

An der Dänischburg 10, 23569 Lübeck · Hanskampring 21, 22885 Barsbüttel

Anerkannter Sachverständiger für Erd- und Grundbau bei der Bundesingenieurkammer  
Prüfsachverständiger PPVO für Erd- und Grundbau  
Sachverständiger der IHK zu Lübeck

Anerkannte Prüfstelle gemäß RAP-Stra  
Bodenmechanisches Labor

Ständige Betonprüfstelle DIN EN 206 / DIN 1045-2  
VBI, VDB, VSVI, FGSV, BWK, HTG, DGGT, FGDA

- ☎ Erd- und Grundbau
- ☎ Grundwasserhydraulik
- ☎ Deponie- und Altlastentechnik
- ☎ Hochwasserschutz
- ☎ Verkehrswegebau
- ☎ Wasserbau

## Wasserwirtschaftliches Gutachten

22.11.2021

B 173321/2

### Erschließung Bebauungsplan 18, Gemeinde Stapelfeld - Regenwasserbewirtschaftungskonzept -

#### Inhalt:

1. Vorbemerkungen
2. Plangebiet
3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse
4. Grundlagen und Grundsätze zur Regenwasserbewirtschaftung
5. Regenwasserbewirtschaftung Klimavorsorge
6. Regenwassermengenbewirtschaftung
7. Zusammenfassung

#### Anlagen:

1. Lagepläne
2. Schnitte
3. Wasserhaushaltsbilanz
4. Retentionsraumberechnungen

#### Verteiler:

Uwe Lokstein

(digital)



## Inhaltsverzeichnis:

<b>1.</b>	<b>Vorbemerkungen .....</b>	<b>4</b>
1.1	Planungsunterlagen.....	4
1.2	Normen und Regelwerke.....	4
<b>2.</b>	<b>Plangebiet .....</b>	<b>5</b>
<b>3.</b>	<b>Baugrund- und Grundwasserverhältnisse.....</b>	<b>6</b>
<b>4.</b>	<b>Grundlagen und Grundsätze zur Regenwasserbewirtschaftung .....</b>	<b>7</b>
<b>5.</b>	<b>Regenwasserbewirtschaftung Klimavorsorge .....</b>	<b>8</b>
5.1	Bestimmung des potenziell naturnahen Zustands .....	8
5.2	Aufteilungswerte für Anlagen und Flächen.....	8
5.3	Bewertung der Wasserhaushaltsbilanz .....	9
5.4	Ermittlung des Wasserhaushaltes im bebauten Zustand .....	10
5.5	Nachweis des bordvollen Abflusses .....	12
5.6	Nachweis zur Vermeidung von Grundwasseraufhöhung .....	12
<b>6.</b>	<b>Regenwassermengenbewirtschaftung.....</b>	<b>13</b>
6.1	Allgemein .....	13
6.2	Vorbemessung der Regenwasserrückhaltung und -versickerung.....	13
6.2.1	Ermittlung der abflusswirksamen Flächen .....	13
6.2.2	Vorbemessung .....	14
6.3	Geländemodellierung und Notwasserwege.....	15
<b>7.</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>15</b>



## Anlagenverzeichnis

<b>Anlage</b>	<b>Blatt</b>	<b>Bezeichnung</b>
<b>1</b>		<b>Lagepläne</b>
	1	Übersichtslageplan
	2	Lageplan mit EZG
	3	Lageplan mit Entwässerung
	4	Lageplan mit Reichweite Aufstau GW
<b>2</b>		<b>Schnitte</b>
	1	Prinzipschnitt
<b>3</b>		<b>Wasserhaushaltsbilanz</b>
	1	Variante 1: Ableitung in ein RVB
	2	Variante 2: Ableitung in ein RVB u. baumüberdeckte Verkehrsflächen
	3	Variante 3: Ableitung in ein RVB, baumüberdeckte Verkehrsflächen u. Gründach
<b>4</b>		<b>Retentionsraumberechnungen</b>
	1	Vorbemessung Retentionsraum für n = 10
	2	Vorbemessung Retentionsraum für n = 30



## 1. Vorbemerkungen

Die Gemeinde Stapelfeld plant die Aufstellung des Bebauungsplanes 18 für das Gebiet nördlich der Bebauung „Hauptstraße 46 – 52“ östlich der Bebauung „Op de Huuskoppel“. Das Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf wurde beauftragt, ein Regenentwässerungskonzept auf Basis der Wasserhaushaltsbilanz gemäß dem Arbeitsblatt A-RW 1 für das geplante Wohngebiet zu erarbeiten.

Für die Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen und Regelwerke zur Verfügung:

### 1.1 Planungsunterlagen

- [U1] Planvorentwurf, M 1 : 1.000, Stand: Mai 2017  
(Gemeinde Stapelfeld)
- [U2] Planvorentwurf, Text (Teil B), Gemeinde Stapelfeld – BPL 18, Stand: Mai 2017  
(Gemeinde Stapelfeld)
- [U3] Digitales Geländemodell (DGM 1), Stand: August 2021
- [U4] Geotechnischer Untersuchungsbericht B 173318/1, Stand: November 2018  
(Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf)

### 1.2 Normen und Regelwerke

- [A] DIN EN 752:2008-04 – Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden
- [B] DIN 1986-100 – Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke
- [C] Arbeitsblatt DWA-A 102-1 / BWK-A 3-1 – Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 1: Allgemeines
- [D] Arbeitsblatt DWA-A 166 – Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung
- [E] Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser
- [F] Merkblatt DWA-M 102-4 / BWK-M 3-4 – Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer – Teil 4: Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers (Entwurf 2020)
- [G] Merkblatt DWA-M 153 – Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser
- [H] A-RW 1 – Wasserrechtliche Anforderungen zum Umgang mit Regenwasser, Schleswig-Holstein Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume (2019)
- [I] Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser", Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblatts DWA-A 138



## 2. Plangebiet

Das betrachtete, ehemals landwirtschaftlich genutzte Gebiet des B-Plans Nr. 18 der Gemeinde Stapelfeld erstreckt sich nördlich der Bebauung „Hauptstraße 46 – 52“ und östlich der Bebauung „Op de Huuskoppel“. Im Norden und Osten schließt das Gebiet an landwirtschaftliche Flächen an. Die Erschließung der Fläche als Wohnbaufläche ist der Übersicht halber in Abb. 1 dargestellt.

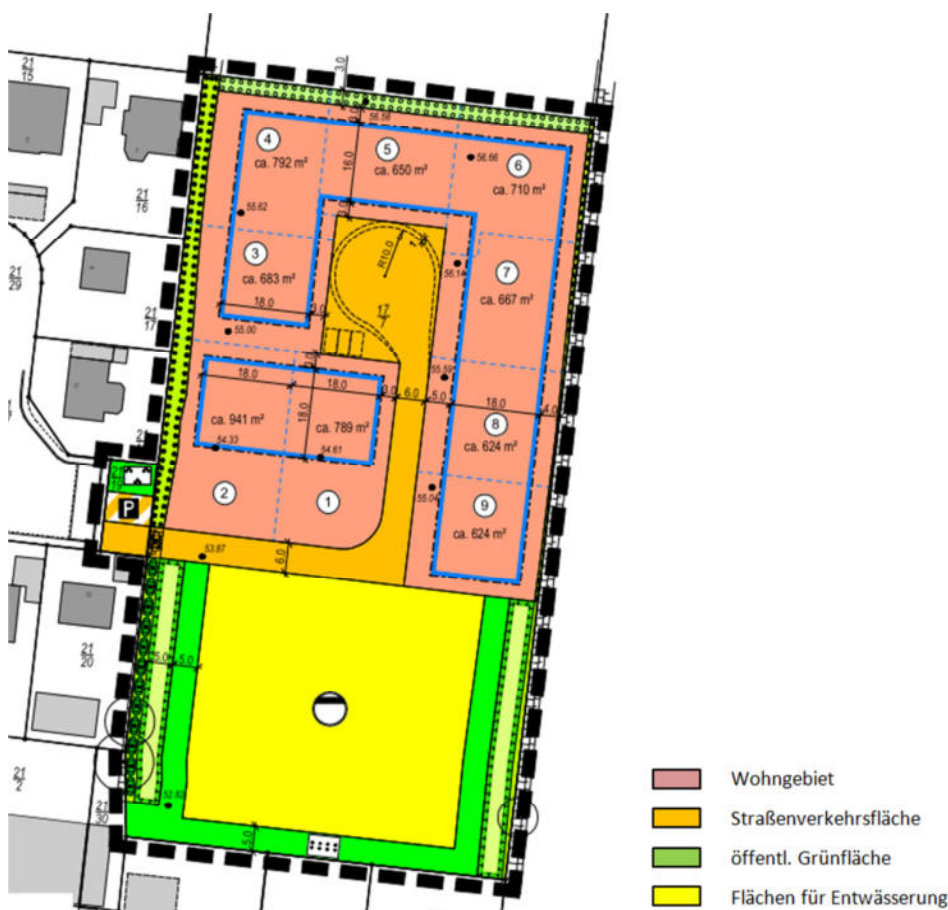


Abb. 1 Entwurf des B-Planes [U1]

Gemäß [U3] fällt das Gelände von Nordosten (rd. +57,0 mNHN) in Richtung Südwesten auf rd. +52,7 mNHN. Im Bereich der geplanten Entwässerungsflächen hat das Gelände ein leichtes Gefälle von Osten nach Westen. Westlich des Plangebiets befindet sich ein Regenrückhaltebecken (RRB) auf einer Höhe von rd. +52,1 mNHN (s. Anlage 1, Blatt 1 u. 3). In Abstimmung mit der unteren Wasserbehörde kann anfallendes Niederschlagswasser nach Drosselung auf 2 l/s in einem geplanten Regenrückhalte- und Versickerungsbecken (RVB) in das bestehende RRB eingeleitet werden. Von diesem wird das Niederschlagswasser weiter in die öffentliche Kanalisation geführt. Nachfolgend wird das RVB für den vollständigen Regenwasserrückhalt auf dem Bebauungsgebiet bemessen, um das bestehende Kanalisationssystem zu entlasten.

Für den Bericht maßgebend sind die in Tab. 1 aufgelistete Nutzung und Aufteilung der Flächen. Die Flächenermittlung erfolgt auf Basis der Planzeichnung des B-Plan-Entwurfs vom Mai 2017 (s. Abb. 1, [U1]). Die dort gelb gekennzeichneten Entwässerungsflächen werden für die Erweiterung des Wohngebietes reduziert, weil sie nach der Vorbemessung nicht in der Aus-



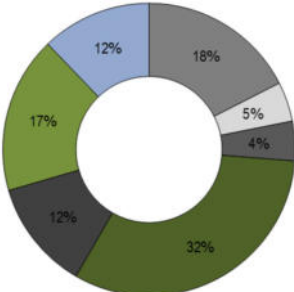
dehnung erforderlich sind. Für das RVB stehen demzufolge 1.497 m<sup>2</sup> zur Verfügung (s. Anlage 1, Blatt 2).

Bei der Aufteilung der Grundstücksflächen wird gemäß B-Plan-Entwurf die Grundflächenzahl (GRZ = 0,3) sowie die vollständige Dachbegrünung der Nebenanlagen gemäß [U2] berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass die zulässige Grundfläche im Wohngebiet nach § 19 BauNVO um 50 % überschritten wird. Demensprechend liegen nachfolgend die Nebenanlagen sowie die Verkehrsflächen außerhalb dieser Baugrenzen. Auf den restlichen Flächen sind Begrünungsmaßnahmen und ggf. zusätzliche Rückhaltemaßnahmen herzustellen. Für die differenzierte Betrachtung der Flächen nach A-RW 1 werden zudem prozentuale Annahmen zur Flächenaufteilung getroffen.

