

Niederschlagsentwässerung für das TIP-Gelände Cottbus

im Rahmen der hydrogeologischen Gesamtbetrachtung

12.11.2015

Auftraggeber: Stadt Cottbus
FB 61 - Stadtentwicklung
Herr Egbert Thiele
Karl-Marx-Straße 67
03044 Cottbus

Auftragnehmer: gerstgraser Ingenieurbüro für Renaturierung
An der Pastoa 13
03042 Cottbus
Tel.: 0355 / 4838 90
Fax.: 0355 / 4838 920
Email: info@gerstgraser.de
Internet: www.gerstgraser.de

Projekt-Nr: 1517
Projektleiter:


Dr. Christoph Gerstgraser

Bearbeiter: Dipl.-Geol. Mathias Falke
Dipl.-Geol. Tino Kmietzyk
Dipl.-Ing. (FH) Steffen Giebler
Dipl.-Ing. Hans-Peter Müller
Dr.-Ing. Ingo Schnauder

INHALTSVERZEICHNIS

1	ANLASS UND ZIELSTELLUNG	4
2	PLANUNGSGRUNDLAGEN.....	5
3	UNTERSUCHUNGSGEBIET	6
3.1	Grundwasser-Flurabstände	6
3.2	Geländeneigung und Fließwege.....	10
3.3	Baugrunderkundungen.....	12
3.3.1	k_f -Werte.....	12
3.3.2	Gründungstiefen.....	13
3.3.3	Altlastflächen.....	14
4	NIEDERSCHLAGSMENGEN.....	15
4.1	Bemessungs-Regenspenden	15
4.2	KOSTRA-Starkregenkatalog	17
5	BERECHNUNGSGRUNDLAGEN FÜR DIE VERSICKERUNG	18
5.1	Anfallendes Niederschlagswasser	18
5.2	Versickerungsfähigkeit des Bodens.....	19
5.3	Erforderliches Speichervolumen von Versickerungsmulden	19
6	ENTWÄSSERUNGSKONZEPT	21
6.1	Nachweis für die Straßenmulden.....	21
6.2	Nachweise für die Grundstücksflächen.....	24
6.2.1	Ermittlung der ungünstigsten Dauerstufe.....	24
6.2.2	Bestimmung der erforderlichen Muldenvolumen.....	25
6.2.3	Überflutungsnachweis	27
6.2.4	Belastungsnachweis.....	29
7	HINWEISE ZUR BAULICHEN AUSFÜHRUNG	31
7.1	Versickerungsmulden.....	31
7.2	Straßenmulden.....	33
7.3	Einzelfallbetrachtungen	34
7.3.1	Parzelle 21	34
7.3.2	Parzelle 1.1	35
7.3.3	Altlastflächen.....	36
8	KOSTEN	36

9	ZUSAMMENFASSUNG	37
----------	------------------------------	-----------

ANLAGEN

PLANVERZEICHNIS

1	Übersichtslageplan GW-Flurabstände.....	M 1 : 5.000
2	Übersichtslageplan oberirdische Fließwege	M 1 : 5.000

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BBG	Bebauungsgrad (= GRZ)
BI	Bürgerinitiative
DWD	Deutscher Wetterdienst
GOK	Geländeoberkante
GRZ	Grundflächenzahl (= BBG)
GV	Gewässerverband
GW	Grundwasser
GWM	Grundwassermessstelle
KWB	Klimatische Wasserbilanz
LBGR	Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe
LUGV	Landesamt für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
MHGW	mittlerer jährlicher höchster Grundwasserstand
TIP	Technologie- & Industriepark Cottbus
VEM	Vattenfall Europe Mining AG
WBV	Wasser- und Bodenverband

1 Anlass und Zielstellung

Mit Vertrag vom 08./09.12.2014 hat die Stadt Cottbus die Erstellung einer hydrogeologischen Gesamtbetrachtung für bestimmte Ortsteile beauftragt. Mit der hydrogeologischen Gesamtbetrachtung sollen die derzeitige als auch die sich zukünftig einstellende Grundwassersituation u.a. durch den geplanten Cottbuser Ostsee beschrieben werden. Eine erste Analyse der Grundlagendaten hat ergeben, dass weitere Ortsteile vom Grundwasserwiederanstieg betroffen sein werden, weshalb das Bearbeitungsgebiet mit dem 1. Nachtrag erweitert wurde.

Vor dem Hintergrund der vorhandenen Grundwasserstände und den zu erwartenden Grundwasserständen soll das Bearbeitungsgebiet für die hydrogeologische Untersuchung auf das Gebiet des TIP-Geländes erweitert werden. Ziel der Untersuchung ist es, konfliktfreie Lösungswege zur Niederschlagsentwässerung für das Gebiet des TIP konzeptionell aufzuzeigen. Dabei ist das Problem der im Plangebiet festgestellten, unterschiedlichen Geländehöhen und Grundwasserflurabstände zu berücksichtigen sowie die Grund- und Oberflächenwassersituation bei einer geplanten Grundflächenzahl (auch „Bebauungsgrad“) von 0,8 zu bewerten, insbesondere bei Starkniederschlägen.

Zur Aufnahme des auf dem TIP Gelände anfallenden Regenwassers stehen keine geeigneten Vorfluter zur Verfügung. Der im Bereich TIP vorhandene Regenwassersammler ist dahingehend zu untersuchen, inwieweit dieser teilweise als Staukanal genutzt bzw. umgenutzt werden kann. Angestrebtes Ergebnis ist eine konzeptionelle Darstellung einer gesicherten Niederschlagsentwässerung für das Gebiet.

2 Planungsgrundlagen

- /1/ Bebauungsplan Nr. W/ 49 / 73 „Technologie- & Industriepark Cottbus, Teil Cottbus“, Begründung Teil 1, Stand August 2014.
- /2/ Baugrundgutachten Nr. 59/2010, 112/2010, 125/2011 und 155/2014 von Reinfeld + Schön Ingenieurbüro, Cottbus (2010 – 2014).
- /3/ Sondierprofile der Gefährdungsabschätzung (Phase IIa) Flughafen Cottbus, LGK 706005; ECH Energieconsulting Heidelberg (1996).
- /4/ GW-Messstellen, Pegelbohrungen R+S Bohrgesellschaft, Cottbus (1996).
- /5/ DGM (10 x 10 m²), zur Verfügung gestellt durch die Stadt Cottbus.
- /6/ Hydroisohypsen des Hauptgrundwasserleiters des Landes Brandenburg - Frühjahr 2011. Landesvermessung und Geobasisinformation Brandenburg, Fachbereich GeoServiceCenter.(http://www.mugv.brandenburg.de/luas/gis/gw_isolinien.zip)
- /7/ Pegelraten der Grundwassermessstelle 4251 9033, Cottbus-StnC. Monatsmittelwerte für den Zeitraum November 1967 bis Oktober 2010. Zur Verfügung gestellt vom LUGV.
- /8/ Pegelraten der Grundwassermessstellen 8538 und 8542, für den Zeitraum Januar 1990 bis Juli 2015. Zur Verfügung gestellt von VEM.
- /9/ Konzept Regenwasserableitung zum Bebauungsplan „Technologie- & Industriepark Cottbus“, Fassung vom 30.06.2014, Arcus Planung + Beratung, Cottbus.
- /10/ DIN 1986-100 (2015): in „Aktuelle DIN-Normen für Tiefbauunternehmen“, Beuth Verlag.
- /11/ DIN EN 752 (2015): in „Aktuelle DIN-Normen für Tiefbauunternehmen“, Beuth Verlag.
- /12/ DWA-A 117 (2013): „Arbeitsblatt DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen“, DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- /13/ DWA-A 118 (2006): „Arbeitsblatt DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen“, DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- /14/ DWA-A 138 (2005): „Arbeitsblatt DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“, DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- /15/ DWA-M 153 (2007): „Merkblatt DWA-M 153: Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser“, DWA, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.
- /16/ KOSTRA DWD (2000): „Starkniederschlagshöhen für Deutschland (1951 - 2000)“, Software Deutscher Wetterdienst, Version 2.2.1 (2009).
- /17/ LWG (2004): „Mit Pflanzen versickern – Artenauswahl für Einstauflächen“ Broschüre der Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Würzburg/Veitshöchheim.

3 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich auf den Geltungsbereich des Bebauungsplanes „Technologie und Industriepark Cottbus“ - TIP-Stadt Cottbus (/1/, Plan 1). Das Untersuchungsgebiet umfasst ca. 353 ha Gesamtfläche. Das B-Plan-Gebiet stellt ca. 182 ha Baufläche einschließlich des geplanten Verkehrsraumes dar. Innerhalb dieser Gesamtbaufäche werden ca. 159 ha als Bauflächen und ca. 23 ha öffentlicher Straßenraum mit ca. 10 ha Befestigungsfläche (Straßen- und Gehwege) geschaffen.

3.1 Grundwasser-Flurabstände

Ausreichende Grundwasser-Flurabstände sind eine Voraussetzung für Versickerungsanlagen. Sie bestimmen die Mächtigkeit des Sickerraums, der nach Empfehlung DWA-A 138, bezogen auf den mittleren jährlichen höchsten Grundwasserstand (MHGW), mindestens 1,0 m betragen soll. In Ausnahmefällen und bei geringer stofflicher Belastung ist auch eine Unterschreitung vertretbar /14/.

Zur Berechnung der Flurabstände lagen DGM-Daten der Stadt Cottbus im Raster 10 x 10 m² vor /5/. Die GW-Gleichen wurden der online Fachdatenbank des LUGV mit Stand September 2015 entnommen und beschreiben den Zustand im Frühjahr 2011 /6/. Zur Überprüfung der GW-Schwankungen wurden zusätzlich Pegeldaten der dem TIP nahegelegenen Stationen 4251 9033 (betrieben vom LUGV, /7/), sowie GWM 8538 / 8542 (betrieben von VEM, /8/) abgefragt.

Die maximalen, jährlichen GW-Stände an der Station 4251 9033 der Jahre 1968 - 2009 und der daraus gebildete Mittelwert MHGW (64,85 m NHN) sind in Abbildung 1 dargestellt. Zu beachten ist, dass die Zeitreihe für den MHGW nur bis 2009 vorlag, so dass die Jahre 2010 – 2014 nicht berücksichtigt werden können. Die Höhe der GW-Gleichen vom Frühjahr 2011 liegt an der Station bei 65,20 m NHN, also 35 cm über dem MHGW₁₉₆₈₋₂₀₀₉. Der 100jährige höchste Grundwasserstand HGW100 an der Station beträgt 65,71 m NHN und liegt damit sogar 86 cm über dem MHGW /9/.

Die Darstellung zeigt weiterhin, dass es im Beobachtungszeitraum seit 1968 tendenziell zu einer Abnahme der maximalen jährlichen GW-Stände gekommen ist. Verglichen mit 1968 beträgt die GW-Absenkung im Mittel etwa 50 cm.

Zusätzlich wurden Daten der VEM-Pegel nördlich und südlich des TIP-Geländes ausgewertet (Lage der Pegel siehe Abbildung 3), um die GW-Schwankungen 2009 – 2014 zu berücksichtigen /8/. Die Zeitreihen in Abbildung 2 belegen, dass das Frühjahr 2011 von hohen Niederschlägen und GW-Neubildung geprägt war, und damit auch extrem hohe GW-Stände eintraten. Die GW-Gleichen für das Frühjahr 2011 liegen also höher als der MHGW und damit für die Berechnung der Flurabstände auf der sicheren Seite.

