließend die Tarpenbek). Zugleich ermöglicht dieser Baustein eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt im Gebiet, da neben der Grundwasserneubildung durch eine Versickerung auch die Verdunstung gefördert wird. Für die Reinigung des zu versickernden Regenwassers ist die belebte Bodenzone entscheidend, die dafür eine Mächtigkeit von mindestens 30 cm aufweisen muss. Der Bewuchs sichert langfristig eine kräftige Durchwurzelung, Sauerstoffversorgung und Wasserdurchlässigkeit des Bodens, was allesamt wichtige Voraussetzungen für lebendige, zum Schadstoffrückhalt befähigte Böden sind.

Je niedriger die Bodendurchlässigkeit (kurz: k_f -Wert) ist, desto größer ist der benötigte Flächenbedarf aufgrund der längeren Versickerungszeiten. Für die Versickerung mit Bodenpassage ist ein k_f -Wert von $> 1 \cdot 10^{-6}$ erforderlich. Wenn das Wasser noch langsamer versickert, wird die Reinigungsleistung zu gering, denn das Wasser staut sich und fließt zum großen Teil seitlich ab, soweit es nicht vorher verdunsten kann.

Maßnahmen:

Flächenversickerung

Eine unbefestigte Fläche kann bei größeren Niederschlagsmengen horizontal überströmt werden. Hier kann das Wasser bei geeigneten Bodenverhältnissen in Anlehnung an den natürlichen Wasserhaushalt großflächig versickern. Unter normalen Witterungsbedingungen erfolgt dabei kein (geplanter) Einstau von Wasser auf diesen Flächen.

Versickerungsmulde

Mulden sind Einsenkungen in einer ansonsten ebenen Geländeoberfläche, die im städtischen Umfeld üblicherweise bepflanzt sind. Sie liegen unter dem Niveau der angrenzenden Straßen/Wege und nehmen deren Niederschlagswasserabfluss auf.

Versickerungsmulden dienen im Rahmen der Wasserbewirtschaftung dazu, Niederschlagswasser zu sammeln, zurückzuhalten und zu versickern, sofern der dafür benötigte Flächenbedarf ein mittleres Ausmaß nicht überschreitet. Dazu muss der Boden unter den Mulden eine ausreichende gute Wasserdurchlässigkeit aufweisen (s. o.). Im Normalfall soll die Mulde nach spätestens einem Tag entleert sein. Bei Bedarf kann das Versickern in den Untergrund und die Entleerung der Mulde baulich dadurch unterstützt werden, dass unterhalb der Mulde Filtervliese und Kiesschichten eingebaut werden.

Über die Vegetation wird ein gewisser Anteil des Wassers auch verdunstet; das Ausmaß hängt von den gewählten Pflanzen und ihrem Wasserumsatz ab. Überschüssiges Wasser lässt sich mit Hilfe der Mulden und eines dort vorgesehenen Überlaufs gezielt ableiten.



Abb. 66: Referenzbilder Versickerung mit Bodenpassage: Kleiner Horst, Hamburg (links); Scharnhäuser Park, Ostfildern (Mitte und rechts) (Ramboll Studio Dreiseitl)

Verdunstungsmulden

Mulden lassen sich auch so anlegen, dass sie nicht vorrangig der Versickerung, sondern der Verdunstung von Wasser dienen. Dafür muss die Mulde nach unten durch einen (weitgehend) wasserundurchlässigen Boden abgedichtet werden, z. B. mit einer Tonschicht. Verdunstungsmulden können auch dort zum Einsatz kommen, wo das Versickern des Wassers nicht möglich oder nicht erwünscht ist. Der Unterschied zwischen einer Verdunstungsmulde und einer Versickerungsmulde besteht darin, dass bei der Verdunstungsmulde durch Abdichtung bzw. einen undurchlässigen Untergrund und eine Überlaufvorrichtung (Überlaufschwelle) gezielt ein Dauereinstau in der Mulde erreicht wird. Eine Kombination der beiden Muldenvarianten im Sinne einer Kaskade kann so angelegt werden, dass Regenwasser erst ab Überschreiten eines definierten Wasserstands von der Verdunstungsmulde in die Versickerungsmulde überläuft.

Das Wasser wird in den Verdunstungsmulden eingestaut und verdunstet entweder direkt von der Wasseroberfläche aus oder es wird im Laufe der Zeit von den Pflanzen aufgenommen und hauptsächlich über deren Blätter verdunstet. Auch hier trägt die Auswahl der Pflanzen zur erreichbaren Verdunstungsleistung bei. Besonders viel Wasser setzen Bäume um. Die auszuwählenden Pflanzen müssen an wechselfeuchte Standortbedingungen angepasst sein.

Der besondere Wert von Verdunstungsmulden liegt darin, dass sie durch eine Steigerung der Wasserverdunstung dazu beitragen, dass in bebauten Bereichen eine Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf (mit seinem hohen Verdunstungsanteil) gelingt. Damit kann der zunehmenden Erwärmung/Überwärmung in Städten entgegengewirkt werden.