In Tab. 1 sind die mithilfe von AutoCAD aus der Unterlage [U1] extrahierten Flächen zusammengefasst und graphisch dargestellt.

Tab. 1 Versiegelte und unversiegelte Flächen im Bebauungsgebiet

Flächenart	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Anteil [-]	Gesamtanteil [-]
<b>private Wohnflächen</b>	<b>7.174</b>	<b>1,00</b>	<b>0,59</b>
Gebäudefläche	2.152	0,30	0,18
Nebenanlagen	538	0,15	0,05
Verkehrsfläche	538		0,04
Grünfläche	3.946	0,55	0,32
<b>öffentliche Flächen</b>	<b>5.124</b>	<b>1,00</b>	<b>0,41</b>
Verkehrsflächen	1.495	0,30	0,12
Grünflächen	2.132	0,40	0,17
Entwässerungsfläche	1.497	0,30	0,12
<b>Gesamt</b>	<b>12.298</b>		<b>1,00</b>



- Gebäudeflächen
- Nebenanlagen
- Verkehrsflächen privat
- Grünflächen privat
- Verkehrsflächen öffentlich
- Grünflächen öffentlich
- Entwässerungsfläche

### 3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind in dem vorangegangenen Bericht [U4] ausführlich dargestellt. Danach stehen im Betrachtungsraum ab einer Tiefe von 0,4 m bis 3,2 m unter GOK überwiegend undurchlässige Geschiebeböden an. Im östlichen Bereich wurden Geschiebeböden bis nahezu an die Geländeoberkante angetroffen. Darüber lagern durchlässige bis gut durchlässige Sande mit unterschiedlichen Feinkornanteilen. In südwestliche Richtung der Baufläche fällt die Oberkante des Geschiebehorizontes ab, sodass hier eine Versickerung in den oberen Sandschichten möglich ist.

Während der Sondierungsarbeiten im August 2018 wurde Wasser als Schichtenwasser im bindigen Geschiebemergel zwischen +49,9 mNHN und +51,2 mNHN (3,9 m bis 4,7 m u. GOK) angetroffen. Je nach Niederschlagsintensität ist wegen der wassersperrenden bindigen Bodenschicht-



ten je nach Höhenlage in Bezug auf die spätere Bebauung mit örtlich und zeitlich begrenzten Stauwasserbildungen bis nahe der Geländeoberfläche zu rechnen.

Die bis zu den Endsondierertiefen erkundeten bindigen Böden weisen Durchlässigkeitswerte von geschätzt  $k_f = 1 \cdot 10^{-8}$  bis  $1 \cdot 10^{-11}$  m/s auf. Gemäß DWA-A 138 ist eine Versickerung von Niederschlagswasser schon bei Wasserdurchlässigkeiten ab  $k_f \leq 1 \cdot 10^{-6}$  m/s nicht möglich, da anaerobe Prozesse durch langes Einstauen in den Versickerungsanlagen das Rückhalte- und Umwandlungsvermögen im Hinblick auf den Grundwasserschutz ungünstig beeinflussen.

Für die anstehenden, teilweise schluffigen Sande im südwestlichen Bereich des B-Plangebietes wird eine Wasserdurchlässigkeit von  $k_f = 5 \cdot 10^{-6}$  m/s angesetzt.

#### 4. Grundlagen und Grundsätze zur Regenwasserbewirtschaftung

Die Bebauung von Einzugsgebieten ist durch die Versiegelung von Flächen und oftmals erheblichen Eingriffen in die Gewässermorphologie und Auen geprägt. Hinzu kommen Einleitungen von Abflüssen und Stoffen aus Anlagen der Siedlungsentwässerung, die das Abflussregime siedlungsnaher Gewässer beeinflussen. Diese Eingriffe in die hydrologischen Prozesse verändern den Wasserhaushalt in Bebauungsgebieten. [F]

Das maßgebende Ziel der nachfolgenden Berechnungen ist die Minimierung des Eingriffes in den naturnahen Wasserhaushalt und daraus folgend eine Minimierung der Belastung der Vorfluter / Gewässer durch die Flächenversiegelung. Darüber hinaus trägt insbesondere der Erhalt der Verdunstungsleistung im Siedlungsbereich für ein verträgliches urbanes Mikroklima sowie den atmosphärischen lokalen Wasserhaushalt bei. Der natürliche Wasserhaushalt wird durch mehrere Teilprozesse geprägt, die den Hauptprozessen Verdunstung, Grundwasserneubildung und Abfluss zuzuordnen sind (s. Abb. 2).

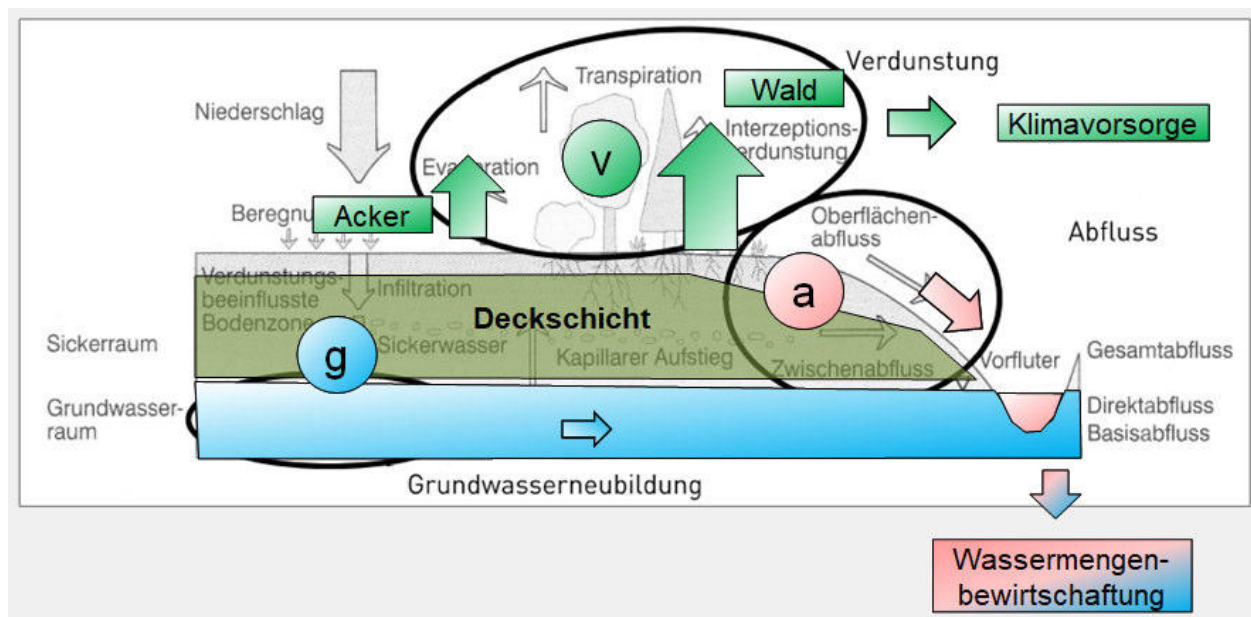


Abb. 2 Hauptprozesse des Wasserhaushaltes (L+W, 2021)



Die nachfolgenden Betrachtungen untergliedern sich in:

- Wasserhaushalt / Klimavorsorge (Kapitel 5)
- Regenwassermengenbewirtschaftung (Kapitel 6).

Dabei sind beide Aspekte nicht vollends getrennt zu betrachten. Vielmehr ist die Regenwassermengenbewirtschaftung eine Konsequenz zur Minimierung der Auswirkungen infolge von Veränderung des natürlichen Wasserhaushaltes im Siedlungsbereich. Während die Wasserhaushaltsbilanz bezogen auf mittlere Niederschläge aufgestellt wird, steht bei der Regenwassermengenbewirtschaftung jedoch der Umgang mit Starkregenereignissen und dem Regenwasserrückhalt zur Dämpfung der Direktabflüsse im Vordergrund.

## 5. Regenwasserbewirtschaftung Klimavorsorge

### 5.1 Bestimmung des potenziell naturnahen Zustands

Mithilfe einer vereinfachten Wasserhaushaltsbilanz wird die Abweichung vom potenziellen Ausgangszustand ermittelt. Das Ziel ist der Erhalt des lokalen Wasserhaushalts gemäß dem Verschlechterungsverbot nach EG-WRRL und WHG. Dabei soll die Veränderung des Wasserhaushaltes durch Siedlungsaktivitäten so gering gehalten werden, wie es sowohl ökologisch umsetzbar als auch technisch und wirtschaftlich vertretbar ist.

Für den Umgang mit Regenwasser in Schleswig-Holstein bietet das A-RW 1 eine vereinfachte Methode zur Erstellung einer Wasserhaushaltsbilanz. Dabei wird das gesamte Bebauungsgebiet in einen abflusswirksamen (a), versickerungswirksamen (g) und verdunstungswirksamen (v) Anteil aufgeteilt (a-g-v-Werte). Zur Beurteilung des Eingriffes in den Wasserhaushalt von Bebauungsgebieten wird die Abweichung des bebauten Zustandes vom un bebauten, potenziell naturnahen Referenzzustand bestimmt.

Der potenziell naturnahe Referenzzustand wird durch das Merkblatt A-RW 1 für die Regionen und Landkreise in Schleswig-Holstein fest vorgegeben. Das betrachtete Wohngebiet liegt in dem Geestgebiet G-10 (Stormarn (West), s. [H]) und hat die in Tab. 2 gelisteten  $a_1$ - $g_1$ - $v_1$ -Werte.

Tab. 2 a-g-v-Werte des potenziellen naturnahen Referenzzustandes

Landkreis	$a_1$ (Abfluss)	$g_1$ (Versickerung)	$v_1$ (Verdunstung)
Stormarn West	0,02	0,43	0,56

### 5.2 Aufteilungswerte für Anlagen und Flächen

Zur Bestimmung der abfluss-, versickerungs- und verdunstungswirksamen Flächen werden zunächst folgende  $a_2$ - $g_2$ - $v_2$ -Werte für die befestigten Flächenarten basierend auf langjährigen Mittelwerten des A-RW 1 angesetzt:

Steildach:	$a_2 = 0,85; g_2 = 0,00; v_2 = 0,15$
Gründach (extensiv; $\leq 15$ cm):	$a_2 = 0,65; g_2 = 0,00; v_2 = 0,35$
Flachdach:	$a_2 = 0,75; g_2 = 0,00; v_2 = 0,25$
Asphalt, Beton (Verkehrsfläche):	$a_2 = 0,75; g_2 = 0,00; v_2 = 0,25$





Die mittleren Abflussbeiwerte repräsentieren i. W. den Anteil des Direktabflusses.