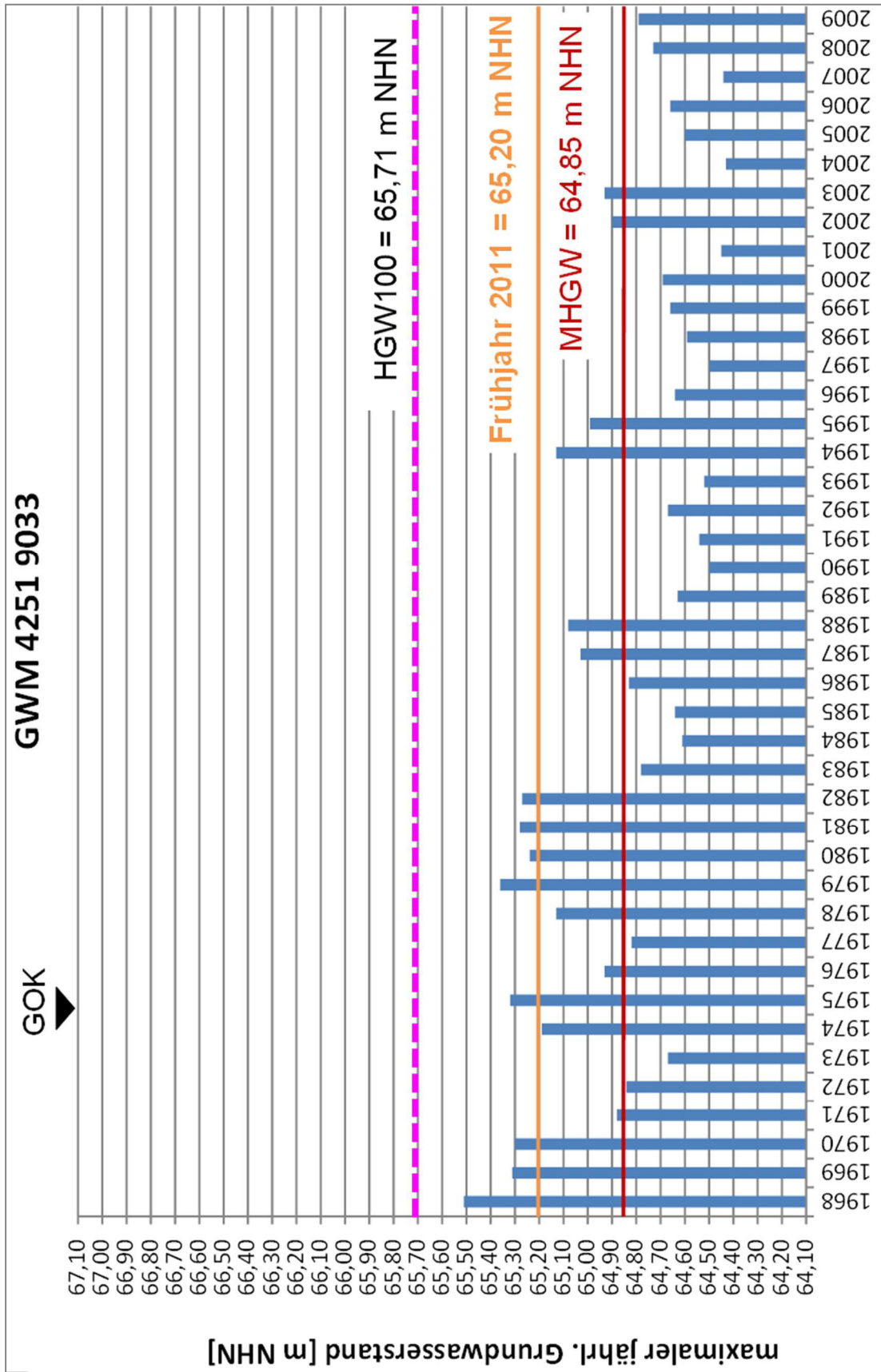


Abbildung 1: Vergleich der jährlichen maximalen Grundwasserstände und des MHGW₁₉₆₈₋₂₀₀₉ am Pegel 42519033 /7/ mit dem GW-Stand im Frühjahr 2011 (GW-Gleichen /6/)

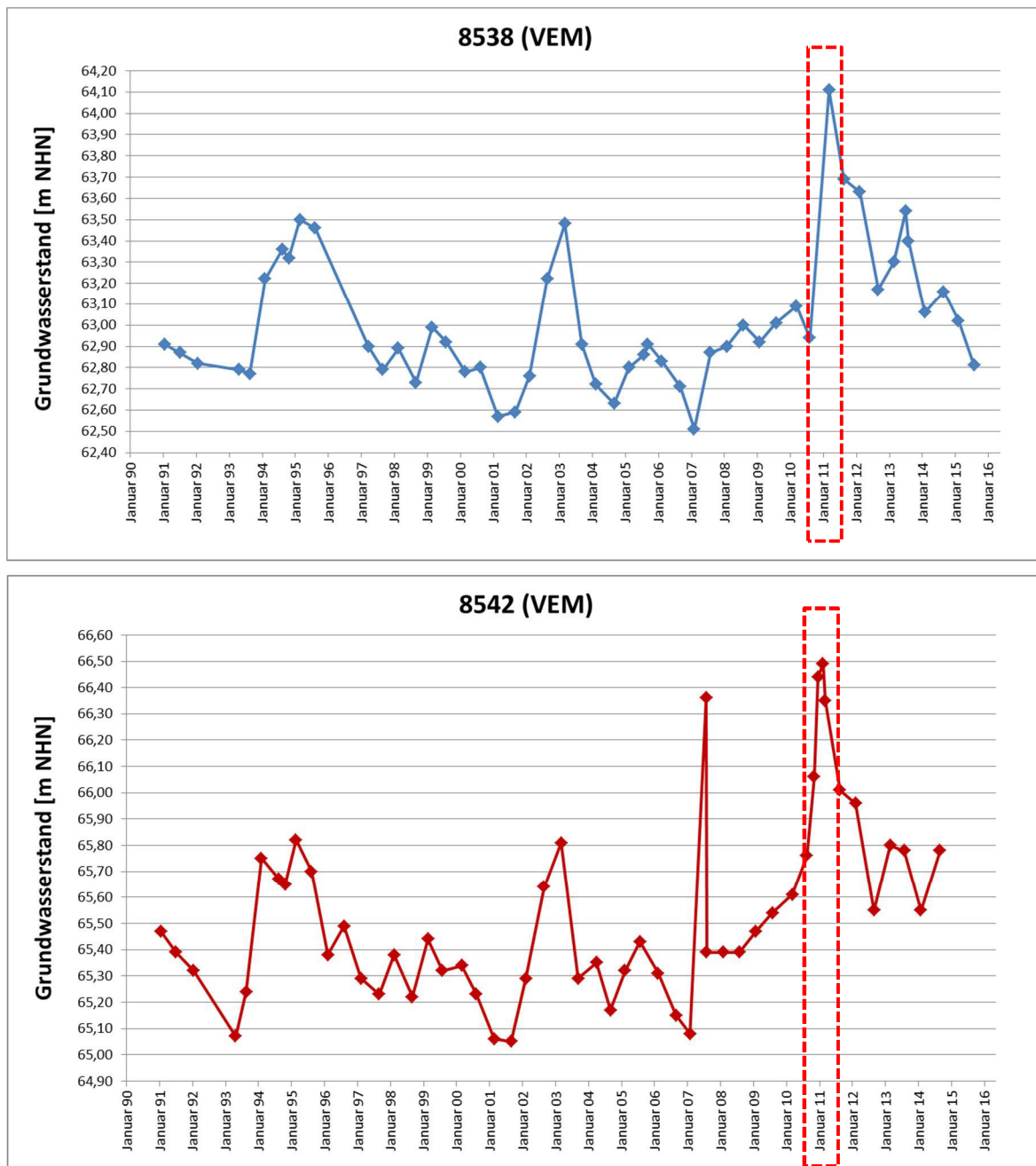


Abbildung 2: Grundwasserstände an zwei nahegelegenen Pegeln der VEM mit den hohen GW-Ständen im Frühjahr 2011 (rot umrandet)

Die GW-Flurabstände als Ergebnis der Verschneidung des DGM /5/ mit den GW-Gleichen /6/ für das TIP-Gebiet sind in Abbildung 3 dargestellt. Bis auf zwei Parzellen liegt der Flurabstand aller Flächen des TIP-Gebiets bei über 1,0 m, damit ist eine konzentrierte Versickerung grundsätzlich möglich. Einzige Ausnahmen sind **Parzelle 1.1**, die eine kleine Senke umfasst, und **Parzelle 21**, die nach Südwesten hin abschüssig ist. Damit lässt sich für das Entwässerungskonzept zusammenfassen:

- die konzentrierte **Versickerung auf dem TIP-Gelände ist grundsätzlich möglich.** ✓
- **Einzelfallbetrachtungen** sind nur für Parzelle 1.1 und 21 erforderlich.

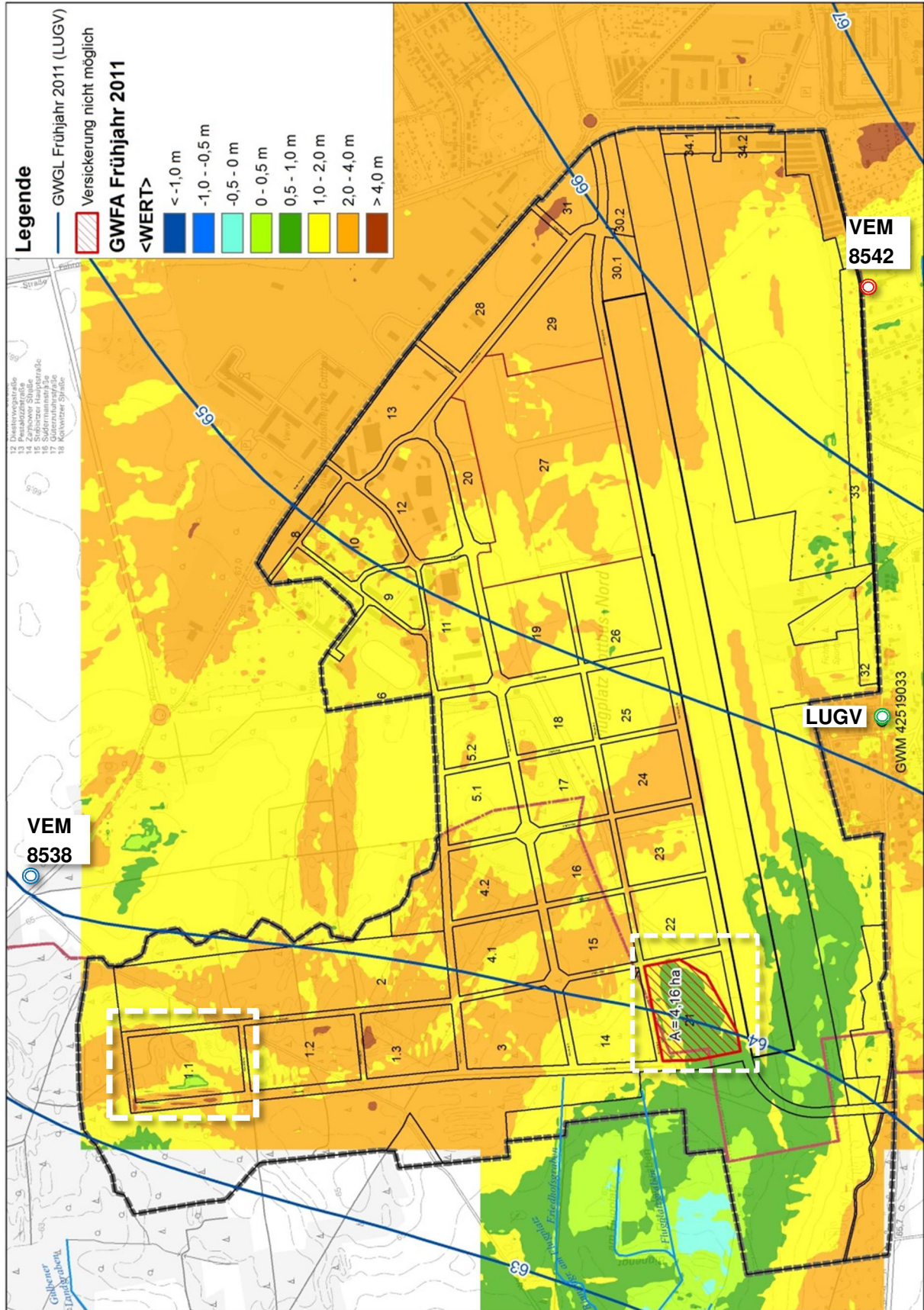


Abbildung 3: GW-Flurabstände für das TIP-Gebiet (GW-Gleichen vom Frühjahr 2011 /6/) und Lage zusätzlicher GW-Messstellen /7/ und /8/ (Plan 1)

3.2 Geländeneigung und Fließwege

Die Abgrenzung des oberirdischen Einzugsgebietes und die anschließende Unterteilung in Teilgebiete erfolgten auf Grundlage des DGM (Abbildung 4). Mit Hilfe einer speziellen GIS-Erweiterung (spatial analyst) wurde für das Untersuchungsgebiet ein Wasserscheidenmodell erstellt sowie ein Modell der präferentiellen Oberflächenwasserabflussbahnen ermittelt (Abbildung 5).