Abb. 67: Referenzbild Verdunstungsmulde mit einer maximalen Einstauftiefe für den Regenwasserrückhalt von 30 cm: Arkadien, Winnenden (Ramboll Studio Dreiseitl)

Tiefbeet und Baumrigolen

Eine Steigerung der Wasseraufnahmekapazität von Flächen lässt sich dadurch erreichen, dass die Pflanzstandorte gezielt abgesenkt und diese Senken als Versickerungsflächen genutzt werden. Seitliche Einläufe führen dem Tiefbeet bzw. der Baumrigole Wasser aus der Entwässerung von Verkehrsflächen zu. Ein nachträglicher Einbau ist auch bei Bestandsstraßen möglich. Sie benötigen nur geringe Flächenmaße und bringen eine lokale Entlastung des bestehenden Entwässerungssystems. Bei Böden, die eine sehr hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen, kann ein wannenförmiger Unterbau mit einem seitlichen Überlauf in die ungestörte Bodenzone pflanzenverfügbares Wasser über einen längeren Zeitraum bereitstellen.

Der Vorteil von Tiefbeeten bzw. Baumrigolen besteht in der Reduzierung des oberirdischen Flächenbedarfs. Sie eignen sich daher insbesondere für Räume, in denen die Flächenkonkurrenz groß ist. Dadurch kann eine höhere Aufnahmekapazität für Niederschlagswasser realisiert werden. Auf trockenen Standorten lässt sich für die Vegetation eine gute Wasserversorgung über einen längeren Zeitraum erreichen, ohne dass eine künstliche Bewässerung erfolgen muss. Die darin angepflanzten Beete und Bäume haben aufgrund ihrer Sichtbarkeit auch ästhetische Vorteile, erst recht bei einer ausreichend guten Wasserversorgung. Balder et al. (2019) weisen eine Reihe gut geeigneter heimischer Baumarten für den Einsatz in Mulden und Mulden-Rigolen-Systemen aus.



Abb. 68: Referenzbilder Tiefbeet: Malmö, Västra Hamnen; die Straßenentwässerung wird mit einer Reinigung durch Pflanzen in Tiefbeeten kombiniert, im rechten Bild ist im frisch bepflanzen Tiefbeet hinten der Überlauf gut zu erkennen (Herbert Brüning)

7.1.4 Baustein: Multifunktionale Rückhalteräume

Flächen, die explizit so konzipiert wurden, dass sie mehrere Funktionen erfüllen (können), bieten gerade in der Stadt einige Vorteile. Das gilt insbesondere dann, wenn Raum knapp und die Flächenkonkurrenz verschiedener Nutzungen hoch ist. Prädestiniert dafür sind solche Flächen, deren primäre Nutzung bei starken Regenereignissen nicht mehr oder nur stark reduziert stattfindet, wie beispielsweise Naherholung, Spiel oder sportliche Betätigungen.

Über multifunktionale Rückhalteräume kann Vorsorge für starke Niederschlagsereignisse getroffen werden. Darüber lassen sich auch in hoch verdichteten Räumen anspruchsvolle Standards zur Schadensvorsorge realisieren.

Maßnahmen:

Urbane Flächen (Parkanlagen, Gärten, Sportflächen als multifunktionale Rückhalteräume)

Rasenflächen in Parkanlagen oder Sportflächen können gegenüber der Umgebung leicht abgesenkt realisiert werden. Dadurch bilden sie einen sehr flachen Trog aus.

Bei trockenem Wetter erfüllen diese tieferliegenden Flächen ihre Hauptfunktion genauso gut wie flach ausgeführte Parkanlagen oder Spiel-/Sportflächen. Erst bei Starkregenereignissen sammelt sich in der Troglage das Wasser. In solchen Situationen kann Niederschlagswasser auch gezielt in diese Flächen hinein zugeleitet werden, welches die Leistungsfähigkeit (Bemessungsziele) der Entwässerungseinrichtungen übersteigt. Dann entsteht hier für eine kurze Zeit ein Puffer, um den stark erhöhten Wasserabfluss zurückzuhalten, langsam verdunsten zu lassen und seine Geschwindigkeit zu reduzieren. Eine stärkere Absenkung des Höhenniveaus, unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen, erhöht die oberflächige Retentionskapazität der Maßnahmen. Dieser Ansatz wurde z. B. in Kopenhagen im Rahmen des Hochwasserschutz-Masterplans nach dem Starkregenereignis vom Juli 2011 als eine Schutzmaßnahme verabschiedet (City of Copenhagen 2012).

Eine umfangreiche Bepflanzung steigert dabei das Verdunstungspotential und ermöglicht die Ausbildung von Versickerungsflächen, ohne deren optische Qualität nachteilig zu beeinflussen. Auf diese Weise wird aus einer monofunktionalen Fläche, die ausschließlich für eine Entwässerung benötigt wird, eine multifunktional angelegte Fläche, die neben ihrer Funktion als definierter potenzieller Überflutungsbereich zugleich als Garten, Spiel- oder Aufenthaltsort fungiert.

Die Flächen können neben dem Wasserrückhalt auch der Versickerung/Grundwasserneubildung dienen, da eine belebte Oberbodenzone (Rasenfläche) wasseraufnahmefähig ist.