Das A-RW 1 gibt verschiedene Optionen zur Verbesserung der Flächeneigenschaften. Aufgrund der bereichsweise schlechten Versickerungseigenschaften des Bodens (s. Kap. 3) finden Maßnahmen zur Verbesserung des Versickerungspotenzials, wie bspw. Pflaster mit offenen Fugen, hier keine Anwendung. Für das in dem B-Plan betrachtete Gebiet bestehen demnach folgende Optimierungsmöglichkeiten:

<i>Straßen mit 80 % Baumüberdeckung:</i>	$a_2 = 0,54; g_2 = 0,00; v_2 = 0,46$
<i>Gründach (extensiv; ≤15 cm):</i>	$a_2 = 0,65; g_2 = 0,00; v_2 = 0,35$

### 5.3 Bewertung der Wasserhaushaltsbilanz

Zur Erhaltung des möglichst naturnahen Zustands grenzt das A-RW 1 bei zielgerichteter Niederschlagswasserbewirtschaftung die zulässige Abweichung der a-g-v-Werte auf folgenden Rahmen ein:

Tab. 3 Bewertung der errechneten Wasserhaushaltsbilanz nach A-RW 1

Bewertung Wasserhaushaltsbilanz	Fall 1	Fall 2	Fall 3
	Weitgehend natürlicher Wasserhaushalt bei Änderungen	Deutliche Schädigung des Wasserhaushaltes bei Änderungen	Extreme Schädigung des Wasserhaushaltes bei Änderungen
Die tolerierbare Zu-/Abnahme [ $\Delta$ in %] <b>muss für alle Teilflächen im Bebauungsgebiet eingehalten werden</b> , sonst gilt der nächst höhere Fall.			
Abflusswirksame Teilflächen ( $\Delta a$ )	< 5 %	≥ 5 % bis < 15 %	≥ 15 %
Versickerungswirksame Teilflächen ( $\Delta g$ )	< 5 %	≥ 5 % bis < 15 %	≥ 15 %
Verdunstungswirksame Teilflächen ( $\Delta v$ )	< 5 %	≥ 5 % bis < 15 %	≥ 15 %

Ab einer Abweichung von nur einer Komponente des berechneten Wasserhaushaltes von 15 % im Gegensatz zum unbebauten Zustand gilt der Wasserhaushalt als extrem geschädigt. Für den ermittelten Grad der Schädigung ergeben sich weitere Nachweise (lokal und regional), die zu führen sind. Größere Abweichungen, die sich aus unvermeidbaren Randbedingungen ergeben, sind ausführlich fachlich zu begründen.

Um die Auswirkungen auf das Kleinklima durch die Bebauung der Flächen möglichst gering zu halten, sieht das A-RW 1 vor, insbesondere dezentrale Maßnahmen zur Regenwasserbewirtschaftung einzuplanen, sodass Versickerung und Verdunstung größtenteils im Plangebiet erfolgen. Eine Versickerung ist nur im südwestlichen Teil des Plangebietes möglich, in dem der undurchlässige Geschiebehorizont abtaucht. Geplant wird ein zentrales Regenversickerungsbecken (RVB) im Bereich der versickerungsfähigen Sande. Hier wurde die Geschiebelehmsschicht erst ab Tiefen von 1,8 m unter GOK erkundet. Zur Sicherstellung eines ausreichenden Grundwasserflurabstandes wird das Gelände im Bereich des RVB mit sickerfähigen Böden um bis zu 2 m angehoben. Das RVB hat als Behandlungsanlage gemäß A-RW 1 folgende a-g-v-Werte:

<i>RVB (Mulden-/Beckenversickerung):</i>	$a_3 = 0,00; g_3 = 0,87; v_3 = 0,13$
--	--------------------------------------



## 5.4 Ermittlung des Wasserhaushaltes im bebauten Zustand

Für die Berechnung der bebauten abfluss-, versickerungs- und verdunstungswirksamen Flächenanteile ergibt sich der Rechenwert  $A_{E,b}$  aus der Summe aller angeschlossenen Teilflächen  $A_{E,b,i}$  multipliziert mit den jeweils zugehörigen Anteilen:

$$A_{E,b} = \sum(a_2 \cdot A_{E,b,i} + g_2 \cdot A_{E,b,i} + v_2 \cdot A_{E,b,i}) \quad (1)$$

Die Berechnungen befinden sich in Anlage 3. Es ergeben sich nachfolgende Flächengrößen:

Tab. 4 abfluss-, versickerungs- und verdunstungswirksamen Flächen

Flächentyp	Flächengröße $A_E$ [m <sup>2</sup> ]	abfluss-wirksame Fläche $A_{E,a}$ [m <sup>2</sup> ]	versickerungs-wirksame Fläche $A_{E,g}$ [m <sup>2</sup> ]	verdunstungs-wirksame Fläche $A_{E,v}$ [m <sup>2</sup> ]
<b>Wohngebiet [m<sup>2</sup>]</b>	<b>7.174</b>	<b>2.646</b>	<b>1.677</b>	<b>2.851</b>
unbebaute, unversiegelte Fläche [m <sup>2</sup> ]	3.946	63	1.677	2.206
Steildach [m <sup>2</sup> ]	2.152	1.829	0	323
Gründach [m <sup>2</sup> ]	538	350	0	188
Verkehrsfläche [m <sup>2</sup> ]	538	404	0	135
<b>öffentliche Flächen [m<sup>2</sup>]</b>	<b>5.124</b>	<b>1.179</b>	<b>1.543</b>	<b>2.403</b>
unbebaute, unversiegelte Fläche [m <sup>2</sup> ]	2.132	34	906	1.192
Verkehrsfläche [m <sup>2</sup> ]	1.495	1.121	0	374
Entwässerungsflächen [m <sup>2</sup> ]	1.497	105	344	1.048
<b>Gesamtfläche [m<sup>2</sup>]</b>	<b>12.298</b>	<b>3.825</b>	<b>3.219</b>	<b>5.254</b>

### Variante 1: Ableitung des Regenwassers in ein RVB

Bei vollständiger Ableitung des auf den versiegelten Flächen anfallenden Niederschlagswassers in ein Sickerbecken (RVB) gilt der Wasserhaushalt aufgrund der Abweichung der Versickerungs- und Verdunstungsanteile von >5 % als deutlich geschädigt. Die Abweichung des versickerungswirksamen Anteils von rd. 10 % ist bedingt durch die konzentrierte Versickerung des Niederschlagswassers im RVB. Die Verdunstung in dem B-Plangebiet verschlechtert sich aufgrund der Versiegelung der zuvor landwirtschaftlich genutzten Flächen. Richtwerte des abflusswirksamen Anteils können hingegen eingehalten werden, sodass dieser nur geringfügig vom potentiell naturnahen Zustand abweicht (s. Abb. 3; Anlage 3, Blatt 1).

Um die Wasserhaushaltsbilanz zu verbessern, werden nachfolgend die Flächeneigenschaften der Verkehrsflächen verbessert, indem vorausgesetzt wird, dass diese sowohl im öffentlichen als auch privaten Raum mit Bäumen überdeckt werden.



### Variante 2: Ableitung des Regenwassers u. baumüberdeckte Verkehrswege

Durch die Überdeckung der Verkehrsflächen mit Bäumen kann der Wasserhaushalt, insbesondere das Verdunstungspotenzial verbessert werden. Dies geben die Berechnungen gemäß A-RW 1 wieder, die Abweichung des Verdunstungspotenzials kann um 3,1 % reduziert werden (s. Abb. 3 u. Anlage 3, Blatt 2).

### Variante 3: Ableitung des Regenwassers, baumüberdeckte Verkehrswege u. Gründach (80%)

Durch zusätzliche Begrünung der Dachflächen (abzgl. technischer Bauten (ca. 20 %)) und der Ausbildung der Steildächer als Flachdach entspricht der Wasserhaushalt in allen Anteilen weitgehend dem natürlichen Zustand (s. Abb. 3 u. Anlage 3, Blatt 3).

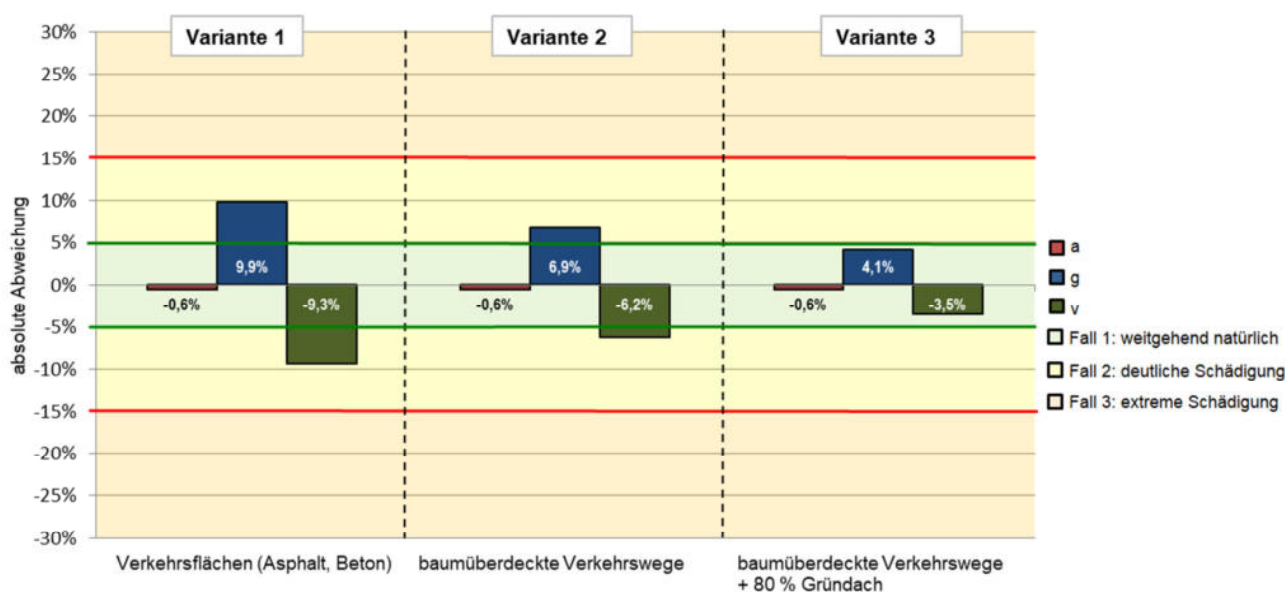


Abb. 3 Abweichung der a-g-v-Werte

Das Anlegen von Regenrückhaltebecken (RRB) als Erdbecken auf den Grundstücken anstelle von versiegelten Flächen und die Begrünung Fassaden kann die Wasserhaushaltsbilanz ebenfalls verbessern.

Das A-RW 1 erlaubt zudem eine weitere Differenzierung des abflusswirksamen Anteils bei Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen. Die Nutzung des Regenwassers, bspw. durch den Einsatz von Zisternen für Bewässerungszwecke auf den privaten Grundstücken, kann den Wasserhaushalt, insbesondere die Verdunstungsleistung, verbessern und den Versickerungsanteil erhöhen. Weiterhin wird das Niederschlagswasser auf den Grundstücken zurückgehalten (s. Kapitel 6). Aufgrund der gemittelten a-g-v-Werte des Referenzzustandes für das gesamte Gelände und der konzentrierten Erhöhung der Versickerung im RVB würde der Einsatz von Zisternen auf den privaten Grundstücken gemäß A-RW 1 zu einer weiteren Erhöhung des Versickerungsanteils und damit zu einer größeren Abweichung zum potenziell naturnahen Zustand führen. Eine Erhöhung des Versickerungsanteils und damit der Grundwasserneubildungsrate ist wasserwirtschaftlich zulässig, solange keine weiteren Betroffenheiten Dritter entstehen.



## 5.5 Nachweis des bordvollen Abflusses

Gemäß A-RW 1 (s. Tab. 3) ist bei einer deutlichen Schädigung des Wasserhaushaltes der Nachweis des bordvollen Abflusses, der Nachweis zur Vermeidung von Erosion und der Nachweis zur Vermeidung der Grundwasseraufhöhung zu erbringen.