Trotz des sehr ebenen Geländes lassen sich im DGM geomorphologische Strukturen und lokale Senken und Höhen gut erkennen (Abbildung 4). Dazu gehört auch eine eiszeitliche Rinne im nord-westlichen Bereich. Die Rinne verlief geschwungen und lässt darauf schließen, dass es durch Umlagerungsprozesse zu einer Korngrößensortierung im Untergrund gekommen ist, z.B. der Akkumulation schluffiger Sande an den Gleituferhängen in den Innenkrümmungen.

Die Analyse der präferentiellen Oberflächenwasserbahnen in Abbildung 5 zeigt, dass das TIP-Gelände überwiegend nach Norden hin entwässert wird. Nur einige südliche Bereiche (Parzellen 3, 4 und 21- 23) und Parzelle 1.1 im Norden werden nach Westen hin entwässert. Damit verläuft durch das TIP-Gelände eine oberirdische Wasserscheide, die in der Abbildung als rote gestrichelte Linie hervorgehoben ist.



Abbildung 4: DGM-Oberfläche des TIP-Geländes (Daten: DGM /5/)

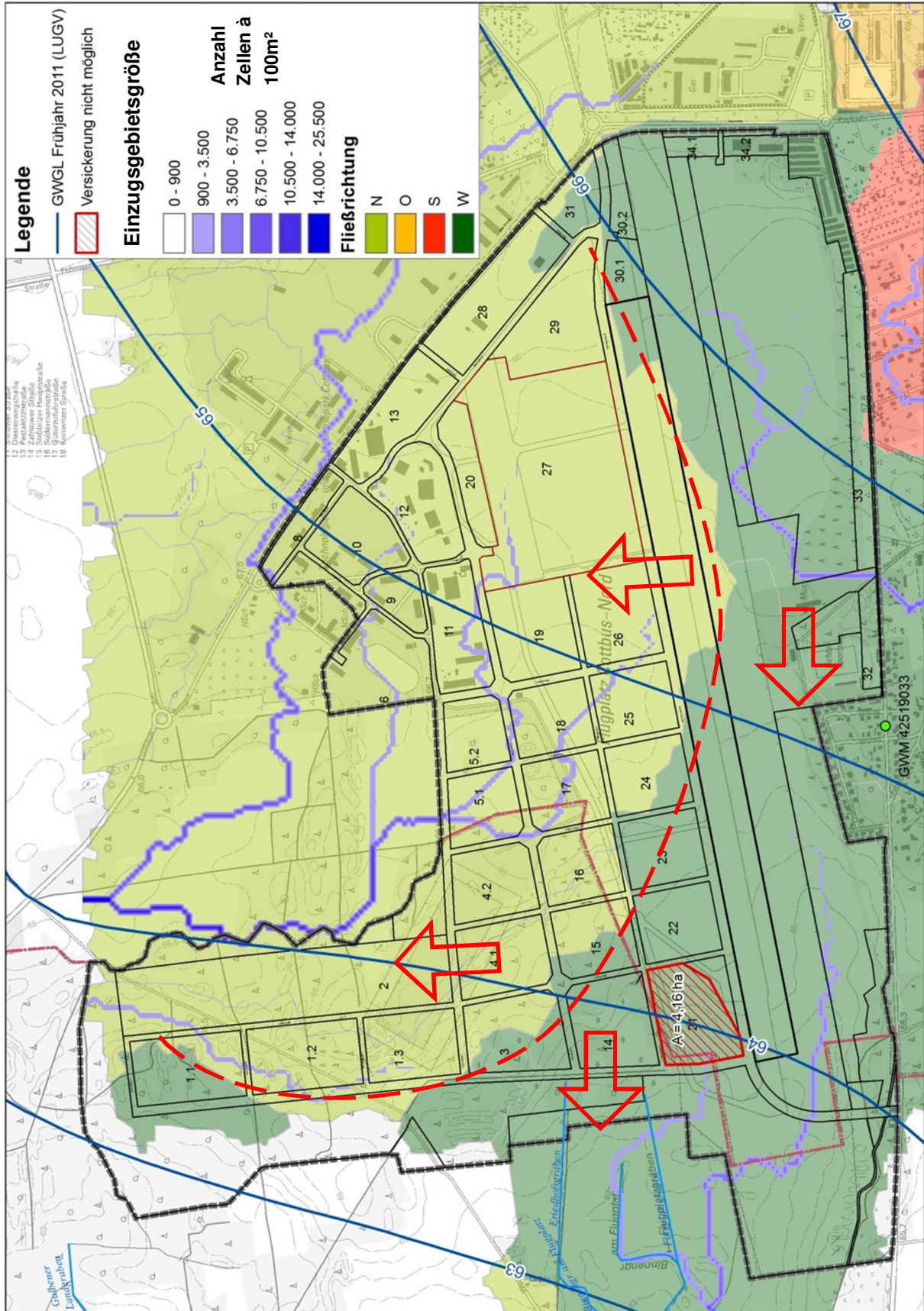


Abbildung 5: Oberirdische Fließwege auf dem TIP-Gelände (Plan 2)

3.3 Baugrunderkundungen

3.3.1 k_f -Werte

Von zentraler Bedeutung für ein Entwässerungskonzept ist neben dem Flurabstand die Versickerungsfähigkeit des Bodens, ausgedrückt über den Durchlässigkeitswert (k_f -Wert). Dabei ist zu beachten, dass der k_f -Wert bei Versickerungsberechnungen für ungesättigte Verhältnisse gelten muss. Liegen standardgemäß Werte für Böden unter gesättigten Bedingungen vor, muss eine Abminderung des k_f -Wertes um den Faktor 0,5 erfolgen /14/.

Weiterhin bestehen Schwierigkeiten in der Festlegung eines repräsentativen k_f -Wertes für eine größere Fläche. Einerseits wegen der Heterogenität der Bodeneigenschaften (Ursachen hierbei z.B. die eiszeitliche Rinne, siehe 3.2) und andererseits wegen der nur stichprobenhaft möglichen Quantifizierung über Bodenansprachen, Labor- oder Feldmethoden. Daher ist die Festlegung eines k_f -Wertes mit großen Unsicherheiten belegt, die sich jedoch stark im Ergebnis niederschlagen können.

Für den östlichen Bereich des TIP-Geländes liegen k_f -Werte aus den Baugrundgutachten /2/ vor (Abbildung 6). Die Werte aus der Analyse von Bohrproben liegen dabei zwischen 5×10^{-4} m/s bei enggestuften Sanden (SE) und $0,5 \times 10^{-4}$ m/s bei schwach schluffigen Sanden (SU), die bei etwa der Hälfte der Profile in schmalen Bändern auftraten.

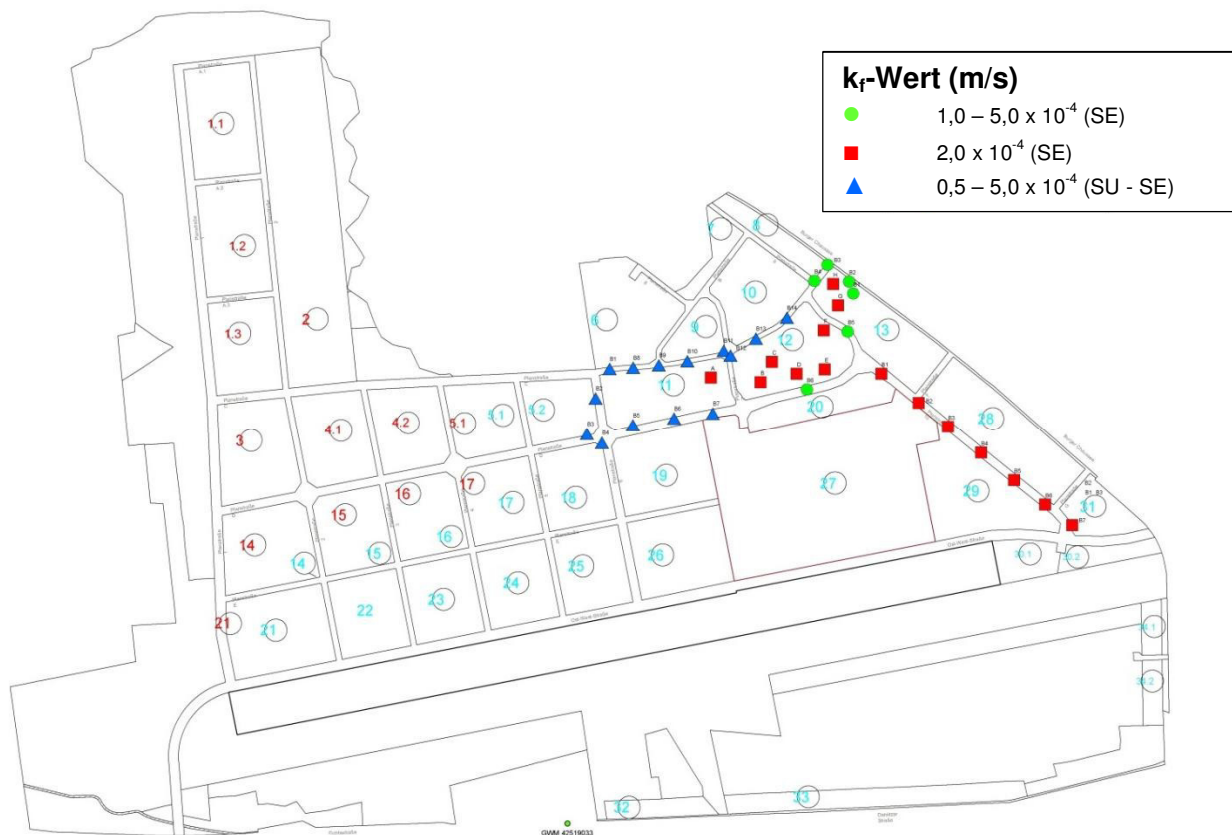


Abbildung 6: Lage der Bohrungen mit Analyse von k_f -Werten /2/

Für die westlichen Bereiche liegen ebenfalls Bohrproben vor /3/ /4/, eine Analyse der Versickerungsfähigkeit wurde daraus jedoch nicht erstellt. Die Schichtenfolge der Bohrprofile ähnelt der aus dem östlichen Bereich mit überwiegenden Fein- und Mittelsandanteilen ergänzt um oberflächennahe, schluffige Schichten.

Auf Basis dieser Datengrundlage wird **auf der sicheren Seite** liegend der geringste k_f -Wert von $0,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ zur Bemessung der Versickerungsfähigkeit des gesamten TIP-Geländes angesetzt. Zudem wird dieser k_f -Wert auch nach DWA /14/ für Muldenversickerungsanlagen mit 10 cm dicken Oberbodenschicht empfohlen.

3.3.2 Gründungstiefen

Die Gründungstiefe wirkt sich auf den einzuhaltenden horizontalen Abstand zwischen Versickerungsanlage und Bebauung aus. Nach ATW-A 138 wird ein horizontaler Mindestabstand der 1,5-fachen Baugrubentiefe und zumindest 0,5 m empfohlen (Abbildung 7).