Spielanlagen als multifunktionale Rückhalteräume

Auch Spielplätze können für ein zeitweiliges Einstauen von Niederschlagswasser genutzt werden, wenn sie als flacher Trog ausgelegt werden. Hierbei wären dann Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen und Notüberläufe vorzusehen.

Solche Spielplätze bieten sich in besonderer Weise dazu an, durch eine entsprechende Auswahl von Spielgeräten dann auch das Thema Regenwasser in das Spielangebot einzubeziehen. Sie ermöglichen ein erweitertes Spielangebot, zum Beispiel mit Kreiselpumpen und Matschspielflächen (vgl. hierzu den Baustein Wasserspiele), das für Kinder sehr attraktiv ist.



Abb. 69: Referenzbilder Multifunktionale Rückhalteräume: Scharnhauser Park, Ostfildern; der als Grünfläche und Spielwiese angelegte Bereich wird bei Starkregen zu einem oberirdischen Rückhaltelement und Wasserspeicher (Ramboll Studio Dreiseitl)

Uferstrukturen

Die Ausgestaltung der Uferbereiche von Gewässern kann dafür sorgen, dass der Regelquerschnitt eines Gewässers bei Starkregen gezielt vergrößert wird. Dann kann auch ein erhöhter Wasserstand problemlos bewältigt werden.

Eine gezielte/kontrollierte Überflutung und temporäre Überstauung von Uferbereichen bietet einem Gewässer den nötigen Raum, um ungewöhnlich große Wassermengen bewältigen zu können. Bei normalem Wasserstand können derart ausgestaltete Uferbereiche der Naherholung und Erlebbarkeit der Gewässer dienen. Sie bieten überflutungstoleranten Arten außerdem einen wichtigen Lebensraum.



Abb. 70: Referenzbilder Uferstrukturen: frisch renaturierter Abschnitt der Tarpenbek auf Hamburger Stadtgebiet, rechts mit einem Pegel (Herbert Brüning)

7.1.5 Baustein: Wasserspiele

Wasserspiele können in vielfältiger Weise angelegt werden. Das kann bodengebunden erfolgen, z. B. in Form von Gerinnen bzw. Ablaufsystemen. Wasser lässt sich auch über Pumpen auf einem Spielplatz zutage fördern und erlebbar machen.

Davon zu unterscheiden sind Wasserspiele, die das Wasser als spielerisches Element frei in die Luft eintragen. Das kann zum Beispiel als Springbrunnen ausgestaltet werden, über höher sprühende Fontänen oder als Sprühnebel und „Beregnung“. Wasserspiele werten den urbanen Raum auf. Dabei ist Wasser (meist) in Bewegung erlebbar. Derartige Elemente ermöglichen einen spielerischen Umgang mit Wasser oder sie präsentieren Wasser in einer ästhetischen Form.

Eine Nutzung von gereinigtem Regenwasser für Wasserspiele ist grundsätzlich möglich, muss aber im konkreten Einzelfall im Hinblick auf erforderliche Qualitätsansprüche geprüft werden. Als Faustformel gilt, dass bodengebundene Wasserspiele weniger strenge Anforderungen an die Wasserqualität stellen als Maßnahmen, bei denen Wasser versprüht/verspritzt wird. Bei Letzteren wird in der Regel aus hygienischen Gründen vorsichtshalber Trinkwasser verwendet.

Maßnahmen:

Wasserspielplatz

Aus Zisternen kann (behandeltes Regen-)Wasser über manuelle oder automatische Pumpen gefördert werden. Das Wasser wird anschließend – direkt oder über dazwischen geschaltete Spielelemente – in offene Gerinne geleitet oder zur gezielten Überspülung von Spielflächen eingesetzt. Diese Spielmittel sind dadurch gekennzeichnet, dass sie stets bodengebunden sind. Für verschiedene Spielelemente kann im Kreislauf geführtes Wasser genutzt werden, das anschließend in einer Reinigungsstufe wieder für die weitere Verwendung aufbereitet wird. In Abhängigkeit der hygienischen Anforderungen kann hierfür die Nutzung von gereinigtem Regen-

wasser in Betracht gezogen werden. Im Allgemeinen wird die Qualitätsstufe Badegewässer vorgesehen.

Für Kinder ist ein solches Angebot sehr attraktiv. Das Wasser lädt zum Spielen ein und ermöglicht sinnliche Erlebnisse und neue Betätigungsmöglichkeiten. Überdies bekommt Wasser so auch einen ästhetischen Charakter. Positiver Nebeneffekt ist, dass auf diese Weise auch die Verdunstung gefördert wird.

Wasserinstallationen

Eine größere Aufmerksamkeit und Reichweite erzeugen Wasserspiele, die das Wasser im Luft-raum präsentieren. Springbrunnen bzw. Fontänenfelder können Plätze aufwerten. Darüber hinaus beeinflussen sie auch das Mikroklima positiv. Im Sommer bieten sie zudem eine Möglichkeit der spontanen Abkühlung. Außerdem können Fontänen auch weitere Funktionen übernehmen: Bei einer Anordnung in (weitgehend) stehenden Gewässern erhöhen sie etwa den Sauerstoffeintrag.