Das Niederschlagswasser wird vollständig im B-Plangebiet zurückgehalten und nicht in ein Oberflächengewässer geleitet. Somit ist lediglich der Nachweis zur Grundwasseraufhöhung zu erbringen. Der Überflutungsnachweis wird in Kapitel 6.2 geführt.

## 5.6 Nachweis zur Vermeidung von Grundwasseraufhöhung

Durch die Bebauung des B-Plangebietes wird der Anteil der versickerungswirksamen Flächen verringert. Eine Versickerung des Niederschlagswassers ist zudem aufgrund anstehender bindiger Schichten < 1 m unter Oberkante Gelände ohne den Einbau einer Drainage auf dem Großteil des Gebietes nicht möglich. Die Versickerung erfolgt konzentriert im südwestlichen Bereich. Aufgrund des begrenzten Abflussquerschnittes des oberen Aquifers ist hier die lokale Aufhöhung des Grundwassers zu überprüfen.

Generell hat die Ableitung des Niederschlagswassers in ein RVB Auswirkungen auf die oberen grundwasserführenden Bodenschichten.

Die maximale Einleitmenge in das Grundwasser kann über die Versickerungsrate des RVBs berechnet werden. Die Versickerungsrate  $Q_s$  ergibt sich in Abhängigkeit der Filtergeschwindigkeit  $v_f$  und des hydraulischen Gefälles  $I_{hy}$  und kann vereinfacht gemäß DWA-A 138 mit Formel 5 (s. Kapitel 6) berechnet werden. Es ergibt sich eine maximale Einleitmenge von 0,53 l/s.

Die mittlere jährliche Einleitmenge in das Grundwasser kann hingegen aus der Multiplikation der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche mit der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe  $P$  ermittelt werden. Nach dem hydrologischen Atlas für Deutschland (HAD) ergibt sich in dem betrachteten Gebiet eine mittlere jährliche Niederschlagshöhe von 700 – 800 mm/a. Für die nachfolgenden Berechnungen wird von dem Maximum von 800 mm/a ausgegangen.

$$GWN = A_U \cdot P = 4.381 \text{ m}^2 \cdot 800 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \text{a}} = 3504,8 \frac{\text{m}^3}{\text{a}} = 0,11 \text{ l/s} \quad (2)$$

Der vorgenannte Ansatz vernachlässigt die Verdunstungsanteile über den Versickerungsflächen.

Bei einer verstärkten Bespannung des oberen Grundwasserleiters durch Rückhaltung und Versickerung im RVB kommt es lokal zu einer Beeinflussung der Grundwasserstände. Dabei gilt nach DWA-A 138: je kleiner der Abstand zwischen der Sohle des Versickerungsbeckens bzw. der Gewässersohle und dem Grundwasser ist, desto größer ist die Grundwasseraufhöhung durch geringere seitliche Ausbreitungsmöglichkeiten. Die Grundwasseraufhöhung wird maßgeblich durch die Wasserdurchlässigkeit und die Sickerdauer bestimmt. Je größer die Wasserdurchlässigkeit, desto kürzer ist die Sickerdauer und umgekehrt. Für die versickerungsfähigen Sande wird in diesem Bericht eine Durchlässigkeit von  $k_f = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$  angesetzt.



Die Reichweite des maximalen Aufstaukegels kann dementsprechend überschlägig nach SICHARDT berechnet werden:

$$R = 3000 \cdot z \cdot \sqrt{k_f} = 3000 \cdot 3 \cdot \sqrt{5 \cdot 10^{-6}} = 20,12 \text{ m} \quad (3)$$

z                    Höhe des Aufstaustrichters [m]  
k<sub>f</sub>                  Durchlässigkeitswert des Grundwasserleiters [m/s]

Die Höhe des Aufstaustrichters ergibt sich aus der Summe der maximalen Einstauhöhe der Versickerungsanlage und dem mittleren Abstand der Anlagensole zur Geschiebelehmschicht. Es ist mit einer Beeinflussung des Grundwasserstandes bis zu 21 m um das RVB zu rechnen. Der Aufstaukegel ist schematisch in Anlage 1, Blatt 4, dargestellt. Bestandsgebäude sind demnach voraussichtlich nicht betroffen.

Die Grundwasserströmungsrichtung ist bei dem vereinfachten Ansatz nicht berücksichtigt, kann aber auf sicherer Seite vernachlässigt werden. Die Reichweite des Sickerkegels wird sich entgegen dem Grundwasserstrom (nach Osten) kleiner einstellen. Für genauere Ermittlungen wären Simulationen mittels Finite Elemente Methode (FEM) durchzuführen, sofern dies für die weitere Genehmigung erforderlich ist.

## 6. Regenwassermengenbewirtschaftung

### 6.1 Allgemein

Für die Regenwassermengenbewirtschaftung ist das gesamte Wohngebiet mit einer Größe von ca. 1,23 ha zu betrachten.

Zur Reduktion der Flächeninanspruchnahme durch wasserwirtschaftlichen Anlagen wird nachfolgend die Regenwasserrückhaltung und -versickerung von Abflüssen aus den öffentlichen und privaten Flächen in einem zentralen Regenrückhalte- und -versickerungsbecken bei einem 10-jährlichen Regenereignis bemessen.

### 6.2 Vorbemessung der Regenwasserrückhaltung und -versickerung

#### 6.2.1 Ermittlung der abflusswirksamen Flächen

Zur Bemessung des vorzuhaltenden Rückhaltevolumens im RVB wird gemäß DWA-A 138 das 10-jährliche Bemessungsereignis als maßgebend angesetzt. Dabei wird der mittlere Abflussbeiwert C<sub>m</sub> gemäß DIN 1986-100 für die Berechnung von A<sub>U,m</sub> berücksichtigt. Für die Bemessung von Notwasserwegen und Überflutungsräumen bei urbanen Sturzfluten ist der Spitzenabflussbeiwert C<sub>s</sub> zu berücksichtigen.

In Tab. 5 sind die abflusswirksamen Flächen des Gewerbegebietes zusammengefasst. Die Flächen wurden mit Hilfe von AutoCAD aus der Unterlage [U1] extrahiert.



Tab. 5 Abflusswirksame Flächen im Betrachtungsraum

Flächentyp	Flächengröße $A_E$ [m <sup>2</sup> ]	mittlerer Abflussbeiwert $C_m$ [-]	abfluss- wirksame Flächengröße $A_{U,m}$ [m <sup>2</sup> ]	Spitzenab- flussbeiwert $C_s$ [-]	abfluss- wirksame Flächengröße $A_{U,s}$ [m <sup>2</sup> ]
Steildach	2.152	0,9	1.937	1,0	2.152
Gründach	538	0,3	161	0,5	269
Verkehrsflächen	2.033	0,75	1.525	1,0	2.033
Grünflächen	6.078	0,1	608	0,3	1.823
Entwässerungsflächen	1.497	0,1	150	0,3	1.497
<b>Gesamt EZG</b>	<b>12.298</b>	-	<b>4.381</b>		<b>6.727</b>

### 6.2.2 Vorbemessung

Der Rückhalte- und Versickerungsraum für das Wohngebiet und die öffentlichen Flächen wird nachfolgend gemäß DWA-A 138 für ein 10-jährliches Ereignis berechnet. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind der Anlage 4, Blatt 1 und 2, zu entnehmen.

Gemäß DWA-A 138 wird zur Bestimmung des erforderlichen Rückhaltevolumens folgende Gleichung herangezogen:

$$V_{Rück} = (Q_{Zu} - Q_S) \cdot D \cdot 60 \cdot f_z - V_S \quad (4)$$

- $V_{Rück}$  erforderliches Rückhaltevolumen [m<sup>3</sup>]
- $Q_{Zu}$  (konstanter) Zufluss [m<sup>3</sup>]
- $D$  Regendauer [min]
- $f_z$  Zuschlagsfaktor [-]
- $V_S$  vorhandenes Speichervolumen des RVB [m<sup>3</sup>]

Dabei umfasst  $Q_{Zu}$  sowohl den Zufluss aus dem Wohngebiet als auch den Zufluss von den restlichen, öffentlichen Flächen. Der Zuschlagsfaktor  $f_z$  wird gemäß DWA-A117 mit einem geringen Risikomaß von  $f_z = 1,2$  berücksichtigt und dient als Ausgleichswert für eine mögliche Unterdimensionierung der Retentionsmaßnahmen. Aufgrund der geringen Einstauhöhe von max. 2 m wird die Versickerungsrate  $Q_S$  näherungsweise mit nachfolgender Formel bestimmt:

$$Q_S = \frac{k_f}{2} \cdot A_S \quad (5)$$

- $Q_S$  Versickerungsrate [m<sup>3</sup>/s]
- $k_f$  Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
- $A_S$  Versickerungsfläche [m<sup>2</sup>]

Wie in Anlage 4, Blatt 1, berechnet, kann die anfallende Wassermenge bei einem 10-jährlichen Regenereignis durch das RVB vollständig gefasst und versickert werden. Für die Berechnung des notwendigen Rückhaltevolumens wurden die Daten der Regenreihe für Stapelfeld (KOSTRA – DWD 2010) zugrunde gelegt.

Zusätzlich wurde in Anlage 4, Blatt 2, die Annahme getroffen, dass bei einem 30-jährlichen Regenereignis das Niederschlagswasser verstärkt zum Abfluss kommt, sodass das maximal rück-



zuhaltende Volumen berechnet werden kann. Für die Berechnung der abflusswirksamen Flächen  $A_{U,s}$  werden dementsprechend die Spitzenabflussbeiwerte  $C_s$  gemäß DIN 1986-100 verwendet (s. Tab. 5). Nach Bemessung auf ein 30-jährliches Regenereignis kann das Regenwasser durch das vorhandene Volumen des RVB auch bei Starkregenereignissen zurückgehalten werden.

Für die Herstellung des RVBs ist aufgrund der oberflächennahen Geschiebelehmsschicht das Gelände auf rd. +55,2 mNHN anzuheben. Die Sohle des RVB befindet sich auf einer Höhe von +53,1 mNHN, sodass hier der notwendige Abstand zum Grundwasser von 1 m gemäß DWA-A 138 eingehalten werden kann. Das Gelände ist entsprechend zu modellieren. Um die Sickerseigenschaften des Untergrundes zu verbessern und zudem eine gleichmäßige Beschickung des Untergrundes zu gewährleisten, sind 1 m unter der Beckensohle sechs Sickerschlitze in 5 m Achsabstand herzustellen (s. Anlage 1, Blatt 3). Der Versickerungsanlage sollte ein Absetzschacht vorgeschaltet werden.

Grundsätzlich sind bei der Herstellung von Regenrückhalteräumen die Hinweise der DWA-A 117 und der DIN 1986-100 zu beachten. Die Außenanlagen sind so zu gestalten, dass sich das Rückhaltevolumen schadlos aufstauen kann.

Nach DIN 1986-100 ist ein Überflutungsnachweis zur schadlosen Ableitung und / oder Rückhaltung des Regenwassers bei abflusswirksamen Flächen > 800 m<sup>2</sup> für jedes Grundstück separat zu führen.

### 6.3 Geländemodellierung und Notwasserwege

Um eine Entwässerung des Plangebietes auch bei Starkregenereignissen zu ermöglichen, ist das Gelände entsprechend zu modellieren. Aufgrund der Sohlhöhe des RVB von +53,1 mNHN ist das Gelände um das RVB auf +55,2 mNHN anzuheben (s. Anlage 1, Blatt 3). Des Weiteren ist die Höhe der öffentlichen Straße mind. 10 cm über der Oberkante des RVB auszubilden. Um eine (Not-)Entwässerung über die öffentliche Straße zu gewährleisten, ist die mittlere Höhe der einzelnen Wohnbaugrundstücke wiederum mind. 10 cm über Straßenniveau herzustellen.