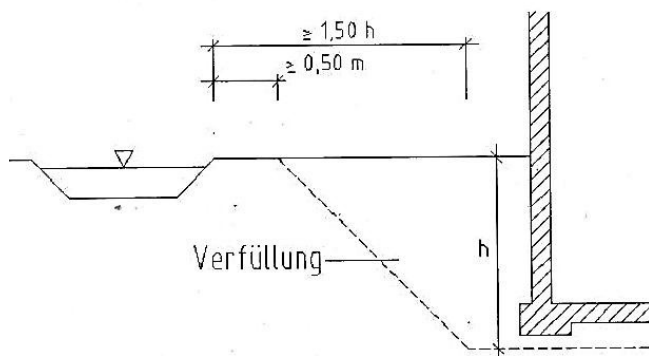


Abbildung 7: Mindestabstand nach DWA-A 138 /14/

In den Bodengutachten zur Parzelle 31 /2/ wird eine Gründungstiefe der Bebauung von 0,9 m und Streifenfundamente empfohlen. Für die sonstigen Parzellen liegen keine Informationen vor. Auf der sicheren Seite liegend wird ein **Mindestabstand von 1,5 m** angenommen. Um diesen Abstand reduzieren sich die zur Versickerung nutzbaren Flächen. Mit der vereinfachenden Annahme quadratischer Gebäudeflächen ergibt sich:

$$A_{\text{Abstand}} = 1,5\text{m} \cdot \sqrt{A_{\text{Bebauung}}}$$

mit

A_{Abstand} = Fläche aufgrund des Mindestabstands zur Versickerungsanlage (m^2)

A_{Bebauung} = Bebaute Fläche (m^2)

3.3.3 Altlastflächen

Auch das Vorhandensein von Altlastflächen schränkt die Möglichkeiten der Versickerung ein, bzw. schließt eine konzentrierte Versickerung sogar aus /1/. Im Plangebiet sind sieben Altlastflächen ausgewiesen, die nicht vollständig saniert werden konnten (Abbildung 8). Insgesamt sind davon 10 Parzellen betroffen: 3 / 5.2 / 11 / 13 / 15 / 16 / 19 / 20 / 27 / 28. Wie sich in der Abbildung erkennen lässt, sind jedoch jeweils nur geringe Teilflächen der einzelnen Grundstücke belastet.



Abbildung 8: Altlastflächen (aus /1/)

4 Niederschlagsmengen

4.1 Bemessungs-Regenspenden

Für die Nachweise bei verschiedene Behandlungen des Regenwassers (Versickerung, Speicherung, Einleitung in Oberflächengewässer) und für Entwässerungsleitungen gelten unterschiedliche Berechnungsgrundlagen und Empfehlungen für die zu berücksichtigten Regenspenden. Diese sind in folgenden DIN-Normen und DWA-Arbeitsblättern zusammengestellt und beziehen sich auf Häufigkeit und Dauer der Niederschlagsereignisse:

- **Versickerungsanlagen** nach DWA-A 138 Empfehlungen:
bei einfachen dezentralen Anlagen der **Flächenversickerung** eine Häufigkeit von 5 Jahren und eine maßgebliche Regendauer von 10 bis 15 Minuten, siehe Tabelle 1.
- **Speicherung** (RRR) nach DWA-A 117 Empfehlungen:
bei einfachem Bemessungsverfahren (kleines EZG) u.a für **Muldenversickerungsanlagen** eine Überschreitungshäufigkeit kleiner oder gleich 10 Jahre ($T \leq 10a$). Die Berechnung erfolgt dann stufenweise für verschiedene Regendauern, durch einen Vergleich wird das maximale Speichervolumen ermittelt.
- **Entwässerungsleitungen** nach DIN EN 752:
Häufigkeiten nach Tabelle 2, abhängig von der Einzugsgebietsnutzung.
- **Überflutungsnachweis** nach DIN 1986–100:
für Grundstücke mit mehr als 800 m² abflusswirksamer Fläche erfolgt eine Volumenberechnung der anfallender Niederschlagsabflüsse für ein Ereignis mit einer Häufigkeit von min. 30 Jahren ($T \geq 30a$). Als Regendauer wird die kürzeste maßgebende Dauer für die Bemessung der Entwässerung außerhalb der Gebäude angesetzt (Tabelle 3), sonst D = 5 Minuten.

Tabelle 1: Empfohlene Häufigkeiten zur Bemessung von Versickerungsanlagen (DWA-A 138)

Kriterium	Dezentrale Versickerung und einfache zentrale Versickerungsanlagen		Zentrale Versickerung / Mulden-Rigolen-System
Verfahren	Lastfallkonzept		Vorbemessung und Nachweis mit Langzeitsimulation
Empfohlene Häufigkeit [1/a]	0,2		$\leq 0,1 / \leq 0,2$
Maßgebliche Regendauer [min]	Flächenversickerung	Mulden-, Rigolen-, Schachtversickerung	Entfällt
	10 – 15	wird schrittweise bestimmt	
Abflussbildung	Bestimmung der undurchlässigen Fläche A_u unter Berücksichtigung des mittleren Abflussbeiwertes ψ_m		Flächenspezifische Prozessmodellierung
Abflusskonzentration	ohne Berücksichtigung		Übertragungsfunktion

Tabelle 2: Empfohlene Bemessungsregenhäufigkeiten für Entwässerungsleitungen bei einfachen Bemessungsverfahren (DIN EN 752)

Ort	Bemessungsregenhäufigkeiten ^a	
	Jährlichkeit (1-mal in „n“ Jahren)	Wahrscheinlichkeit für eine Überschreitung in 1 Jahr
Ländliche Gebiete	1 in 1	100 %
Wohngebiete	1 in 2	50 %
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	1 in 5	20 %
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	1 in 10	10 %

^a Für diese Bemessungsregen dürfen keine Überlastungen auftreten.

Tabelle 3: Kürzeste Regendauern nach ATW-DWA 118

mittlere Geländeneigung	Befestigung	kürzeste Regendauer
< 1 %	≤ 50 %	15 min
	> 50 %	10 min
1 % bis 4 %		10 min
> 4 %	≤ 50 %	10 min
	> 50 %	5 min

Für die Nachweise des TIP gilt zusammenfassend:

- Bemessungsregenspende für Muldenversickerung mit Speicherung: Häufigkeit $T = 5a$, Regendauer nach ungünstigstem Lastfall, d.h. größtem Volumen, also $r_{(D,5)}$
- Überflutungsnachweis für die Häufigkeiten $T = 2a$ und $T = 30a$ bei einer kürzesten Regendauer von $D = 5$ Minuten, d.h. $r_{(5,2)}$ und $r_{(5,30)}$.

4.2 KOSTRA-Starkregenkatalog

Grundlage für die Regenspenden ist der Katalog DWD-KOSTRA für Cottbus, d.h. KOSTRA-Rasterfeld Spalte 70 und Zeile 44 (Tabelle 4). Werte der Niederschlagsspenden für die Nachweise TIP sind vergrößert dargestellt.

Tabelle 4: Niederschlagshöhen und -spenden für Cottbus nach DWD-KOSTRA (2000)

T	0,5		1,0		2,0		5,0		10,0		20,0		50,0		100,0	
D	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5,0 min	2,8	92,9	4,5	148,6	6,1	204,3	8,3	277,9	10,0	333,5	11,7	389,2	13,8	462,8	15,6	518,5
10,0 min	5,2	86,8	7,3	121,5	9,4	156,2	12,1	202,1	14,2	236,8	16,3	271,6	19,0	317,5	21,1	352,2
15,0 min					12,9	129,1	14,8	163,9	17,1	190,3	19,5	216,6	22,6	251,4	25,0	277,8
20,0 min					110,7	110,7	16,7	139,3	19,3	161,0	21,9	182,6	25,4	211,3	27,9	232,9
30,0 min	9,7	53,9	12,7	70,3	15,6	86,7	19,5	108,4	22,5	124,9						
45,0 min	11,1	40,9	14,4	53,4	17,8	65,9	22,2	82,3	25,6	94,8						
60,0 min	11,8	32,8	15,5	43,1	19,2	53,3	24,1	66,8	27,8	77,1	31,4	87,3	36,3	100,9	40,0	111,1
90,0 min	13,0	24,1	17,4	32,3	21,9	40,6	27,8	51,5	32,2	59,7	36,7	68,0	42,6	78,9	47,0	87,1
2,0 h	13,9	19,3	19,0	26					35,9	49,9	41,0	56,9	47,7	66,3	52,8	73,4
3,0 h	15,2	14,1	21,4	19					41,8	38,7	47,9	44,4	56,1	51,9	62,2	57,6
4,0 h	16,2	11,2	23,2	16,1	30,3	21,0	39,6	27,5	46,6	32,4	53,6	37,2	62,9	43,7	70,0	48,6
6,0 h	17,6	8,2	26,1	12,1	34,6	16,0	45,9	21,2	54,4	25,2	62,9	29,1	74,1	34,3	82,6	38,2
9,0 h	19,2	5,9	29,4	9,1	39,7	12,3	53,3	16,4	63,5	19,6	73,8	22,8	87,4	27,0	97,6	30,1
12,0 h	20,3	4,7	32,0	7,4	43,7	10,1	59,3	13,7	71,0	16,4	82,7	19,2	98,3	22,7	110,0	25,5
18,0 h	23,4	3,6	34,8	5,4	46,1	7,1	61,0	9,4	72,4	11,2	83,7	12,9	98,7	15,2	110,0	17,0
24,0 h	26,6	3,1	37,5	4,3	48,4	5,6	62,8	7,3	73,8	8,5	84,7	9,8	99,1	11,5	110,0	12,7
48,0 h	30,7	1,8	45,0	2,6	59,3	3,4	78,2	4,5	92,5	5,4	106,8	6,2	125,7	7,3	140,0	8,1
72,0 h	32,2	1,2	45,0	1,7	57,8	2,2	74,7	2,9	87,5	3,4	100,3	3,9	117,2	4,5	130,0	5,0

- T - Wiederkehrzeit (in [a]): mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
D - Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen (in [min, h])
hN - Niederschlagshöhe (in [mm])
rN - Niederschlagsspende (in [l/(s*ha)])

5 Berechnungsgrundlagen für die Versickerung

5.1 Anfallendes Niederschlagswasser

Der zum Abfluss kommende Niederschlag (Regenwasserabfluss) ergibt sich durch Multiplikation der wirksamen Niederschlagsflächen mit der Bemessungsregenspende und dem Abflussbeiwert /14/:

$$Q = r_{(D,T)} \cdot \psi_m \cdot A \cdot \frac{1}{1000 \cdot 10000}$$

mit:

- Q Regenwasserabfluss (m³/s)
- $r_{(D,T)}$ Bemessungsregenspende (l/(s·ha)) Dauer D (min) und Häufigkeit T (a)
- ψ_m Abflussbeiwert (-)
- A versiegelte Fläche (m²)

Übertragen auf eine Parzelle mit Dachfläche und Straßenfläche, die mitentwässert werden muss, ergibt sich mit verschiedenen Abflussbeiwerten /14/:

$$Q_{zu} = Q_{DF} + Q_{SF} = \frac{r_{(D,T)}}{1000 \cdot 10000} \cdot (\psi_{DF,m} \cdot A_{DF} + \psi_{SF,m} \cdot A_{SF})$$

mit:

- Q_{zu} Regenwasserabfluss von Dach- Q_{DF} und Straßenflächen Q_{SF} (m³/s)
- A versiegelte Niederschlags-Teilflächen (m²)
- DF Index für Dachflächen (projiziert auf Grundfläche)
- SF Index für Straßenflächen

Die Abflussbeiwerte ψ_m sind den Tabelle 5 zu entnehmen und betragen für die Dachflächen maximal 1,0 (Metall, Glas, Schiefer, Faserzement) und 0,9 für die Straßen / Wege (fugenloser Beton oder Asphalt).