Elemente mit Sprühfahnen, die bei Wind einen erweiterten Einflussbereich bekommen können, müssen aufgrund der schwer kontrollierbaren Reichweite des Wassers und einer stärkeren Exposition für Menschen aus hygienischen Gründen in der Regel mit Trinkwasser gespeist werden.



Abb. 71: Referenzbilder Wasserspiele: Mailänderplatz, Stuttgart (links) – multifunktionale Wasserspielplatzfläche, Spielfeld für Kinder, Begegnungszone, Verdunstungsfläche, Starkregenpuffer für 30-jähriges Regenereignis; BUGA, Koblenz (rechts) – Kinderspielplatz mit Wasserfontänen (Ramboll Studio Dreiseitl)

7.1.6 Baustein: Naturnahe Reinigungsverfahren

Die Behandlung bzw. Reinigung von Niederschlags-, Grau- und Schmutzwasser kann mit naturnahen Verfahren erfolgen. Dazu gehören Pflanzenkläranlagen, die sich vielfach bewährt haben. Auch über Retentionsbodenfilter lässt sich dieser Effekt erzielen.

Die Reinigung des Wassers beruht auf verschiedenen Schritten. Im Substrat können Wasserinhaltsstoffe biologisch abgebaut werden. Pflanzen können dem Wasser Nährstoffe entziehen und für ihr Wachstum nutzen. Außerdem lassen sich im Wasser enthaltene Stoffe über Adsorptionseffekte von Substrat und Pflanzen(-wurzeln) fixieren.

Das gereinigte Wasser wird als Betriebswasser bezeichnet und kann beispielsweise zur Bewässerung genutzt werden, aber auch für den Betrieb von Waschmaschinen oder als Toiletten-spülwasser. So lässt sich der Trinkwasserverbrauch durch eine Kreislaufführung oder Wiederverwendung senken.

Das gereinigte Wasser kann auch von einer Drainage gesammelt und über ein Ablaufbauwerk in ein Gewässer eingeleitet werden oder durch Versickerung zur Grundwasserneubildung beitragen; dabei sind die wasserrechtlichen Anforderungen zu erfüllen und nachzuweisen.

Maßnahmen:

Pflanzenkläranlage/Schilfbeetkläranlage

In einer Pflanzenkläranlage – zu denen eine Schilfbeetkläranlage als weit verbreitete Variante zählt – wird das eingeleitete Wasser mit Hilfe der Pflanzen gereinigt. Dort kann es in einer ausreichend langen Zeit entweder horizontal oder vertikal durchgeleitet werden. Dabei wird das Wasser durch Mikroorganismen an den Wurzeln der (Schilf-)Pflanzen von Nähr- und Schadstoffen befreit. Über Drainagerohre wird das gereinigte Wasser aufgenommen und abgeleitet. Am Auslauf der Drainage ist die Wasserqualität zu kontrollieren und die einwandfreie Funktion der Anlage zu überwachen.

Retentionsfilter

Retentionsfilter reinigen eingeleitetes Wasser während der Passage durch den belebten und stark absorbierenden Oberboden in den Untergrund. Sie bestehen aus einem offenen Rückhaltebecken (Fangbecken), in dem eine Leichtstoffabscheidung und Partikel-Sedimentation erfolgt. Es ermöglicht zugleich ein Abpuffern von Zuflussspitzen. Daran schließt sich ein bewachsener und zur Sohle abgedichteter Bodenfilter an, der entweder als Vertikalfilter (Durchströmung erfolgt von oben nach unten) oder als Horizontalfilter (Durchströmung erfolgt in seitliche Richtung) ausgelegt sein kann.



Abb. 72: Referenzbilder Naturnahe Reinigungsverfahren: Oslo – Anlage zur Aufbereitung von Grauwasser (links, Mitte); Ökosiedlung Braamwisch, Hamburg (rechts) – hier findet eine Behandlung von Niederschlags-, Grau- und Schmutzwasser im Freiraum statt (Wikimedia Commons, Ramboll Studio Dreiseitl)

7.1.7 Baustein: Toilettenspülung (mit Betriebswasser)

Für die Toilettenspülung bietet es sich an, anstelle von Trinkwasser Betriebswasser zu verwenden, das aus behandeltem Grauwasser gewonnen wird. Grauwasser ist das gering verschmutzte Abwasser aus Dusche, Bad und Handwaschbecken. Es kann auf mechanisch-biologische Weise in Pflanzenkläranlagen naturnah und kostengünstig gereinigt werden, um anschließend wiederverwendet zu werden. Der Vorteil des Grauwasser-Recyclings liegt darin, dass es meist den Betriebswasserbedarf im Gebäude übersteigt, der für die Toilettenspülung entsteht. Durch die Verwendung von Betriebswasser für die Toilettenspülung oder auch für die Waschmaschine lässt sich der Trinkwasserverbrauch im Haushalt deutlich reduzieren. Grauwasser-Recycling schont die wertvollen natürlichen (Grund-)Wasservorkommen. Außerdem wird dadurch der Einsatz von Chemikalien und der Energieaufwand von Klärwerken verringert.