Die Zufahrten der Grundstücke sind mit Abfangrinnen auszustatten, um ein unkontrolliertes Abströmen des Niederschlagwassers auf die öffentliche Straße zu verhindern.

Für Ausbildung der Straße als Notwasserweg, der Regenereignisse über einer Jährlichkeit von 30 Jahren ableiten kann, ist diese mit Hochborden einzufassen. Dadurch kann das Niederschlagswasser über die Straßenführung bis ins RVB geleitet werden.

## 7. Zusammenfassung

Im vorliegenden Bericht wird ein Entwässerungskonzept für die Erschließung des Bebauungsplanes 18 der Gemeinde Stapelfeld vorgestellt und die Abweichung des bebauten Zustandes zum potenziell naturnahen Zustand ermittelt. Bei der Flächeninanspruchnahme gemäß Anlage 1, Blatt 2, kommt es zu einer deutlichen Schädigung des Wasserhaushaltes. Die gemäß des A-RW 1 erforderlichen Nachweise sind in Kapitel 5 u. 6 erbracht. Durch Begründung von Dachflächen und Fassaden und/ oder die Überdeckung der Verkehrsflächen mit Bäumen kann der Wasserhaushalt bis in den weitgehend natürlichen Zustand verbessert werden.



Mit dem vorgestellten Konzept wird das auf den versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser gesammelt und in ein zentrales Regenversickerungsbecken (RVB) mit einer Grundfläche von 212 m<sup>2</sup> und einer Höhe von 2 m mit einer Böschung von 1 : 3 geleitet. Das umliegende Gelände ist mit sickerfähigen Böden auf rd. +55,2 mNHN anzuheben. Aufgrund der oberflächennahen Schichten aus Geschiebelehm bzw. stark schluffigen Böden ist eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser nur in der südwestlich, gelb gekennzeichneten Fläche (s. Anlage 1, Blatt 2) möglich. Das Geländeniveau der Straße und der Wohnbauflächen ist mind. 10 cm über OK RVB herzustellen und so zu planen, dass auch bei urbanen Sturzfluten eine Entwässerung des Plangebiets über Notwasserwege zum RVB möglich ist.

Während der Bauausführung sind die Qualitätssicherung für die eingesetzten Baustoffe (Böden, Leitungen, Schächte, etc.) sowie die Überwachung des fachgerechten Einbaus zwingend erforderlich.

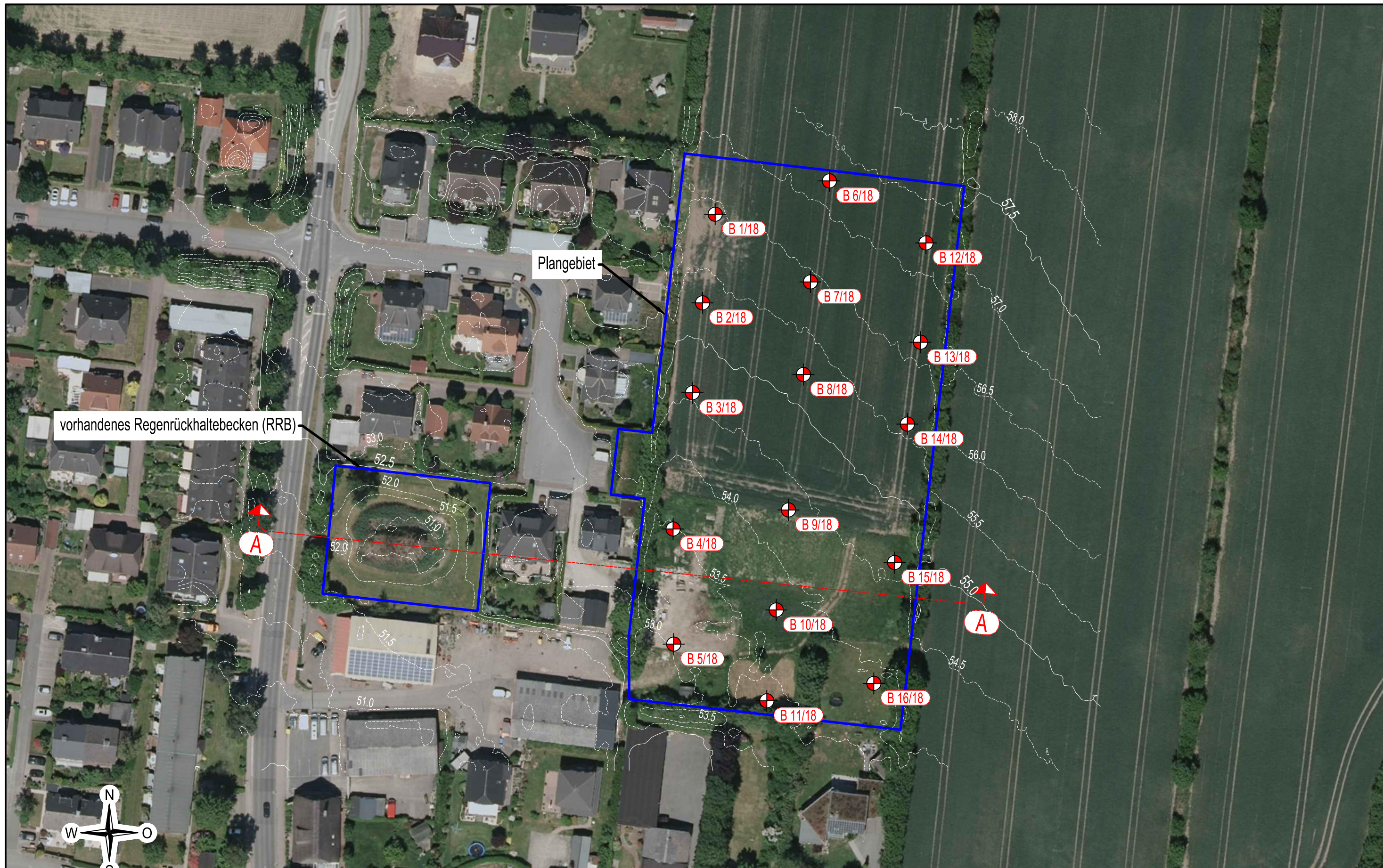
---

Beratender Ingenieur  
Dipl.-Ing. Sebastian Stoll

---

Projektingenieurin  
M. Eng. Nadja Brucks





vorhandenes Regenrückhaltebecken (RRB)

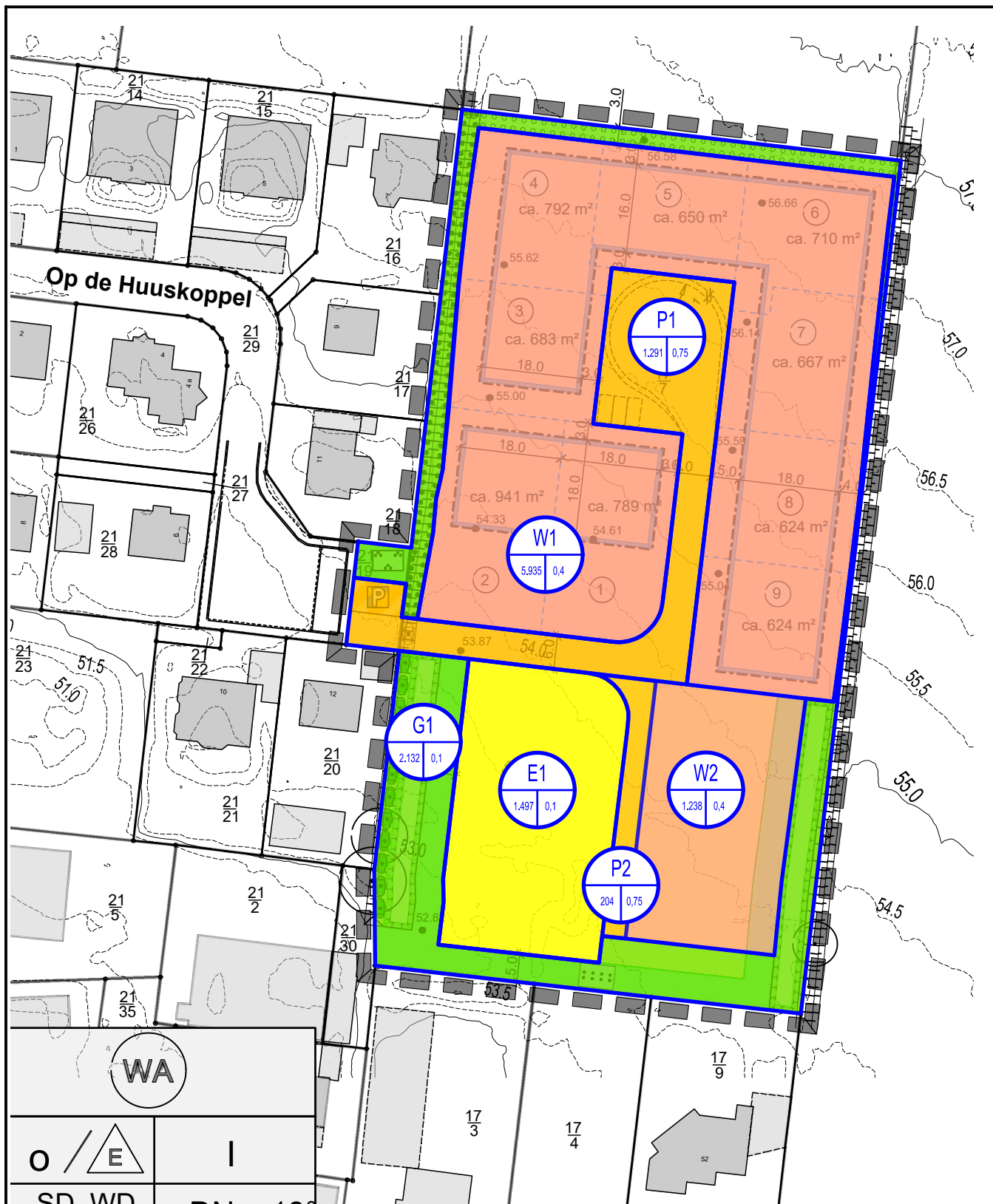
Plangebiet

A

Legende:

 Sondierbohrung


<b>Projekt:</b> Erschließung Bbauungsplan 18 Gemeinde Stapelfeld	<b>Darstellung:</b> Übersichtslageplan	<b>Projekt-Nr.:</b> B 173321/2	<b>gezeichnet:</b> 13.10.2021	Brucks	<b>Planverfasser:</b>  <b>Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf</b> An der Dänischburg 10 23569 Lübeck Fon: 04 51 / 5 92 98 00 Fax: 04 51 / 5 92 98 29 www.geo-technik.com	Hanskampring 21 22885 Barsbüttel Fon: 0 40 / 66 97 74 31 Fax: 0 40 / 66 97 74 58 info@geo-technik.com
	<b>Maßstab:</b> 1 : 1.000	<b>Anlage:</b> 1	<b>bearbeitet:</b> 16.11.2021	Brucks		
		<b>Blatt:</b> 1	<b>geprüft:</b> 22.11.2021	Stoll		



Legende:

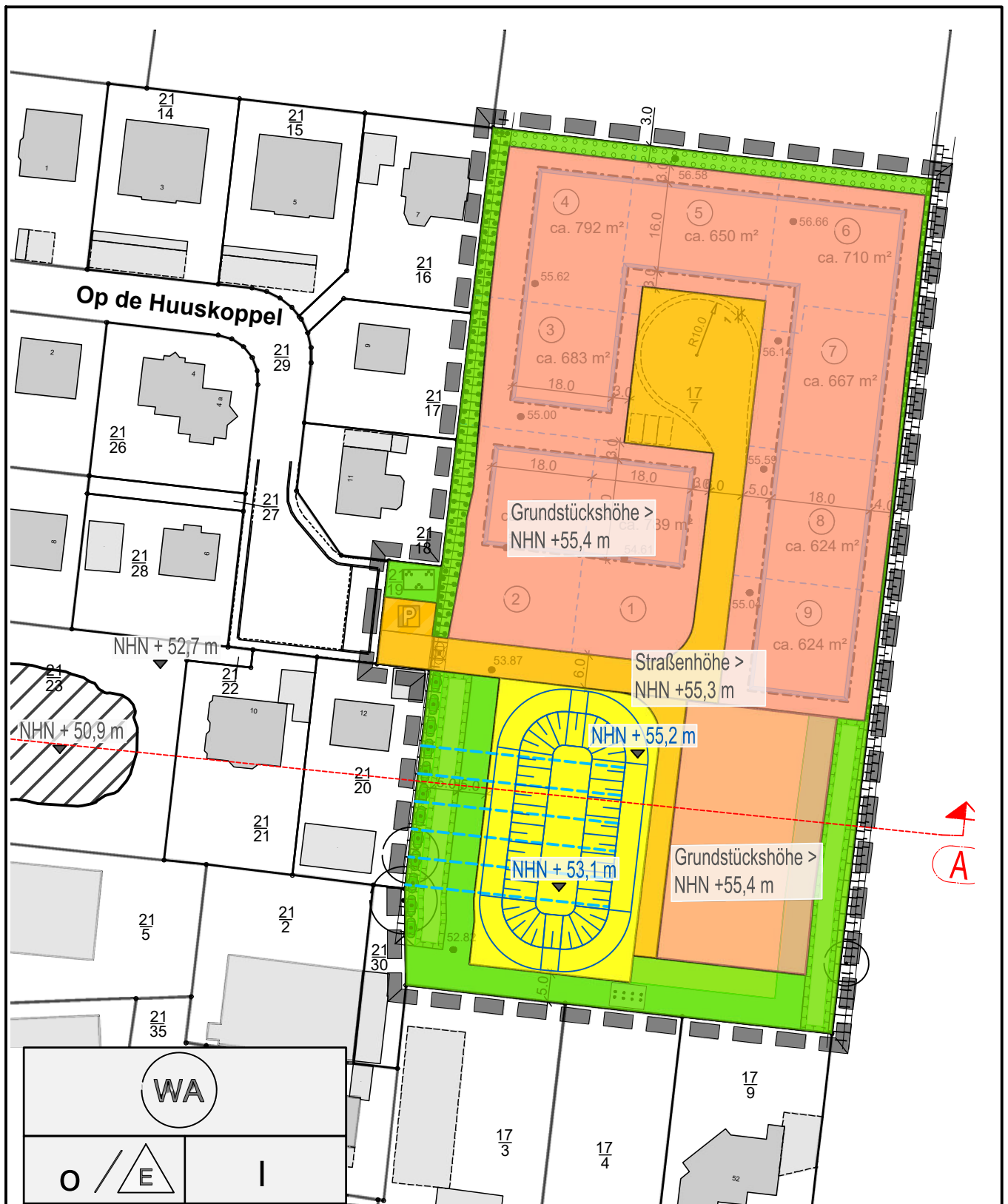
- Einzugsgebietsstempel
- Wohngebiet (W)
- Verkehrsfläche (P)
- Grünfläche (G)
- Flächen für Entwässerung (E)

Plangrundlage:  
Planvorentwurf, M 1:1000, Stand: Mai 2017

<b>Projekt:</b> Erschließung Bbauungsplan 18, Gemeinde Stapelfeld			
<b>Darstellung:</b>  Lageplan mit Einzugsflächen	<b>Bericht:</b>	B 173321/2	
	<b>Anlage:</b>	1	
	<b>Blatt:</b>	2	
	<b>Maßstab:</b>	1 : 1000	
<b>Planverfasser:</b> 	<b>Datum</b>	<b>Name</b>	
	<b>gezeichnet:</b>	17.09.2021	Brucks
	<b>bearbeitet:</b>	16.11.2021	Brucks
	<b>geprüft:</b>	22.11.2021	Stoll

Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
An der Dänischburg 10  
23569 Lübeck  
Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
www.geo-technik.com


Hanskampring 21  
22885 Barsbüttel  
Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
info@geo-technik.com



**Legende:**

-  Fläche RRB (Bestand)
-  RVB (Planung)
-  Sickerschlitz (Planung)

Plangrundlage:  
Planvorentwurf, M 1:1000, Stand: Mai 2017

<b>Projekt:</b> Erschließung Bbauungsplan 18 Gemeinde Stapelfeld			
<b>Darstellung:</b> Lageplan mit Vordimensionierung RVB		<b>Bericht:</b>	B 173321/2
		<b>Anlage:</b>	1
		<b>Blatt:</b>	3
		<b>Maßstab:</b>	1 : 1.000
<b>Planverfasser:</b>		<b>Datum</b>	<b>Name</b>
	Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf An der Dänischburg 10 23569 Lübeck Fon: 04 51 / 5 92 98 00 Fax: 04 51 / 5 92 98 29 www.geo-technik.com	<b>gezeichnet:</b>	20.10.2021 Brucks
	Hanskampring 21 22885 Barsbüttel Fon: 0 40 / 66 97 74 31 Fax: 0 40 / 66 97 74 58 info@geo-technik.com	<b>bearbeitet:</b>	16.11.2021 Brucks
		<b>geprüft:</b>	22.11.2021 Stoll



**Legende:**

- RVB (Planung)
- Aufstaukegel (Sichardt)

Plangrundlage:  
Planvorentwurf, M 1:1000, Stand: Mai 2017

**Projekt:**

Erschließung Bebauungsplan 18  
Gemeinde Stapelfeld

**Darstellung:**

Lageplan mit Aufstaukegel

<b>Bericht:</b>	B 173321/2
<b>Anlage:</b>	1
<b>Blatt:</b>	4
<b>Maßstab:</b>	1 : 1.000

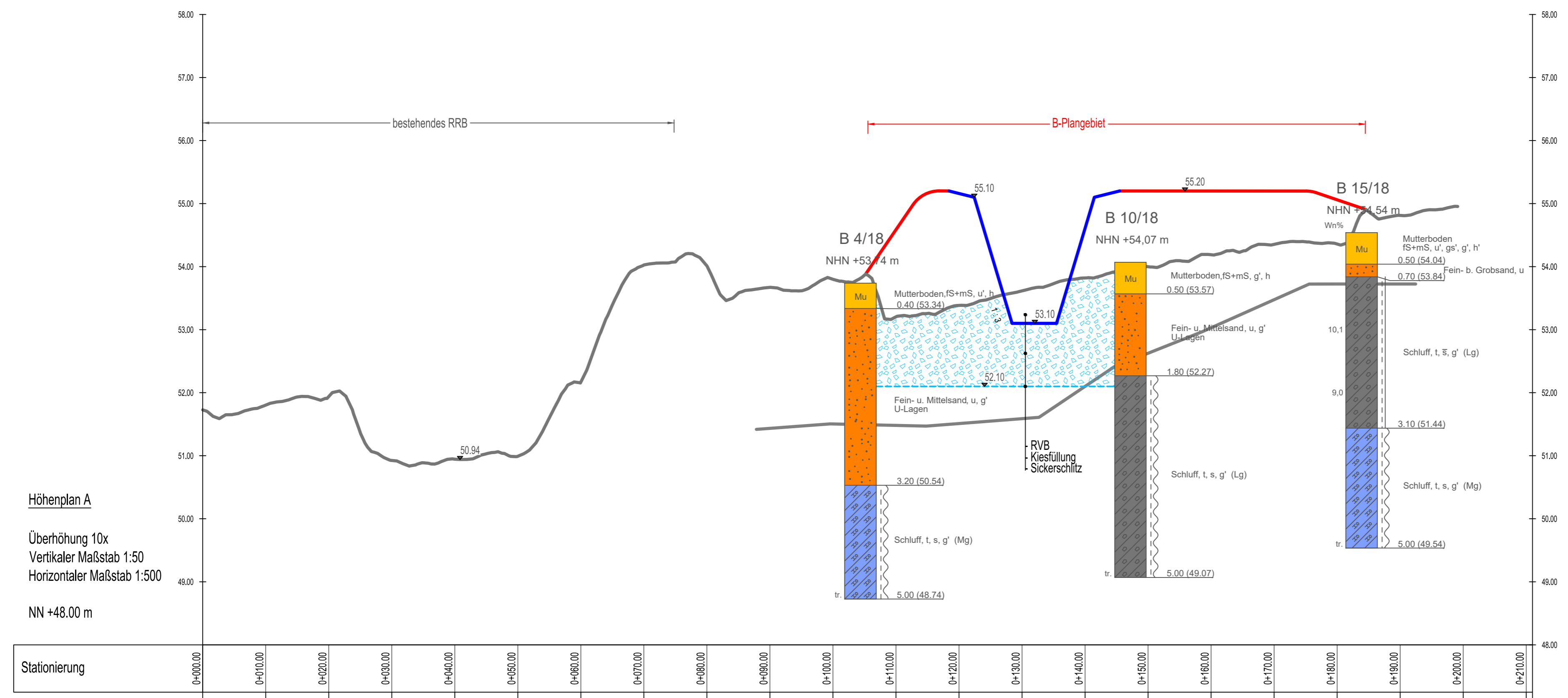
**Planverfasser:**



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
An der Dänischburg 10  
23569 Lübeck  
Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
www.geo-technik.com

Hanskampning 21  
22885 Barsbüttel  
Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
info@geo-technik.com

	<b>Datum</b>	<b>Name</b>
<b>gezeichnet:</b>	20.10.2021	Brucks
<b>bearbeitet:</b>	11.11.2021	Brucks
<b>geprüft:</b>	22.11.2021	Stoll



Höhenplan A  
Überhöhung 10x  
Vertikaler Maßstab 1:50  
Horizontaler Maßstab 1:500  
NN +48.00 m

**Legende:**

- Urgelände
- OK Geschiebelehm
- RVB (Planung)
- OK Gelände (Planung)
- Sickerschlitz (Planung)

**Plangrundlagen:**


Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

**Auftraggeber:**  
Uwe Lokstein

**Projekt:**  
Erschließung Bebauungsplan 18  
Gemeinde Stapelfeld

**Planungsphase:**  
Entwurfsphase

<b>Darstellung:</b> Prinzipschnitt	<b>Bericht:</b>	B173321/2
	<b>Anlage:</b>	2
	<b>Blatt:</b>	1
	<b>Maßstab:</b>	1 : 500

<b>Planverfasser:</b> 	<b>Datum</b>	<b>Name</b>
	<b>gezeichnet:</b>	02.11.2021 Brucks
	<b>bearbeitet:</b>	16.11.2021 Brucks
	<b>geprüft:</b>	22.11.2021 Stoll

Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
An der Dänischburg 10  
23569 Lübeck  
Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
www.geo-technik.com

Hanskampring 21  
22885 Barsbüttel  
Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
info@geo-technik.com



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
 An der Dänischburg 10  
 23569 Lübeck  
 Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
 Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
 www.geo-technik.com

Hanskampring 21  
 22885 Barsbüttel  
 Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
 Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
 info@geo-technik.com