Tabelle 5: Empfohlene mittlere Abflussbeiwerte nach DWA-A 117 (in DWA-M 153)

Flächentyp	Art der Befestigung	ψ_m
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement	0,9 – 1,0
	Ziegel, Dachpappe	0,8 – 1,0
Flachdach (Neigung bis 3° oder ca. 5 %)	Metall, Glas, Faserzement	0,9 – 1,0
	Dachpappe	0,9
	Kies	0,7
Gründach (Neigung bis 15° oder ca. 25 %)	humusiert < 10 cm Aufbau	0,5
	humusiert ≥ 10 cm Aufbau	0,3
Straßen, Wege und Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton	0,9
	Pflaster mit dichten Fugen	0,75
	fester Kiesbelag	0,6
	Pflaster mit offenen Fugen	0,5
	lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	0,3
	Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine	0,25
	Rasengittersteine	0,15
Böschungen, Bankette und Gräben mit Regen- abfluss in das Entwässerungssys- tem	toniger Boden	0,5
	lehmiger Sandboden	0,4
	Kies- und Sandboden	0,3
Gärten, Wiesen und Kulturland mit möglichem Regenabfluss in das Entwässerungssystem	flaches Gelände	0,0 – 0,1
	steiles Gelände	0,1 – 0,3

5.2 Versickerungsfähigkeit des Bodens

Die Versickerungsfähigkeit des Bodens hängt maßgeblich vom Durchlässigkeitswert k_f (m/s) ab. Grundlage für die Berechnung ist das Fließgesetz nach Darcy, welches bezogen auf eine Grundfläche die Versickerungsrate Q_s ergibt /14/:

$$Q_s = v_{f,u} \cdot A_s = \frac{k_f}{2} \cdot I_{hy} \cdot A_s$$

mit:

Q_s = Versickerungsrate (m³/s)

$v_{f,u}$ = Versickerungsgeschwindigkeit (m/s)

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert bei gesättigten Verhältnissen (m/s)

A_s = Versickerungsfläche z.B. die Muldenfläche (m²)

I_{hy} = hydraulisches Gefälle (m/m), nach /14/ näherungsweise = $(h_s + z/2) / h_s$

h_s = Flurabstand der Muldensohle vom GW-Spiegel (m)

z = Einstauhöhe in der Versickerungsmulde (m)

Dabei ist zu beachten, dass der k_f -Wert bei Versickerungsberechnungen für ungesättigte Verhältnisse gelten muss. Liegen Werte standardgemäß für gesättigte Böden vor, muss eine Abminderung des k_f -Wertes um den Faktor 0,5 erfolgen /14/.

5.3 Erforderliches Speichervolumen von Versickerungsmulden

Wenn der Zufluss Q_{zu} die Versickerungsfähigkeit des Bodens Q_s übersteigt, kommt es zum Überstau der Flächen. Dann kann eine Zwischenspeicherung des anfallenden Niederschlagswassers in oberirdischen Versickerungsmulden erfolgen. Das erforderliche Speichervolumen ergibt sich aus einer Bilanzierung der beiden Abflussgrößen über die Regendauer /14/:

$$V_{erf} = (Q_{zu} - Q_s) \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z \cdot f_A$$

mit:

Q_s = Versickerungsrate (m³/s)

Q_{zu} = Regenwasserzufluss (m³/s)

V_{erf} = erforderliches Muldenspeichervolumen (m³)

D = Regendauer (min)

f_Z = Zuschlagsfaktor nach /12/ für mittleres Risikomaß = 1,15

f_A = Abminderungsfaktor nach /14/ vereinfachend: $f_A \cong 1,0$

Die Speicherberechnung erfolgt stufenweise für verschiedene Regendauern, so dass der ungünstigste Lastfall mit dem größten erforderlichen Speichervolumen ermittelt werden kann.

Aus dem Speichervolumen kann die Einstauwassertiefe z (m) in den Mulden bestimmt werden:

$$z = \frac{V_{erf}}{A_s} \leq 0,3 \text{ m}$$

Dabei ist zu beachten, dass begrünte Versickerungsmulden nicht tiefer als 30 cm sind /14/, um bei einem Wassereinstau nicht zur Gefährdung für den Menschen oder auch andere Lebewesen zu werden /14/.

6 Entwässerungskonzept

Das Entwässerungskonzept beinhaltet die Gewerbe- / Industrieflächen und die Straßenflächen des öffentlichen Raums. Unter wirtschaftlichen, ökologischen und technischen Gesichtspunkten ist eine Rückführung des Wassers in den natürlichen Kreislauf nahe dem Ort des Anfalls anzustreben und eine örtliche Versickerung der Einleitung ins Kanalnetz vorzuziehen /14/.

Für die Straßenflächen werden beidseitige schmale Versickerungsmulden („Straßenmulden“) parallel zur Straße vorgesehen (vgl. /9/). Da der gesamte Verkehrsraum aus Fahrbahn, Grünfläche und Gehweg eine Breite von 22,5 m aufweist, die versiegelte Fläche dabei aber nur ca. 8,0 m (Fahrbahn und Gehweg) beträgt, ergibt sich ein geringer mittlerer Bebauungsgrad von ca. 35%. Dieser reicht üblicherweise für eine Muldenversickerung aus.

Bei den Parzellen der Gewerbe- / Industrieflächen liegt der Bebauungsgrad mit 80% deutlich höher, so dass mehr Niederschlag von den Dachflächen zum Abfluss kommt und auf kleineren Flächen konzentriert versickert werden muss. Aufgrund der relativ niedrigen Durchlässigkeit (k_f -Werte) des Baugrundes fällt die Versickerungsrate des Bodens relativ gering aus. Bei einer Flächenversickerung würde sich daher an der Oberfläche ein Rückstau von Niederschlagswasser bilden.

Als Alternative zur Flächenversickerung bietet sich daher die **dezentrale Muldenversickerung** an. Sie zählt zu den Versickerungssystemen mit oberirdischer Speicherung, d. h. das anfallende Niederschlagswasser wird in einer Versickerungsmulde zwischengespeichert. Die Speicherung erfolgt solange, bis das Wasser komplett versickert, jedoch sollte eine Einstauzeit von 1-2 Tagen aufgrund negativer Beeinflussung der Wasserqualität nicht überschritten werden.

6.1 Nachweis für die Straßenmulden

Für den Nachweis ist eine Unterteilung des Querschnitts erforderlich. Wie in Abbildung 9 dargestellt, entwässert die linksseitige Straßenmulde die Hälfte der Fahrbahnfläche, die rechtsseitige Straßenmulde zusätzlich zur halben Fahrbahnfläche auch den Gehweg. Die übrigen Flächen (Medienkorridor, Trennstreifen, Geländestreifen und Bankette) sind versickerungsfähig.

Der Regenfluss zur Straßenmulde q_{zu} beträgt pro laufenden Meter (lfm) Straßenlänge (siehe 5.1):

$$q_{zu} = r_{(D,T)} \cdot (B_{Mulde} + \psi_m \cdot B_{vers}) \cdot \frac{1}{1000 \cdot 10000}$$

mit:

q_{zu}	Regenwasserabfluss (m^3/s lfm)
$r_{(D,T)}$	Bemessungsregenspende ($l/(s \cdot ha)$) der Dauer T und Häufigkeit T (a)
B_{Mulde}	Breite der Straßenmulde (m)
B_{vers}	Breite der versiegelten Fläche (m)
ψ_m	Abflussbeiwert (-)

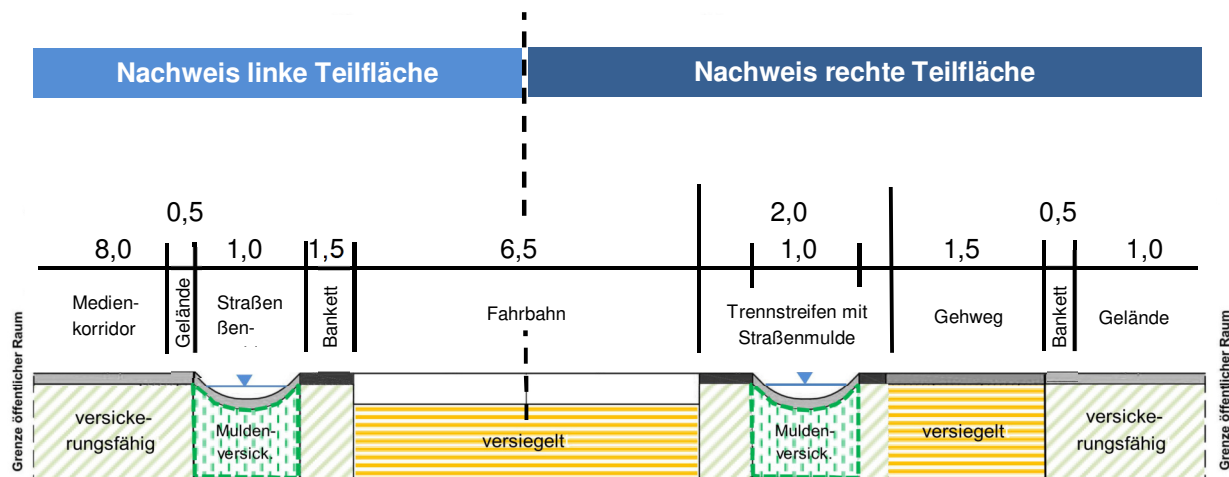


Abbildung 9: Schema der Straßenfläche mit Fahrbahn und Gehweg als versiegelte Flächen und den Straßenmulden für die Versickerung (nicht maßstäblich und verändert nach /9/)

Die Versickerungsrate der Straßenmulde q_s pro laufendem Meter Straße ist (siehe 5.2):

$$q_s = \frac{k_f}{2} \cdot I_{hy} \cdot B_{Mulde}$$

mit:

q_s = Versickerungsrate ($\text{m}^3/\text{s lfm}$)

k_f = Durchlässigkeitsbeiwert bei gesättigten Verhältnissen (m/s)

I_{hy} = hydraulisches Gefälle (m/m), nach /14/ vereinfachend = 1,0

Da es sich um eine Muldenversickerung mit Speicherung handelt, wird der Nachweis für verschiedene Dauerstufen geführt und so der ungünstigste Lastfall und das größte erforderliche Speichervolumen ermittelt. Das Speichervolumen V_{erf} pro laufendem Meter Straße ergibt sich zu (siehe 5.3):

$$V_{erf} = (q_{zu} - q_s) \cdot D \cdot 60 \cdot f_Z \cdot f_A$$

mit: V_{erf} = erforderliches Muldenspeichervolumen (m^3/lfm)

D = Regendauer (min)

f_Z = Zuschlagsfaktor nach /12/ für mittleres Risikomaß = 1,15

f_A = Abminderungsfaktor nach /14/ vereinfachend: $f_A \cong 1,0$

Über den Querschnitt der Straßenmulden ergibt sich aus dem Volumen pro laufendem Meter die Einstauhöhe. Die Berechnung ist tabellarisch für die linke Teilfläche (nur Fahrbahn) in Tabelle 6 und für die rechte Teilfläche (Fahrbahn und Gehweg) in Tabelle 7 dargestellt.