7.1.8 Baustein: Bewässerung

Bewässerung kann für die Versorgung städtischen Grüns nötig sein, damit sich die Pflanzen auch in längeren Trockenperioden gut entwickeln. Das ist insbesondere bei den Systemen wichtig, die keinen Grundwasseranschluss haben, die womöglich sogar vom natürlichen Boden getrennt sind. Hierfür stehen eine Reihe von Maßnahmen zur Verfügung, die diese Aufgabe auf unterschiedliche Weise erfüllen: Beregnung, Oberflächenbewässerung, Unterflurbewässerung, Mikro-/Tröpfchenbewässerung.

Ziel der Bewässerung ist es, das Pflanzenwachstum zu fördern. Damit bleiben sie vital und können Trockenperioden überstehen und die ihnen zugeordneten Wirkungen (optisch, biologisch, hydrologisch, klimatologisch) erfüllen. Für die Bewässerung kann Regenwasser genutzt werden, das bei Regenfällen in Zisternen oder Regentonnen gesammelt wird. Neben einer Zwischenspeicherung von Regenwasser kann auch aufbereitetes Grauwasser (= Betriebswasser) zur Bewässerung eingesetzt werden. Im Unterschied zu gespeichertem Regenwasser ist es auch noch während langer Trockenperioden kontinuierlich verfügbar. Ziel dieses Bausteins ist

es, den Anteil des für Pflanzen verfügbaren Wassers (nFk) im Boden im Bereich 40 % – 80 % zu halten.



Abb. 73: Referenzbilder Bewässerung: Abu Dhabi (links) und München (Mitte, rechts) – Versorgung kleiner, isolierter Grünflächen über Bewässerungsschläuche (Ramboll Studio Dreiseitl)

7.1.9 Baustein: Dachbegrünung

Gebäude können nach oben auch so abgeschlossen werden, dass die Dachflächen als Standort für Pflanzen ausgelegt sind. Derartige Siedlungsbiotope lassen sich entweder extensiv (mit einer sehr dünnen Substratschicht und trockenresistenten Pflanzen) oder intensiv (mit einer mächtigeren Substratschicht und in der Regel krautigen Pflanzen) ausgestalten.

Begrünte Dachflächen erfüllen viele Funktionen gleichzeitig. Für eine Regenwasserbewirtschaftung trägt sie zur hydraulischen Entlastung der Entwässerungseinrichtungen bei, indem der Abfluss des Regenwassers von Dachflächen verzögert und reduziert wird. Die bepflanzten Dächer erhöhen die Verdunstung im Quartier, was einen wichtigen Beitrag dazu leistet, den Wasserhaushalt an die natürlichen Bedingungen anzunähern. Zugleich dämpft die Verdunstungskühle lokale Überwärmungen ein wenig ab, die in Folge des Klimawandels häufiger bzw. stärker werden. Über Gründächer lässt sich ferner die biologische Vielfalt fördern. Und sie tragen als gestalterisches Element wesentlich zur Erhöhung der Freiraumqualität im bebauten Bereich bei (wenn die Bepflanzung wahrnehmbar ist). Begrünte Dächer sind außerdem gut dazu geeignet, für eine (bessere) Gebäudedämmung zu sorgen und damit den Energieverbrauch zu reduzieren.

Maßnahmen:

Extensive Dachbegrünung

Eine extensive Dachbegrünung kommt mit einem geringen Substrat-Aufbau aus, wodurch lediglich geringe Anforderungen an die erforderliche Statik des Gebäudes entstehen. Diese Substratschicht wird mit einer Pflanzenmischung bedeckt, die auch Trockenzeiten gut überstehen kann (wie Mauerpfeffer, Hauswurz etc.).

Extensive Dachbegrünungen stellen eine wirksame Möglichkeit zur Reduktion bzw. zeitlichen Verlagerung der Niederschlagsabflüsse von Dächern dar. Sie erfordern nur einen geringen Pflegeaufwand, bieten allerdings keine Aufenthaltsfunktion für Menschen.

Intensive Dachbegrünung

Eine intensive Dachbegrünung erfordert eine mächtigere Substratschicht, deren Stärke (und damit auch Gewicht) von der gewünschten Bepflanzung abhängt. Dadurch steigen die Anforderungen an die statische Konstruktion des Daches. Zur intensiven Dachbegrünung eignen sich viele Gräser und Kräuter, die sich in der Substratschicht halten und mit den notwendigen Wassermengen und Nährstoffen versorgen können. Sie sind beispielsweise als Grassoden-Dächer regional schon lange etabliert.

Zentraler Vorteil einer intensiven Dachbegrünung ist, dass sich damit nahezu eine Abflussneutralität erreichen lässt, ähnlich wie bei dem potentiell naturnahen Zustand. Der Abflussbeiwert der Dachflächen kann bis auf 0,1 reduziert werden. Intensiv begrünte Dachflächen können auch als Aufenthaltsfläche/Dachgärten genutzt werden. Die übrigen Vorteile der Dachbegrünung (Förderung der biologischen Vielfalt, gestalterische Qualitäten, Verdunstung, Wärmedämmung, ...) werden durch eine intensive Dachbegrünung in deutlich stärkerem Ausmaß erreicht.

Der Pflegeaufwand ist gegenüber extensiv begrünten Dächern in der Regel höher. Der erforderliche Aufwand richtet sich nach der Pflanzauswahl und muss bereits bei der Planung der Dächer mitkonzeptioniert und berücksichtigt werden.