## Wasserhaushaltsbilanz gemäß A-RW 1

### Erschließung Bebauungsplan 18, Gemeinde Stapelfeld

Bericht: B173321/2  
 Anlage: 3  
 Blatt: 1

#### Betrachtung der Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten im Vergleich zwischen potentiell naturnahem Referenzzustand und dem bebauten B-Plan-Gebiet

Variante 1

potentiell naturnaher Referenzzustand

$$A_E = A_{E,a} + A_{E,g} + A_{E,v} = a_1 \cdot A_E + g_1 \cdot A_E + v_1 \cdot A_E$$

bebaute Fläche des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b} = A_{E,b,a} + A_{E,b,g} + A_{E,b,v} = a_2 \cdot A_{E,b} + g_2 \cdot A_{E,b} + v_2 \cdot A_{E,b}$$

$$A_{E,\#} = A_E - A_{E,b}$$

Berücksichtigung der Bewirtschaftung des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b,a} = A_{E,b,a*} + A_{E,b,g*} + A_{E,b,v*} = a_3 \cdot A_{E,b,a} + g_3 \cdot A_{E,b,a} + v_3 \cdot A_{E,b,a}$$

- $A_E$  Fläche des Planungsgebietes [ha]
- $A_{E,a}$  abflusswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,g}$  versickerungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,v}$  verdunstungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $a_1$  abflusswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $g_1$  versickerungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $v_1$  verdunstungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $A_{E,\#}$  verbleibende unbebaute nat. Teilfläche des Gebietes  $A_E$  [ha]
- $A_{E,b}$  befestigte Fläche des B-Plan Gebietes [ha]
- $A_{E,b,a}$  abflusswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,g}$  versickerungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,v}$  verdunstungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $a_2$  abflusswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $g_2$  versickerungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $v_2$  verdunstungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $A_{E,b,a*}$  abflusswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,g*}$  versickerungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,v*}$  verdunstungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $a_3$  abflusswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $g_3$  versickerungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $v_3$  verdunstungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]

#### Schritt 1: potentiell naturnaher Referenzzustand

Ort: G-10 Stormarn (West)	$A_{E,\#}$	1,23 ha
$a_1$ 0,016	$A_{E,a\#}$	0,020 ha
$g_1$ 0,425	$A_{E,g\#}$	0,523 ha
$v_1$ 0,559	$A_{E,v\#}$	0,687 ha

#### Schritt 2: Aufteilung des Planungszustands in nat. unbebaute und befestigte Teilfläche

##### natürlich unbebaute Teilfläche

	$A_{E,\#}$	0,76 ha
$a_1$ 0,016	$A_{E,a\#}$	0,012 ha
$g_1$ 0,425	$A_{E,g\#}$	0,322 ha
$v_1$ 0,559	$A_{E,v\#}$	0,423 ha

#### Ermittlung der Anteile der befestigten Flächen an Versickerung, Abfluss und Verdunstung

Art der Fläche	Größe	$a_2$	$A_{Eba}$	$g_2$	$A_{Ebg}$	$v_2$	$A_{Ebv}$	
Steildach	0,215	0,850	0,183	0,000	0,000	0,150	0,032	
Gründach (extensiv) Substratschl	0,054	0,650	0,035	0,000	0,000	0,350	0,019	
Asphalt, Beton	0,203	0,750	0,152	0,000	0,000	0,250	0,051	
		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
	$A_{E,\#}$	0,47	$\Sigma A_{Eba}$	0,37	$\Sigma A_{Ebg}$	0,00	$\Sigma A_{Ebv}$	0,10

#### Schritt 3: Regenwasserbewirtschaftung: Mulden-/ Beckenversickerung

Abfluss	$a_3$ 0,000	$A_{Eba*}$ 0,000	$A_{E,a\#} + A_{E,b,a*} =$ 0,012
Versickerung	$g_3$ 0,870	$A_{Ebg*}$ 0,322	$A_{E,g\#} + A_{E,b,g} + A_{E,b,g*} =$ 0,644
Verdunstung	$v_3$ 0,130	$A_{Ebv*}$ 0,048	$A_{E,v\#} + A_{E,b,v} + A_{E,b,v*} =$ 0,574

#### Schritt 4: Vergleich des potentiell naturnahen Referenzraumes mit dem bebauten B-Plan-Gebiet

Abfluss	0,020	0,012	-0,6%	Fall 1 - weitgehend natürlich
Versickerung	0,523	0,644	9,9%	Fall 2 - deutliche Schädigung
Verdunstung	0,687	0,574	-9,3%	Fall 2 - deutliche Schädigung



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
 An der Dänischburg 10  
 23569 Lübeck  
 Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
 Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
 www.geo-technik.com

Hanskampring 21  
 22885 Barsbüttel  
 Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
 Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
 info@geo-technik.com

## Wasserhaushaltsbilanz gemäß A-RW 1

### Erschließung Bebauungsplan 18, Gemeinde Stapelfeld

Bericht: B173321/2  
 Anlage: 3  
 Blatt: 2

#### Betrachtung der Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten im Vergleich zwischen potentiell naturnahem Referenzzustand und dem bebauten B-Plan-Gebiet

**Variante 2**

potentiell naturnaher Referenzzustand

$$A_E = A_{E,a} + A_{E,g} + A_{E,v} = a_1 \cdot A_E + g_1 \cdot A_E + v_1 \cdot A_E$$

bebaute Fläche des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b} = A_{E,b,a} + A_{E,b,g} + A_{E,b,v} = a_2 \cdot A_{E,b} + g_2 \cdot A_{E,b} + v_2 \cdot A_{E,b}$$

$$A_{E,\#} = A_E - A_{E,b}$$

Berücksichtigung der Bewirtschaftung des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b,a} = A_{E,b,a*} + A_{E,b,g*} + A_{E,b,v*} = a_3 \cdot A_{E,b,a} + g_3 \cdot A_{E,b,a} + v_3 \cdot A_{E,b,a}$$

- $A_E$  Fläche des Planungsgebietes [ha]
- $A_{E,a}$  abflusswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,g}$  versickerungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,v}$  verdunstungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $a_1$  abflusswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $g_1$  versickerungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $v_1$  verdunstungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $A_{E,\#}$  verbleibende unbebaute nat. Teilfläche des Gebietes  $A_E$  [ha]
- $A_{E,b}$  befestigte Fläche des B-Plan Gebietes [ha]
- $A_{E,b,a}$  abflusswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,g}$  versickerungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,v}$  verdunstungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $a_2$  abflusswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $g_2$  versickerungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $v_2$  verdunstungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $A_{E,b,a*}$  abflusswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,g*}$  versickerungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,v*}$  verdunstungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $a_3$  abflusswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $g_3$  versickerungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $v_3$  verdunstungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]

#### Schritt 1: potentiell naturnaher Referenzzustand

Ort: G-10 Storman (West)		$A_{E,\#}$	
		1,23	ha
$a_1$	0,016	$A_{E,a\#}$	0,020 ha
$g_1$	0,425	$A_{E,g\#}$	0,523 ha
$v_1$	0,559	$A_{E,v\#}$	0,687 ha

#### Schritt 2: Aufteilung des Planungszustands in nat. unbebaute und befestigte Teilfläche

##### natürlich unbebaute Teilfläche

	$A_{E,\#}$	0,76	ha
$a_1$	0,016	$A_{E,a\#}$	0,012 ha
$g_1$	0,425	$A_{E,g\#}$	0,322 ha
$v_1$	0,559	$A_{E,v\#}$	0,423 ha

#### Ermittlung der Anteile der befestigten Flächen an Versickerung, Abfluss und Verdunstung

Art der Fläche	Größe	$a_2$	$A_{Eba}$	$g_2$	$A_{Ebg}$	$v_2$	$A_{Ebv}$
Steildach	0,215	0,850	0,183	0,000	0,000	0,150	0,032
Gründach (extensiv) Substratschl	0,054	0,650	0,035	0,000	0,000	0,350	0,019
Straßen mit 80 % Baumüberdec	0,203	0,540	0,110	0,000	0,000	0,460	0,094
		0	0,000	0	0,000	0	0,000

$$\sum A_{E,\#} = 0,47 \quad \sum A_{Eba} = 0,33 \quad \sum A_{Ebg} = 0,00 \quad \sum A_{Ebv} = 0,14$$

#### Schritt 3: Regenwasserbewirtschaftung: Mulden-/ Beckenversickerung

Abfluss	$a_3$	0,000	$A_{Eba*}$	0,000	$A_{E,a\#} + A_{E,b,a*} =$	0,012
Versickerung	$g_3$	0,870	$A_{Ebg*}$	0,285	$A_{E,g\#} + A_{E,b,g} + A_{E,b,g*} =$	0,607
Verdunstung	$v_3$	0,130	$A_{Ebv*}$	0,043	$A_{E,v\#} + A_{E,b,v} + A_{E,b,v*} =$	0,611

#### Schritt 4: Vergleich des potentiell naturnahen Referenzraumes mit dem bebauten B-Plan-Gebiet

Abfluss	0,020	0,012	-0,6%	Fall 1 - weitgehend natürlich
Versickerung	0,523	0,607	6,9%	Fall 2 - deutliche Schädigung
Verdunstung	0,687	0,611	-6,2%	Fall 2 - deutliche Schädigung



Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
 An der Dänischburg 10  
 23569 Lübeck  
 Fon: 04 51 / 5 92 98 00  
 Fax: 04 51 / 5 92 98 29  
 www.geo-technik.com

Hanskampring 21  
 22885 Barsbüttel  
 Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
 Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
 info@geo-technik.com

## Wasserhaushaltsbilanz gemäß A-RW 1

### Erschließung Bebauungsplan 18, Gemeinde Stapelfeld

Bericht: B173321/2  
 Anlage: 3  
 Blatt: 3

#### Betrachtung der Veränderungen der Wasserhaushaltskomponenten im Vergleich zwischen potentiell naturnahem Referenzzustand und dem bebauten B-Plan-Gebiet

**Variante 3**

potentiell naturnaher Referenzzustand

$$A_E = A_{E,a} + A_{E,g} + A_{E,v} = a_1 \cdot A_E + g_1 \cdot A_E + v_1 \cdot A_E$$

bebaute Fläche des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b} = A_{E,b,a} + A_{E,b,g} + A_{E,b,v} = a_2 \cdot A_{E,b} + g_2 \cdot A_{E,b} + v_2 \cdot A_{E,b}$$

$$A_{E,\#} = A_E - A_{E,b}$$

Berücksichtigung der Bewirtschaftung des B-Plan-Gebietes im Planungszustand

$$A_{E,b,a} = A_{E,b,a*} + A_{E,b,g*} + A_{E,b,v*} = a_3 \cdot A_{E,b,a} + g_3 \cdot A_{E,b,a} + v_3 \cdot A_{E,b,a}$$

- $A_E$  Fläche des Planungsgebietes [ha]
- $A_{E,a}$  abflusswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,g}$  versickerungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $A_{E,v}$  verdunstungswirksame Fläche des pot. nat. Zustands [ha]
- $a_1$  abflusswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $g_1$  versickerungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $v_1$  verdunstungswirksamer Anteil natürlicher Zustand [-]
- $A_{E,\#}$  verbleibende unbebaute nat. Teilfläche des Gebietes  $A_E$  [ha]
- $A_{E,b}$  befestigte Fläche des B-Plan Gebietes [ha]
- $A_{E,b,a}$  abflusswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,g}$  versickerungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $A_{E,b,v}$  verdunstungswirksame Fläche der befestigten Fläche  $A_{E,b}$  [ha]
- $a_2$  abflusswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $g_2$  versickerungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $v_2$  verdunstungswirksamer Anteil befestigte urbane Teilflächen [-]
- $A_{E,b,a*}$  abflusswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,g*}$  versickerungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $A_{E,b,v*}$  verdunstungswirksamer Anteil der befestigten Fläche nach Bewirtschaftung [ha]
- $a_3$  abflusswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $g_3$  versickerungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]
- $v_3$  verdunstungswirksamer Anteil der Bewirtschaftungsmaßnahmen [-]