Tabelle 6: Nachweis der Muldenversickerung für die linke Teilfläche

Fläche (m ² /lfm)	Dauer- stufe D (min)	Regen- spende r(D,5) (l / s ha)	BBG (-)	Straßen- fläche (m ² /lfm)	Abfl.- Beiwert Straße (-)	Niederschl.- abfluss Qzu (l / s lfm)	hydr. Gefälle I _{hy} (-)	Bem. kf (10 ⁻⁴ m/s)	Versicker- ungsrate qs (l / s lfm)	qs-qzu (l / s lfm)	erf. Speicher V _{erf} (l / lfm)	Einstau Mulde (cm)
14,3	5	277,9	0,23	3,25	0,9	0,11	1	0,5	0,03	-0,08	28,0	6,9
14,3	10	202,1	0,23	3,25	0,9	0,08	1	0,5	0,03	-0,05	36,1	8,2
14,3	15	163,9	0,23	3,25	0,9	0,06	1	0,5	0,03	-0,04	39,0	8,6
14,3	20	139,3	0,23	3,25	0,9	0,05	1	0,5	0,03	-0,03	39,0	8,6
14,3	30	108,4	0,23	3,25	0,9	0,04	1	0,5	0,03	-0,02	34,1	7,9
14,3	45	82,3	0,23	3,25	0,9	0,03	1	0,5	0,03	-0,01	20,1	5,5
14,3	60	66,8	0,23	3,25	0,9	0,03	1	0,5	0,03	0,00	2,3	1,3

Tabelle 7: Nachweis der Muldenversickerung für die rechte Teilfläche

Fläche (m ² /lfm)	Dauer- stufe D (min)	Regen- spende r(D,5) (l / s ha)	BBG (-)	Straßen- fläche (m ² /lfm)	Abfl.- Beiwert Straße (-)	Niederschl.- abfluss qzu (l / s lfm)	hydr. Gefälle I _{hy} (-)	Bem. kf (10 ⁻⁴ m/s)	Versicker- ungsrate qs (l / s lfm)	qs-qzu (l / s lfm)	erf. Speicher V _{erf} (l / lfm)	Einstau Mulde (cm)
8,3	5	277,9	0,58	4,75	0,9	0,14	1	0,5	0,03	-0,12	41,0	8,9
8,3	10	202,1	0,58	4,75	0,9	0,10	1	0,5	0,03	-0,08	54,9	10,9
8,3	15	163,9	0,58	4,75	0,9	0,08	1	0,5	0,03	-0,06	61,9	11,8
8,3	20	139,3	0,58	4,75	0,9	0,07	1	0,5	0,03	-0,05	65,0	12,2
8,3	30	108,4	0,58	4,75	0,9	0,06	1	0,5	0,03	-0,03	64,4	12,1
8,3	45	82,3	0,58	4,75	0,9	0,04	1	0,5	0,03	-0,02	54,6	10,8
8,3	60	66,8	0,58	4,75	0,9	0,03	1	0,5	0,03	-0,01	39,6	8,7

Die Einstauhöhen der Mulden liegen danach in den ungünstigsten Lastfällen bei etwa 9 bzw. 12 cm, damit also unter dem empfohlenen Maximalwert von 30 cm. Damit ist eine Versickerung mit Zwischenspeicherung möglich.

→ Nachweis erbracht ✓

Hinweis:

Der Oberboden in den Mulden sollte mit Rasenansaat versehen werden. Von einer Bepflanzung mit Gehölzen ist aus den folgenden Gründen abzuraten (vgl. 7.2):

- der Abflussquerschnitt und das Speichervolumen der Straßenmulden verringert sich durch den Stamm und Wurzeln
- es kommt zur Kolmation des Oberbodens durch organische Ablagerungen (Laub)

6.2 Nachweise für die Grundstücksflächen

6.2.1 Ermittlung der ungünstigsten Dauerstufe

Wie bei den Straßenflächen, erfordert der Nachweis der Versickerungsmulden die Bestimmung der ungünstigsten Regendauer, die das größte Speichervolumen erfordert. Dazu wird die Regendauer („Dauerstufe“) bei gleichbleibender Häufigkeit $T = 5a$ stufenweise erhöht und das dazugehörige Volumen berechnet.

Um nicht für jede Parzellen eine eigene Tabelle aufzuführen, wurde zunächst für eine Referenzfläche von 4 ha (= 40.000 m²) die ungünstigste Dauerstufe ermittelt (Tabelle 8).

Fläche (ha)	Dauerstufe (min)	Regenspende (l / s ha)	BBG (-)	Dachfläche (ha)	Abflussbeiwert Dach (-)	Niederschlagsabfluss Qzu (m ³ /s)	hydr. Gefälle I_{hy} (-)	Bemess. kf (x 10 ⁻⁴ m/s)	Versickerungsrate Qs (m ³ /s)	Qs-Qzu (m ³ /s)	erf. Speicher V _{erf} (m ³)
4,0	5	277,9	0,8	3,2	1,0	1,11	1,0	0,5	0,20	-0,91	315
4,0	10	202,1	0,8	3,2	1,0	0,81	1,0	0,5	0,20	-0,61	420
4,0	15	163,9	0,8	3,2	1,0	0,66	1,0	0,5	0,20	-0,46	472
4,0	20	139,3	0,8	3,2	1,0	0,56	1,0	0,5	0,20	-0,36	493
4,0	30	108,4	0,8	3,2	1,0	0,43	1,0	0,5	0,20	-0,23	484
4,0	45	82,3	0,8	3,2	1,0	0,33	1,0	0,5	0,20	-0,13	401
4,0	60	66,8	0,8	3,2	1,0	0,27	1,0	0,5	0,20	-0,07	279
4,0	90	51,5	0,8	3,2	1,0	0,21	1,0	0,5	0,20	-0,01	38
4,0	120	42,8	0,8	3,2	1,0	0,17	1,0	0,5	0,20	0,03	keiner
4,0	180	33,0	0,8	3,2	1,0	0,13	1,0	0,5	0,20	0,07	keiner
4,0	240	27,5	0,8	3,2	1,0	0,11	1,0	0,5	0,20	0,09	keiner
4,0	360	21,2	0,8	3,2	1,0	0,08	1,0	0,5	0,20	0,12	keiner
4,0	540	16,4	0,8	3,2	1,0	0,07	1,0	0,5	0,20	0,13	keiner
4,0	720	13,7	0,8	3,2	1,0	0,05	1,0	0,5	0,20	0,15	keiner
4,0	1080	9,4	0,8	3,2	1,0	0,04	1,0	0,5	0,20	0,16	keiner
4,0	1440	7,3	0,8	3,2	1,0	0,03	1,0	0,5	0,20	0,17	keiner
4,0	2880	4,5	0,8	3,2	1,0	0,02	1,0	0,5	0,20	0,18	keiner
4,0	4320	2,9	0,8	3,2	1,0	0,01	1,0	0,5	0,20	0,19	keiner

Tabelle 8: Überprüfung der ungünstigsten Regen-Dauerstufe für eine Referenzfläche von 4 ha und bei einem Bebauungsgrad von 0,8.

Grundlagen der Berechnung ist ein Bebauungsgrad von 80% und ein Abflussbeiwert von 1,0 von den Dachflächen (Metall, Glas, Schiefer, Faserzement nach /14/). Das hydraulische Gefälle I_{hy} (-) wurde vereinfachend und auf der sicheren Seite zu 1,0 angenommen (siehe 5.2). Die detaillierten Daten jedes Grundstückes fließen in die anschließende parzellenweisen Berechnung ein (siehe 6.2.2).

Als Ergebnis der Vorberechnung wurde eine Regendauer der **Dauerstufe D = 20 Minuten** als ungünstigster Lastfall mit dem größten Speichervolumen ermittelt (Tabelle 8).

6.2.2 Bestimmung der erforderlichen Muldenvolumen

Für die ermittelte, ungünstigste Regenspende der Dauer 20 Minuten $r_{(20,5)}$ kann nun die Berechnung der erforderlichen Speichervolumen für Versickerungsmulden parzellenweise erfolgen. Um das Speichervolumen zu bestimmen, musste dafür auch die verfügbare Muldenoberfläche abgeschätzt werden (Abbildung 10).

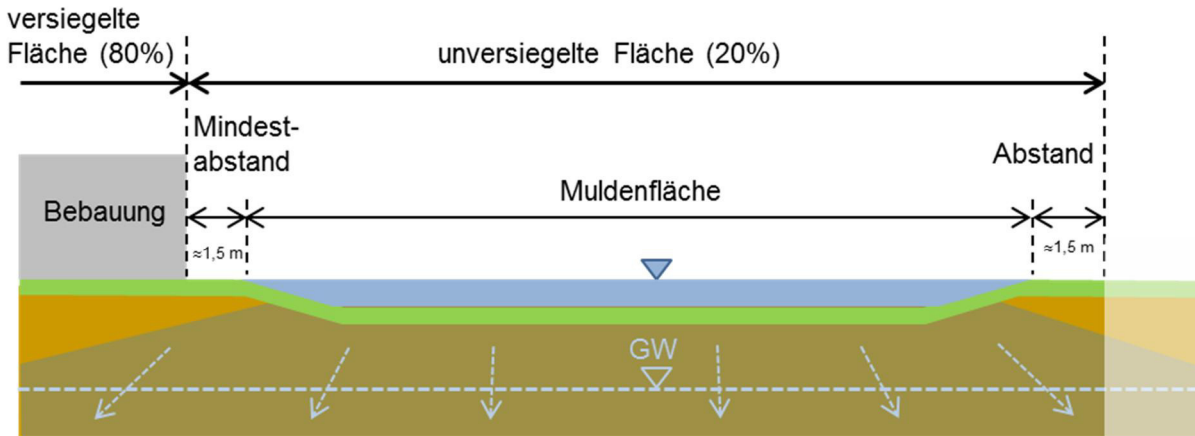


Abbildung 10: Muldenoberfläche und Mindestabstand zu Gebäuden

Dazu wurde von der unversiegelten Grundstücksfläche ein Mindestabstand zum Gebäude (1,5 m, vgl. 3.3.2) sowie ein Sicherheitsstreifen der Breite 1,5 m abgezogen (z.B. für Verwallungen). Die verfügbare Muldenoberfläche ist damit:

$$A_S = (1 - BBG) \cdot A_{ges} - A_{Abstand} - A_{Rand}$$

mit:

A_S = Muldenoberfläche (m²)

BBG = Bebauungsgrad, hier 0,8 (-)

A_{ges} = Gesamtfläche der Parzelle (m²)

$A_{Abstand}$ = Fläche für den Mindestabstand zu Gebäuden (m²), vgl. 3.3.2

vereinfachend = $1,5\text{m} \cdot \sqrt{BBG \cdot A_{ges}}$

A_{Rand} = Fläche für Sicherheitsstreifen (m²)

vereinfachend = $1,5\text{m} \cdot \sqrt{(1 - BBG) \cdot A_{ges} - 1,5\text{m} \cdot \sqrt{BBG \cdot A_{ges}}}$

Die Ergebnisse der Berechnung sind in Tabelle 9 dargestellt. Bei allen Parzellen fällt die Versickerungsrate geringer aus als der Regenwasserzufluss und es kommt zum Einstau der Versickerungsmulden. Dieser beträgt je nach Muldenfläche und Flurabstand 6 – 11 cm. Die empfohlene, maximale Wassertiefe von 30 cm wird also eingehalten.