Abb. 74: Referenzbild Dachbegrünung: Emporia, Malmö – öffentlich zugänglicher Dachgarten des Einkaufszentrums, vorne mit extensiver und hinten zusätzlich auch intensiver Dachbegrünung (Herbert Brüning)



Abb. 75: Referenzbild Dachbegrünung: DRR Kliniken, Westend, Berlin mit intensiver, sehr variationsreicher Dachbegrünung (Gunther Mann/KURAS 2018)

7.1.10 Baustein: Fassaden-/Wandbegrünung

Auch die Gebäudefassaden können durch einen Bewuchs mit Pflanzen als Baustein zur Anpassung an den Klimawandel genutzt werden. Üblicherweise wird dieser Bewuchs geplant und entweder mit erdgebundenen Kletterpflanzen oder mit wand- bzw. systemgebundenen Techniken ausgeführt. Die Bewässerung der Pflanzen erfolgt meist mit Regenwasser, kann aber ebenso mit Betriebswasser (behandeltem Grauwasser) erfolgen.

Primäre Ziele der Fassaden-/Wandbegrünung sind die Verbesserung des Stadtklimas durch Verdunstung, eine zusätzliche Gebäudedämmung, die Erhöhung der Freiraumqualität sowie eine Förderung der biologischen Vielfalt.

Maßnahmen:

Fassadenbegrünung (erdgebunden)

Eine erdgebundene Fassadenbegrünung wird durch Kletterpflanzen erreicht. Dazu zählen einerseits selbstklimmende Pflanzen wie etwa Wilder Wein, Efeu oder Kletterhortensien, die sich über Haftwurzeln an die Hausfassaden heften und durch ihr ausgeprägtes Längenwachstum auszeichnen. Andererseits eignen sich auch Schlingpflanzen (z. B. Blauregen, Feuer-Bohne), Rankpflanzen (z. B. Clematis/Waldrebe, Kapuzinerkresse) und Spreizklimmer (wie Kletterrosen, Winterjasmin usw.), die auf Kletterhilfen angewiesen sind.

Fassadenbegrünung lässt sich auch ohne Wuchshilfen wie Wände oder Klettergerüste erreichen. Eine attraktive Form der Fassadenbegrünung stellt Spalierobst vor der Fassade dar, das einen Zusatznutzen durch die Früchte bietet.

Fassadenbegrünung (systemgebunden)

Wird die Fassadenbegrünung in Pflanzbehältern angesiedelt (Gabionen, Kübel, Wandmodule, Geovlies), handelt es sich um systemgebundenen Formen. Diese bieten den Vorteil, dass sie auch oberhalb des Erdbodens angebracht werden können, etwa in der Höhe über verschiedene Etagen verteilt. Auch hier kann grundsätzlich mit allen Formen gearbeitet werden, die auch bei erdgebundenen Systemen zur Verfügung stehen. Zusätzlich sind hierbei auch hängende Gewächse ohne feste Anbindung an eine Wandstruktur möglich.

Bei einer systemgebundenen Fassadenbegrünung stellt sich die Frage nach der ausreichenden Bewässerung. Daher werden hierfür Bewässerungseinrichtungen benötigt, die in der jeweiligen Höhenlage der Pflanzbehälter angebracht sind. Die Bewässerungsintensität ist auf die verwendeten Pflanzenarten anzupassen.



Abb. 76: Referenzbild Fassaden-/Wandbegrünung: Physikgebäude der Humboldt-Universität in Berlin-Adlershof – Gebäudebegrünung mit Hilfe vertikal angeordneter Pflanzkübel, die im Anstauverfahren bewässert werden (KWB 2018)

7.2 Quellen und Literatur

- Balder, Hartmut, Leonie Goll, Darla Nickel, Matthias Rehfeld-Klein (2018): Befunde zur Verwendung von Bäumen in Muldensystemen im Rahmen der Regenwasserbewirtschaftung. ProBaum, H. 4, S. 15-21.
- Balder, Hartmut, Matthias Rehfeld-Klein, Leonie Goll Und Darla Nickel (2019): Urbane Gehölze und dezentrale Regenwasserbewirtschaftung – ein zukunftsweisender Ansatz. In: Heider, Andreas, Immelyn Domnick (Hrsg.): Urbane Konzepte und Entwicklungen. Forum Geo-Bau, Vol. 9, S. 41-52.
- BauWissenOnline (o.J.): Lexikon. Berechnungsregenspende. <https://www.bauwion.de/begriffe/berechnungsregenspende> (27.02.2020).
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2013): Fallstudiengestützte Expertise „Klimaanpassungsstrategien zur Überflutungsvorsorge verschiedener Siedlungstypen“. Bonn.
- Böhm, Jutta, Christa Böhme, Arno Bunzel, Christina Kühnau, Detlef Landua, Markus Reinke (2016): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. BfN-Skripten, H. 444.
- Brasseur, Guy P., Daniela Jacob, Susanne Schuck-Zöller (Hrsg.) (2017): Klimawandel in Deutschland. Entwicklung, Folgen, Risiken und Perspektiven. Berlin.
- City of Copenhagen (2012): Cloudburst Management Plan 2012. City of Copenhagen Technical and Environmental Administration. Denmark.
- Deister, Lisa, Fabian Brenne, Antje Stokman, Malte Henrichs, Michael Jeskulke, Holger Hoppe, Mathias Uhl (2016): Wassersensible Stadt- und Freiraumplanung. Handlungsstrategien und Maßnahmenkonzepte zur Anpassung an Klimatrends und Extremwetter. SAMUWA-Publikation. Stuttgart.
- Forkel, Matthias (2015): Das Klima der Erde. Effektive Klimaklassifikation (z. B. Köppen). <http://www.klima-der-erde.de/koeppen.html> (27.02.2020).
- GEO-NET Umweltconsulting GmbH (2014): Analyse der klimaökologischen Funktionen für die Stadt Norderstedt. Hannover. https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_4163_1.PDF?1396455721 (27.02.2020).
- Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. (Hrsg.) (2019): Forschungsprojekt Starkregen. <https://www.gdv.de/de/themen/news/forschungsprojekt-starkregen-52866> (11.05.2020).
- Henrichs, Malte, Julian Langner, Mathias Uhl (2016): Development of a simplified urban water balanced model (WABILA). Water Science & Technology, Vol. 73, H. 8, S. 1785-1795.