**Schritt 1:** potentiell naturnaher Referenzzustand

Ort: G-10 Storman (West)		$A_{E,\#}$	
		1,23	ha
$a_1$	0,016	$A_{E,a\#}$	0,020 ha
$g_1$	0,425	$A_{E,g\#}$	0,523 ha
$v_1$	0,559	$A_{E,v\#}$	0,687 ha

**Schritt 2:** Aufteilung des Planungszustands in nat. unbebaute und befestigte Teilfläche

natürlich unbebaute Teilfläche

		$A_{E,\#}$	0,76	ha
$a_1$	0,016	$A_{E,a\#}$	0,012	ha
$g_1$	0,425	$A_{E,g\#}$	0,322	ha
$v_1$	0,559	$A_{E,v\#}$	0,423	ha

Ermittlung der Anteile der befestigten Flächen an Versickerung, Abfluss und Verdunstung

Art der Fläche	Größe	$a_2$	$A_{Eba}$	$g_2$	$A_{Ebg}$	$v_2$	$A_{Ebv}$			
Gründach (extensiv) Substratschl	0,226	0,650	0,147	0,000	0,000	0,350	0,079			
Flachdach	0,043	0,750	0,032	0,000	0,000	0,250	0,011			
Straßen mit 80 % Baumüberdec	0,203	0,540	0,110	0,000	0,000	0,460	0,094			
		0	0,000	0	0,000	0	0,000			
			$A_{Eb}$	0,47	$\Sigma A_{Eba}$	0,29	$\Sigma A_{Ebg}$	0,00	$\Sigma A_{Ebv}$	0,18

**Schritt 3:** Regenwasserbewirtschaftung: Mulden-/ Beckenversickerung

Abfluss	$a_3$	0,000	$A_{Eba*}$	0,000	$A_{E,a\#} + A_{E,b,a*} =$	0,012
Versickerung	$g_3$	0,870	$A_{Ebg*}$	0,251	$A_{E,g\#} + A_{E,b,g} + A_{E,b,g*} =$	0,573
Verdunstung	$v_3$	0,130	$A_{Ebv*}$	0,038	$A_{E,v\#} + A_{E,b,v} + A_{E,b,v*} =$	0,644

**Schritt 4:** Vergleich des potentiell naturnahen Referenzraumes mit dem bebauten B-Plan-Gebiet

Abfluss	0,020	0,012	-0,6%	Fall 1 - weitgehend natürlich
Versickerung	0,523	0,573	4,1%	Fall 1 - weitgehend natürlich
Verdunstung	0,687	0,644	-3,5%	Fall 1 - weitgehend natürlich





Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
 An der Dänischburg 10 Hanskampring 21  
 23569 Lübeck 22885 Barsbüttel  
 Fon: 04 51 / 5 92 98 00 Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
 Fax: 04 51 / 5 92 98 29 Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
 www.geo-technik.com info@geo-technik.com

**Erschließung Bebauungsplan 18  
 Gemeinde Stapelfeld**

Bericht: B 173321/2  
 Anlage: 4  
 Blatt: 1

**Überflutungsnachweis in Anlehnung an den Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.1  
 "Versickerung von Niederschlagswasser", Teil 2: Quantitative Hinweise**

Berechnungsformel:

$$V_{Rück} = \left( \frac{r_{(D,n)} \cdot (A_U + A_S)}{10000} - (Q_S + Q_{SR} + Q_{Dr}) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{1000} \cdot f_Z - V_S \geq 0$$

Dabei ist:

$V_{Rück}$ : zurückzuhaltende Wassermenge [m³]

D: Regendauer [min]

$A_U$ : abflusswirksame Fläche [m²]

$A_S$ : oberirdisch versickerungswirksame Fläche [m²]

$A_{SR}$ : unterirdisch versickerungswirksame Fläche [m²]

$Q_S$ : Versickerungsrate [l/s]

$Q_{Dr}$ : Drosselabfluss [l/s]

$V_S$ : Speichervolumen der Versickerungsanlage [m³]

$f_Z$ : Zuschlagsfaktor [-]

Dabei gilt:

$$Q_S = v_{t,u} \cdot (A_S + A_{SR}) = \frac{k_f}{2} \cdot (A_S + A_{SR})$$

angeschlossene Flächen:

Nr	Bereich	Gesamtfläche	$C_m$	$A_U$
1	unbebaut	6.078	0,1	608
2	Steildach	2.152	0,9	1.937
3	Gründach	538	0,3	161
4	Verkehrsfläche	2.033	0,75	1.525
5	Entwässerungsfläche	1.497	0,1	150
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
		12.298		4.381

Berechnung:

$A_U$ : 4.381 m²  
 $A_S$ : 212 m²  
 $A_{SR}$ : m²  
 $k_f$ : 5,0E-06 m/s  
 $Q_S$ : 0,53 l/s  
 $Q_{Dr}$ : l/s  
 $V_S$ : 924 m³  
 $f_Z$ : 1,2 -

\*Kostra-DWD 2010

Stapelfeld (SH)

Rasterfeld

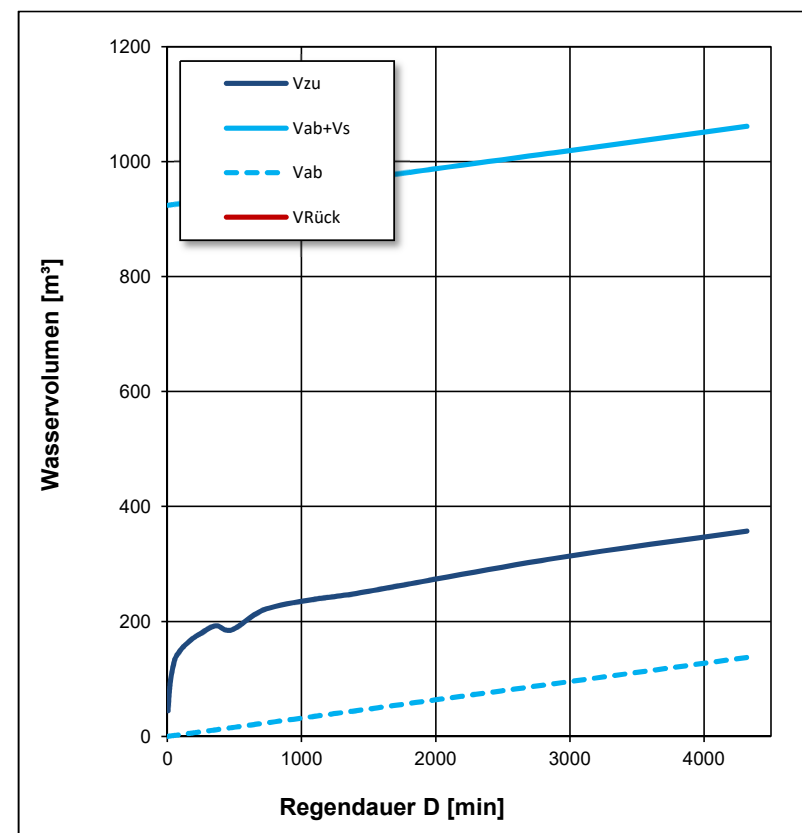
Jährlichkeit

Spalte: 37, Zeile: 21

10-jährlich

D [min]	$r(D,10)^*$ [l/(s·ha)]	$V_{Rück}$ [m³]
5	323,3	0,0
10	238,3	0,0
15	194,4	0,0
20	165,8	0,0
30	130,0	0,0
45	100,4	0,0
60	82,8	0,0
90	59,6	0,0
120	47,2	0,0
180	34,0	0,0
240	26,9	0,0
360	19,4	0,0
480	14,0	0,0
720	11,1	0,0
1080	8,0	0,0
1440	6,3	0,0
2880	3,9	0,0
4320	3,0	0,0

max  $V_{rück}$  = 0,0





Ingenieurbüro Dr. Lehnert + Wittorf  
 An der Dänischburg 10 Hanskampring 21  
 23569 Lübeck 22885 Barsbüttel  
 Fon: 04 51 / 5 92 98 00 Fon: 0 40 / 66 97 74 31  
 Fax: 04 51 / 5 92 98 29 Fax: 0 40 / 66 97 74 58  
 www.geo-technik.com info@geo-technik.com

**Erschließung Bebauungsplan 18  
 Gemeinde Stapelfeld**

Bericht: B 173321/2  
 Anlage: 4  
 Blatt: 2

**Überflutungsnachweis in Anlehnung an den Arbeitsbericht der DWA-Arbeitsgruppe ES-3.1  
 "Versickerung von Niederschlagswasser", Teil 2: Quantitative Hinweise**

**Berechnungsformel:**

$$V_{Rück} = \left( \frac{r_{(D,n)} \cdot (A_U + A_S)}{10000} - (Q_S + Q_{SR} + Q_{Dr}) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{1000} \cdot f_Z - V_S \geq 0$$

Dabei ist:

$V_{Rück}$ : zurückzuhaltende Wassermenge [m³]

D: Regendauer [min]

$A_U$ : abflusswirksame Fläche [m²]

$A_S$ : oberirdisch versickerungswirksame Fläche [m²]

$A_{SR}$ : unterirdisch versickerungswirksame Fläche [m²]

$Q_S$ : Versickerungsrate [l/s]

$Q_{Dr}$ : Drosselabfluss [l/s]

$V_S$ : Speichervolumen der Versickerungsanlage [m³]

$f_Z$ : Zuschlagsfaktor [-]

Dabei gilt:

$$Q_S = v_{t,u} \cdot (A_S + A_{SR}) = \frac{k_f}{2} \cdot (A_S + A_{SR})$$

angeschlossene Flächen:

Nr	Bereich	Gesamtfläche	$C_S$	$A_U$
1	unbebaut	6.078	0,3	1.823
2	Steildach	2.152	1,0	2.152
3	Gründach	538	0,5	269
4	Verkehrsfläche	2.033	1,0	2.033
5	Entwässerungsfläche	1.497	0,3	449
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
		12.298		6.727

**Berechnung:**

$A_U$ : 6.727 m²  
 $A_S$ : 212 m²  
 $A_{SR}$ : m²  
 $k_f$ : 5,0E-06 m/s  
 $Q_S$ : 0,53 l/s  
 $Q_{Dr}$ : l/s  
 $V_S$ : 924 m³  
 $f_Z$ : 1,2 -

\*Kostra-DWD 2010

Stapelfeld (SH)

Rasterfeld

Jährlichkeit

Spalte: 37, Zeile: 21

30-jährlich

D [min]	$r(D,30)^*$ [l/(s·ha)]	$V_{Rück}$ [m³]
5	403,3	0,0
10	291,7	0,0
15	236,7	0,0
20	202,5	0,0
30	159,4	0,0
45	124,1	0,0
60	103,1	0,0
90	73,9	0,0
120	58,3	0,0
180	41,9	0,0
240	33,1	0,0
360	23,8	0,0
480	17,1	0,0
720	13,5	0,0
1080	9,7	0,0
1440	7,7	0,0
2880	4,7	0,0
4320	3,5	0,0

max  $V_{rück}$  = 0,0