→ Nachweis erbracht ✓

Tabelle 9: Parzellenweise Berechnung der erforderlichen Muldenvolumen und der Einstautiefen

Fläche	Grundstückfläche	Regenspende	BBG	Dachfläche	Abfluss Beiwert	Niederschl.-abfluss	Flurabstand	hydr. Gefälle	Muldenfläche	Versickerungsrate	erforderl. Speicher	Einstautiefe
Nr.	(m ²)	r(20,5) (l / s ha)	(-)	(m ²)	Dach (-)	Qzu (m ³ /s)	(m)	I _{hy} (-)	A _S (m ²)	Q _s (m ³ /s)	V _{erf} (m ³)	V _{erf} / A _S (cm)
1.1	45320	139,3	0,8	36256	1,0	0,60	2,0	1,02	7779	0,20	555	7,1
1.2	45696	139,3	0,8	36557	1,0	0,60	2,6	1,01	7849	0,20	560	7,1
1.3	37820	139,3	0,8	30256	1,0	0,50	3,0	1,01	6390	0,16	468	7,3
2	139550	139,3	0,8	111640	1,0	1,85	2,4	1,01	25655	0,65	1651	6,4
3	45470	139,3	0,8	36376	1,0	0,60	1,4	1,03	7807	0,20	554	7,1
4.1	39337	139,3	0,8	31470	1,0	0,52	2,0	1,02	6670	0,17	484	7,3
4.2	35143	139,3	0,8	28114	1,0	0,47	2,0	1,02	5897	0,15	435	7,4
5.1	30626	139,3	0,8	24501	1,0	0,41	1,6	1,02	5069	0,13	381	7,5
5.2	25810	139,3	0,8	20648	1,0	0,34	1,8	1,02	4192	0,11	324	7,7
6	49139	139,3	0,8	39311	1,0	0,65	1,6	1,02	8489	0,22	598	7,0
7	11071	139,3	0,8	8857	1,0	0,15	1,7	1,02	1579	0,04	147	9,3
8	15144	139,3	0,8	12115	1,0	0,20	2,3	1,02	2286	0,06	197	8,6
9	15365	139,3	0,8	12292	1,0	0,20	1,9	1,02	2325	0,06	199	8,6
10	36752	139,3	0,8	29402	1,0	0,49	2,0	1,02	6193	0,16	454	7,3
11	41342	139,3	0,8	33074	1,0	0,55	1,9	1,02	7041	0,18	508	7,2
12	43844	139,3	0,8	35075	1,0	0,58	2,3	1,02	7505	0,19	538	7,2
13	41057	139,3	0,8	32846	1,0	0,54	2,5	1,01	6988	0,18	505	7,2
14	43778	139,3	0,8	35022	1,0	0,58	2,3	1,02	7492	0,19	537	7,2
15	33946	139,3	0,8	27157	1,0	0,45	2,2	1,02	5677	0,14	421	7,4
16	33608	139,3	0,8	26886	1,0	0,44	1,7	1,02	5615	0,14	416	7,4
17	33770	139,3	0,8	27016	1,0	0,45	1,7	1,02	5645	0,14	418	7,4
18	33048	139,3	0,8	26438	1,0	0,44	1,6	1,02	5512	0,14	409	7,4
19	46106	139,3	0,8	36885	1,0	0,61	1,9	1,02	7925	0,20	564	7,1
20	23944	139,3	0,8	19155	1,0	0,32	2,1	1,02	3855	0,10	302	7,8
21	49216	139,3	0,8	39373	1,0	0,65	1,0	1,04	8504	0,22	595	7,0
22	34017	139,3	0,8	27214	1,0	0,45	1,5	1,02	5690	0,15	420	7,4
23	33777	139,3	0,8	27022	1,0	0,45	1,9	1,02	5646	0,14	418	7,4
24	34036	139,3	0,8	27229	1,0	0,45	2,2	1,02	5693	0,14	422	7,4
25	33242	139,3	0,8	26594	1,0	0,44	1,6	1,02	5548	0,14	411	7,4
26	45518	139,3	0,8	36414	1,0	0,60	1,7	1,02	7816	0,20	556	7,1
27	192990	139,3	0,8	154392	1,0	2,55	2,2	1,02	35946	0,91	2265	6,3
28	54045	139,3	0,8	43236	1,0	0,72	3,3	1,01	9405	0,24	659	7,0
29	52311	139,3	0,8	41849	1,0	0,69	2,6	1,01	9081	0,23	638	7,0
30.1	14746	139,3	0,8	11797	1,0	0,20	2,5	1,01	2216	0,06	192	8,7
30.2	11604	139,3	0,8	9283	1,0	0,15	2,8	1,01	1670	0,04	154	9,2
31	18673	139,3	0,8	14938	1,0	0,25	3,6	1,01	2910	0,07	240	8,2
32	11958	139,3	0,8	9566	1,0	0,16	1,6	1,00	1731	0,04	159	9,2
33	34475	139,3	0,8	27580	1,0	0,46	1,6	1,00	5774	0,14	430	7,5
34.1	6713	139,3	0,8	5370	1,0	0,09	2,7	1,01	848	0,02	93	11,0
34.2	8093	139,3	0,8	6474	1,0	0,11	2,6	1,01	1075	0,03	110	10,2

Hinweis:

Bei Parzelle 21 sind die Hinweise in 3.1 und 7.3.1 zu beachten. Die Berechnung erfolgte unter der Annahme, dass der erforderliche Flurabstand von 1,0 m eingehalten wird.

6.2.3 Überflutungsnachweis

Durch den Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 wird sichergestellt, dass es bei einem Extremereignis nicht zu einem unkontrollierten Abfluss von den überstauten Grundstücksflächen kommen kann. Für den vorliegenden Fall gelten die Häufigkeiten $T = 2a$ und $T = 30a$ bei einer kürzesten Regendauer von $D = 5$ Minuten, d.h. $r_{(5,2)}$ und $r_{(5,30)}$. Das zurückzuhaltende Regenvolumen ergibt sich zu /10/:

$$V_{rück} = [r_{(5,30)} \cdot A_{ges} - r_{(5,2)} \cdot (\psi_{DF,m} \cdot A_{DF} + \psi_{VF,m} \cdot A_{VF})] \cdot \frac{D \cdot 60}{10000 \cdot 1000}$$

mit:

$V_{rück}$	zurückzuhaltendes Regenvolumen (m ³)
$r_{(D,T)}$	Bemessungsregenspende (l/(s·ha)) der Dauer T und Häufigkeit T (a)
ψ_m	Abflussbeiwert (-)
A_{ges}	gesamte versiegelte Fläche (m ²)
DF	Index für Dachflächen (projiziert auf Grundfläche)
VF	Index für versiegelte Flächen außerhalb der Dachflächen (m ²)

Da für die Vorstudie nur die gesamte versiegelte Fläche betrachtet werden kann, vereinfacht sich die Gleichung zu:

$$V_{rück} = [r_{(5,30)} - r_{(5,2)} \cdot \psi_{DF,m}] \cdot A_{ges} \cdot \frac{D \cdot 60}{10000 \cdot 1000}$$

Die Berechnungsergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt. Die Rückstauvolumen und die resultierenden Einstautiefen der Mulden fallen durchgängig geringer aus als bei der Bemessung der Mulden in Tabelle 8. Es ist also ausreichend Sicherheit vor Überflutung gegeben.

→ Nachweis erbracht ✓

Tabelle 10: Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100 für die Grundstücksflächen.

Fläche Nr.	Grund- stücks- fläche (m ²)	Regen- spende	Regen- spende	BBG (-)	Dach- fläche (m ²)	Abfluss- Beiwert	Rückhalte- volumen V _{rück} (m ³)	Mulden- fläche A _s (m ²)	Einstau- tiefe
		r(5,30) (l / s ha)	r(5,2) (l / s ha)			Dach (-)			V _{rück} / A _s (cm)
1.1	45320	419,9	204,3	0,8	36256	1,0	235	7779	3,0
1.2	45696	419,9	204,3	0,8	36557	1,0	236	7849	3,0
1.3	37820	419,9	204,3	0,8	30256	1,0	196	6390	3,1
2	139550	419,9	204,3	0,8	111640	1,0	722	25655	2,8
3	45470	419,9	204,3	0,8	36376	1,0	235	7807	3,0
4.1	39337	419,9	204,3	0,8	31470	1,0	204	6670	3,1
4.2	35143	419,9	204,3	0,8	28114	1,0	182	5897	3,1
5.1	30626	419,9	204,3	0,8	24501	1,0	158	5069	3,1
5.2	25810	419,9	204,3	0,8	20648	1,0	134	4192	3,2
6	49139	419,9	204,3	0,8	39311	1,0	254	8489	3,0
7	11071	419,9	204,3	0,8	8857	1,0	57	1579	3,6
8	15144	419,9	204,3	0,8	12115	1,0	78	2286	3,4
9	15365	419,9	204,3	0,8	12292	1,0	80	2325	3,4
10	36752	419,9	204,3	0,8	29402	1,0	190	6193	3,1
11	41342	419,9	204,3	0,8	33074	1,0	214	7041	3,0
12	43844	419,9	204,3	0,8	35075	1,0	227	7505	3,0
13	41057	419,9	204,3	0,8	32846	1,0	212	6988	3,0
14	43778	419,9	204,3	0,8	35022	1,0	227	7492	3,0
15	33946	419,9	204,3	0,8	27157	1,0	176	5677	3,1
16	33608	419,9	204,3	0,8	26886	1,0	174	5615	3,1
17	33770	419,9	204,3	0,8	27016	1,0	175	5645	3,1
18	33048	419,9	204,3	0,8	26438	1,0	171	5512	3,1
19	46106	419,9	204,3	0,8	36885	1,0	239	7925	3,0
20	23944	419,9	204,3	0,8	19155	1,0	124	3855	3,2
21	49216	419,9	204,3	0,8	39373	1,0	255	8504	3,0
22	34017	419,9	204,3	0,8	27214	1,0	176	5690	3,1
23	33777	419,9	204,3	0,8	27022	1,0	175	5646	3,1
24	34036	419,9	204,3	0,8	27229	1,0	176	5693	3,1
25	33242	419,9	204,3	0,8	26594	1,0	172	5548	3,1
26	45518	419,9	204,3	0,8	36414	1,0	236	7816	3,0
27	192990	419,9	204,3	0,8	154392	1,0	999	35946	2,8
28	54045	419,9	204,3	0,8	43236	1,0	280	9405	3,0
29	52311	419,9	204,3	0,8	41849	1,0	271	9081	3,0
30.1	14746	419,9	204,3	0,8	11797	1,0	76	2216	3,4
30.2	11604	419,9	204,3	0,8	9283	1,0	60	1670	3,6
31	18673	419,9	204,3	0,8	14938	1,0	97	2910	3,3
32	11958	419,9	204,3	0,8	9566	1,0	62	1731	3,6
33	34475	419,9	204,3	0,8	27580	1,0	178	5774	3,1
34.1	6713	419,9	204,3	0,8	5370	1,0	35	848	4,1
34.2	8093	419,9	204,3	0,8	6474	1,0	42	1075	3,9

6.2.4 Belastungsnachweis

Als letzter Nachweis ist das Bewertungsverfahren für die qualitative Gewässerbelastung nach DWA-M 153 auf das vorgeschlagene Entwässerungskonzept anzuwenden /15/. Versickerungsanlagen sind darin ebenfalls als eine Form der Regenwasserbehandlung zu betrachten. Das Verfahren basiert auf einem quantitativen Vergleich einfacher Kennwerte zur Abschätzung der Gewässergüte und der Belastungsstufe abhängig von Niederschlagsentstehung und –behandlung. Das Verfahren erfolgt schrittweise:

1. Festlegung des Schutzgrades, bzw. der Vulnerabilität des bestehenden Gewässersystems, in das das Regenwasser eingeleitet wird. Dafür werden „Gewässerpunkte“ G vergeben. Für Grundwasser außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten (Typ G12) gilt:

$$G = 10 \text{ Punkte}$$

2. Im zweiten Schritt erfolgt eine Berechnung der Abflussbelastung durch Einflüsse aus der Luft. Bei anzunehmender, starker Luftverschmutzung im Bereich von Gewerbe und Industrie (Typ L4) gilt:

$$L = 8 \text{ Punkte}$$

3. Analog zur Luftbelastung werden hier Einflüsse durch den Kontakt mit Oberflächen berücksichtigt, für das TIP gelten:

Dachflächen (F2)	F = 8 Punkte
Straßenflächen / Geh- und Radwege (F3)	F = 12 Punkte
stark befahrene Lkw-Zufahrten (F7)	F = 45 Punkte

4. Die Belastungen aus Luft und durch Oberflächenkontakt werden über die Flächenanteile f_i (entspricht bei den Grundstücksflächen dem Bebauungsgrad 0,8) summiert und ergeben die Abflussbelastung B:

$$B = \sum f_i \cdot (L_i + F_i)$$

5. Aus dem Verhältnis der Gewässerpunkte zur Abflussbelastung ergibt sich der maximal zulässige Durchgangswert $D_{\max} = G/B$, welcher die erforderliche Behandlung des Regenwassers vorgibt. Dem gegenübergestellt wird der tatsächliche Durchgangswert je nach Art der Behandlung. Für eine Versickerung durch bewachsenen Oberboden und für ein Verhältnis von versiegelter Fläche zu Versickerungsfläche von ca. 80 : 20, also 4 :1 (D3, Stufe a /15/) beträgt der vorhandene Durchgangswert:

bei 10 cm Oberboden:	$D_{\text{vorh}} = 0,45$
bei 20 cm Oberboden:	$D_{\text{vorh}} = 0,20$

6. Im letzten Schritt wird die Abflussbelastung B mit dem vorhandenen Durchgangswert multipliziert. Das Produkt muss kleiner sein als die Gewässerpunkte, damit der Nachweis erbracht ist:

$$E = B \cdot D_{\text{vorh}} < G$$

Tabelle 11: Belastungsnachweise für die Grundstücke und die Straßenteilflächen mit unterschiedlicher Kontaktflächenbelastung

Fläche	Vers.- grad fi (-)	Gewässer- punkte (G12) G	Luft L4	Kontakt- flächen F2 und F3/F7	Abfluss- belastung B	vorh. Durchgangs- beiwert Dvorh	Emissions- wert E	Nachweis E < G
Grundstücke	0,80	10	8	8	13	0,45	5,8	✓
Straße linke Teilfl.	0,20	10	8	45	11	0,45	4,8	✓
Straße rechte Teilfl.	0,60	10	8	12 / 45	25	0,20	4,9	✓

Die Nachweise in Tabelle 11 wurden getrennt für die drei Flächentypen Grundstücke, Straßenteilfläche links (nur Fahrbahn) und Straßenteilfläche rechts (Fahrbahn und Gehweg, siehe Abbildung 9) geführt.