Kluge, Thomas, Jens Libbe (Hrsg.) (2006): Transformation netzgebundener Infrastruktur. Strategien für Kommunen am Beispiel Wasser. Berlin.

Kruse, Elke (2016): Kopenhagen: Vorreiter beim Thema Überflutungsvorsorge. Neue Landschaft, H. 12. <https://neuelandschaft.de/artikel/kopenhagen-vorreiter-beim-thema-ueberflutungsvorsorge-5152.html> (11.05.2020).

Konzepte für urbane Regenwasserbewirtschaftung und Abwassersysteme (KURAS) (2016): KURAS Projekt. <http://kuras-projekt.de/> (10.05.2020).

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) (2010): Landesverordnung über die Festsetzung eines Wasserschutzgebietes für die Wassergewinnungsanlagen der Hamburger Wasserwerke GmbH und des Klinikums Nord, Betriebsteil Ochsenzoll (Wasserschutzgebietsverordnung Langenhorn-Glashütte) vom 27. Januar 2010. <http://www.gesetze-rechtsprechung.sh.juris.de/jportal/?quelle=jlink&query=HbgStWWasSchGebV+SH&psml=bssshoprod.psml&max=true&aiz=true> (31.03.2020).

Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) (2017): Hinweise zum Umgang mit Regenwasser. Merkblatt M-2 des Landesamts für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein, Abteilung Gewässer.

Landkreis Osterholz (2018): Einschränkungen bei der Nutzung von Trinkwasser. <https://www.landkreis-osterholz.de/portal/meldungen/einschraenkungen-bei-der-nutzung-von-trinkwasser-901004008-21000.html> (27.02.2020).

Libbe, Jens, Ulrich Petschow, Jan Trapp (2018): Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen Abschlussbericht im Rahmen des Projekts „Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzüberschreitenden Infrastrukturen“. Dessau-Roßlau. netWORKS 4 (2019): Infokarten für die Planung blau-grün-grauer Infrastrukturen. <https://networks-group.de/de/networks-4/infokarten.html> (27.02.2020).

Nolde, Erwin (2013): Dezentrale Abwasserwärmerückgewinnung in Kombination mit einer Grauwasserrecyclinganlage. Abschlussbericht DBU Projekt AZ 28201, Berlin. <https://d-nb.info/1051589037/34> (22.06.2020).

Pfoser, Nicole, Nathalie Jenner, Johanna Henrich, Jannik Heusinger, Stephan Weber, Johannes Schreiner, Carlos Unten Kanashiro (2013): Gebäude, Begrünung, Energie: Potenziale und Auswirkungen. Forschungsinitiative Zukunft Bau. <https://www.irbnet.de/daten/rswb/13109006683.pdf> (27.02.2020).

- Planung + Umwelt (2007): Umweltbericht (nach § 2a BauGB) zum Flächennutzungsplan 2020 der Stadt Norderstedt. Stuttgart/Berlin. https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_6614_1.PDF?1497001041 (27.02.2020).
- Riechel, Matthias, Christian Remy, Andreas Matzinger, Hella Schwarzmüller, Pascale Rouault, Marco Schmidt, Martin Offermann, Clemens Strehl, Darla Nickel, Heiko Sieker, Matthias Pallasch, Manfred Köhler, Daniel Kaiser, Constantin Möller, Björn Büter, Dominika Leßmann, Robert von Tils, Ina Säumel, Lauranne Pille, Andreas Winkler, Hartmut Bartel, Stefan Heise, Bernd Heinzmann, Kay Joswig, Brigitte Reichmann, Matthias Rehfeld-Klein (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung – Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin. <http://www.kuras-projekt.de/index.php?id=78> (22.06.2020).
- Schmidt, Cassian (2018): Staudenmischpflanzungen.. Bundesamt für Landwirtschaft und Ernährung.
- Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (SenUVK) (Hrsg.) (2016): Handbuch Gute Pflege. Pflegestandards für die Berliner Grün- und Freiflächen, Berlin. https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/stadtgruen/pflege_unterhaltung/download/Handbuch-Gute-Pflege_Berlin.pdf (22.06.2020).
- Sieker, Heiko (2018): Überflutungsnachweise nach DIN 1986-100. <https://www.sieker.de/fachinformationen/article/ueberflutungsnachweise-nach-din-1986-100-556.html> (27.02.2020).
- Sielbereitschaft der Stadtentwässerung Norderstedt: JAHRESBERICHT 2017.
- Stadt Norderstedt (2007a): Landschaftsplan Norderstedt. Biotoptypen und Nutzungen. https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_7239_1.PDF?1550843969 (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (2007b): Landschaftsplan 2020. https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_7240_1.PDF?1515755019 (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (2007c): Landschaftsplan Norderstedt. Boden – Bestand. Plan 1.4.1. https://www.norderstedt.de/media/custom/1917_7246_1.PDF?1550843969 (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (2010): Begründung zum Flächennutzungsplan 2020. https://www.norderstedt.de/Wirtschaft-und-Entwicklung/Stadtplanung-und-Bauen/Gesamtst%C3%A4dtische-Konzepte/Fl%C3%A4chennutzungsplan/index.php?La=1&object=tx_1917.6054.1&kat=&sub=0 (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (2017 a): Öffentliche Bekanntmachung, Stadt Norderstedt. Ausschuss für Stadtentwicklung und Verkehr 01.06.2017. <http://buengerinfo.norderstedt.de/ratsinfo/sessionnet/buengerinfo/getfile.php?id=142626&type=do> (27.02.2020).

- Stadt Norderstedt (2017 b): Öffentliche Bekanntmachung, Stadt Norderstedt. Ausschuss für Stadtentwicklung und Verkehr 16.11.2017. <http://buengerinfo.norderstedt.de/ratsinfo/sessionnet/buengerinfo/getfile.php?id=146307&type=do> (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (2017c): Dokumentation der Szenarienwerkstatt zur Entwicklung des städtebaulichen Rahmenplanes zum Wohngebiet „Sieben Eichen“ am Glashütter Damm, Norderstedt. Norderstedt.
- Stadt Norderstedt (2018): Flächennutzungsplan – FNP 2020 – Neufassung vom 26.04.2018. Ergänzt durch Stadt Norderstedt. https://www.norderstedt.de/Wirtschaft-und-Entwicklung/Stadtplanung-und-Bauen/Gesamtst%C3%A4dtische-Konzepte/FI%C3%A4chennutzungsplan/index.php?&object=tx,3223.3&ModID=6&FID=1917.7121.1&kat=&kuo=1&call=0&k_sub=0&La=1 (27.02.2020).
- Stadt Norderstedt (o.J.): Zukunftsstadt. <https://www.norderstedt.de/zukunftsstadt> (27.02.2020).
- Trapp, Jan Hendrik, Martina Winker (Hrsg.) (2020): Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen (Forschungsverbund netWORKS). <https://networks-group.de/de/publikationen/monografien.html> (29.05.2020)
- WHG (2009): Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG).
- Wikipedia (o.J.): Abflussbeiwert(Stand: 2018). <https://de.wikipedia.org/wiki/Abflussbeiwert> (27.02.2020).
- Winker, Martina, Fanny Frick-Trzebitzky, Andreas Matzinger, Engelbert Schramm, Immanuel Stieß (2019): Die Kopplungsmöglichkeiten von grüner, grauer und blauer Infrastruktur mittels raumbezogener Bausteine. netWORKS-Papers. H. 34, Berlin. <https://networks-group.de/de/publikationen/networks-paper.html> (27.02.2020).
- Winker, Martina, Jan Hendrik Trapp (Hrsg.) (2017): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume, (Edition Difu). Berlin.
- WRRL (Wasserrahmenrichtlinie) (Europäisches Parlament, Rat der Europäischen Union) (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5c835afb-2ec6-4577-bdf8-756d3d694eeb.0003.02 /DOC_1&format=PDF (27.02.2020).

7.3 DIN- und DWA-Angaben

DIN 4045:2003-08, Abwassertechnik – Grundbegriffe. Berlin.

DIN 1986-100:2016-12, Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056. Berlin.

DIN 1989-1:2002-04, Regenwassernutzungsanlagen – Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung. Berlin.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2005): Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2007): Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser. Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2011): Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen. Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2013): Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen. Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2014): Arbeitsblatt DWA-A 272: Grundsätze für die Planung und Implementierung neuartiger Sanitärsysteme (NASS). Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2016): Arbeitsblatt DWA-A 102 / BWK-A 3: Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer, Entwurf. Hennef.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) (2017): Merkblatt DWA-M 277: Hinweise zur Auslegung von Anlagen zur Behandlung und Nutzung von Grauwasser und Grauwasserteilströmen, Entwurf. Hennef.

Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.) (2001): DIN EN 12056:2001-01: Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden Teil 2 – Schmutzwasseranlagen, Planung und Berechnung, Deutsche Fassung. Berlin.

Europäisches Komitee für Normung (Hrsg.) (2008): DIN EN 752:2008: Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Kanalmanagement, Deutsche Fassung. Berlin.