Bei den Grundstücksflächen und der Straßenmulde der linken Teilfläche (ohne Gehweg) erfordert die Regenwasserbelastung bei der Versickerung eine 10 cm dicke, bewachsene Oberbodenschicht als Filter ($D_{\text{vorh}} = 0,45$). Die Straßenmulde der rechten Teilfläche (mit Gehweg) erfordert durch den höheren Versiegelungsgrad eine 20 cm dicke, bewachsene Oberbodenschicht als Filter ($D_{\text{vorh}} = 0,20$).

Alternativ können bei den Straßenmulden auch Pflaster- oder Rasengittersteine mit bewachse- nem Oberboden der Dicke 10 bzw. 20 cm vorgesehen werden.

Die Nachweise sind für beide Fälle erbracht und das Entwässerungskonzept damit unter Berücksichtigung der Niederschlagsbelastung realisierbar.

→ Nachweis erbracht ✓

7 Hinweise zur baulichen Ausführung

7.1 Versickerungsmulden

Wegen der Reinigung von Belastungen des Regenwassers durch die Luft und Kontaktflächen (siehe 6.2.4) müssen die Versickerungsmulden mit einer mindestens 10 cm dicken bewachsenen Oberbodenschicht ausgeführt werden. Die Oberbodenschicht hat eine klar definierte, technische Funktion, die erhalten werden muss. Eine Verdichtung der Oberbodenschicht oder Verschlammung der Mulden, die zur Kolmation der Oberfläche führen würde, ist dabei zu vermeiden /14/, /17/. Eine Begrünung der Versickerungsmulden erfolgt üblicherweise durch Rasensaat, die nur einen relativ geringen Pflegeaufwand erfordert. Auch einzelne Bäume in den Versickerungsmulden sind möglich. Hierbei muss jedoch eine jährliche Räumung des anfallenden Laubes durchgeführt werden, um Kolmation zu verhindern.

Bei der baulichen Ausführung der Versickerungsmulden lassen sich zwei Varianten unterscheiden (Abbildung 11):

- Variante A: Die Herstellung der Muldensohle auf dem Niveau der bestehenden GOK durch Einfassung mit einer 30 cm hohen Verwallung.
- Variante B: Die Herstellung der Muldensohle 30 cm unter dem Niveau der bestehenden GOK durch Abtrag des Oberbodens, Aushub und Wiedereinbau der Oberbodenschicht.

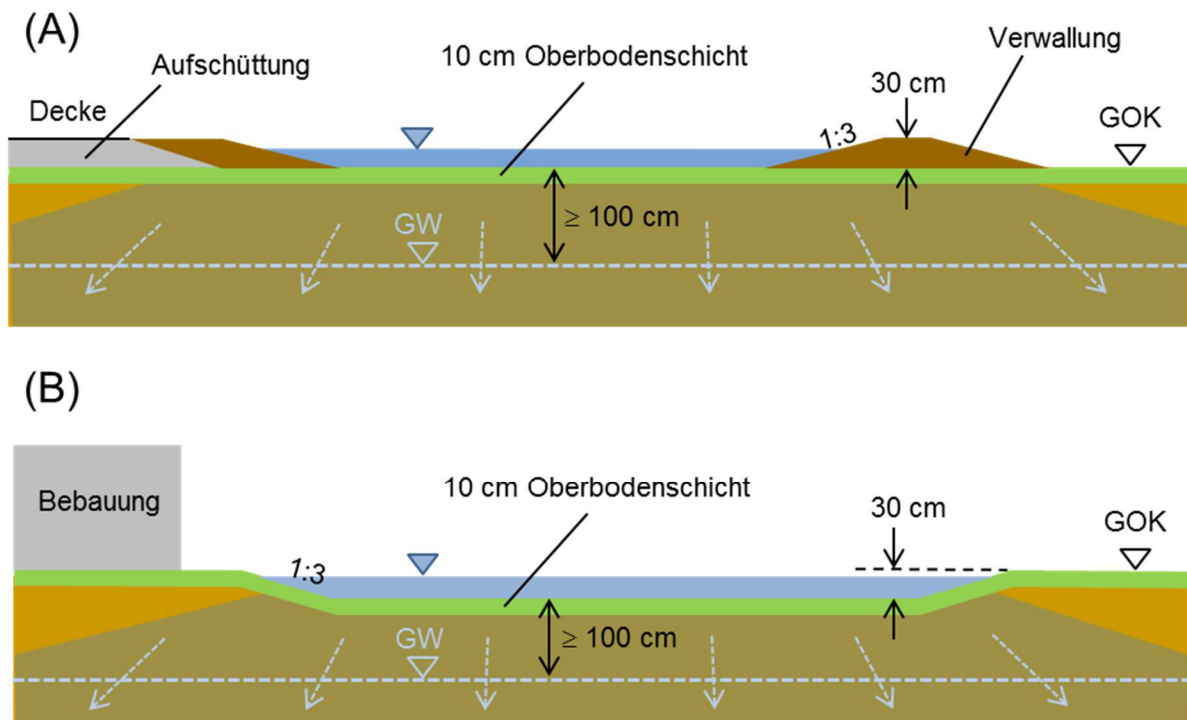


Abbildung 11: Varianten von Versickerungsmulden: (A) bei geringen Flurabständen durch Aufschüttung einer seitlichen Verwallung, (B) bei ausreichend großen Flurabständen ab 1,3 m durch Aushebung und Wiedereinbau von Oberboden.

Variante A hat den Vorteil, dass die vorhandene Oberbodenschicht auf dem TIP-Gelände als Muldensohle genutzt werden kann. Damit entfallen Aushub- oder Austauscharbeiten des Bodens. Variante A eignet sich besonders für direkt angrenzende Oberflächenbefestigungen, die einen Deckenaufbau über die bestehende GOK hinaus aufweisen, wie Park- oder Abstellflächen (vgl. Abbildung 11). Außerdem kann Variante A auch bei geringen Flurabständen von 1,0 - 1,3 m umgesetzt werden.

Variante B bietet sich bei ausreichend großen Flurabständen über 1,3 m an. Zur Überprüfung wurden die Flurabstände unter 1,3 m in Abbildung 12 farblich hervorgehoben (gleicher Datensatz wie Abbildung 3). Variante B ist, außer bei Parzelle 21, überall auf dem TIP-Gelände möglich (vgl. 7.3.1).

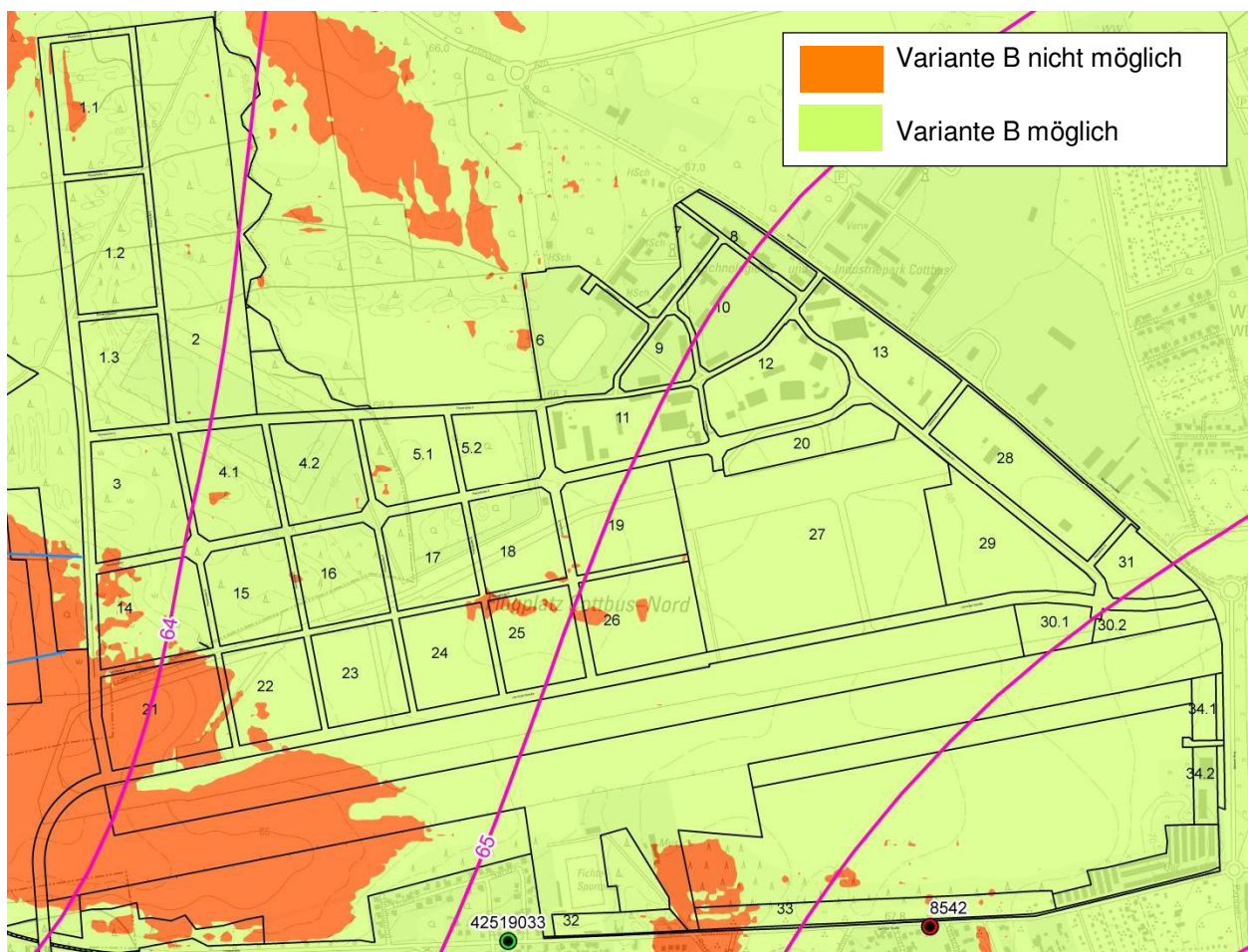


Abbildung 12: Abgrenzung der Bereiche, in denen Aushubmulden (Variante B) möglich sind. Dargestellt sind Flurabstände unter 1,3 m (orange) und über 1,3 m (grün) als Abgrenzungskriterium.

Zuleitungen zu den Mulden können über Gräben, Rigolen oder Rohrleitungen erfolgen, die entsprechend hydraulisch nachgewiesen werden müssen. Eine Sohlensicherung durch Kiesschüttung ist im Zulaufbereich zu den Mulden vorzusehen, um Erosion des Oberbodens durch die Strömung zu verhindern.

7.2 Straßenmulden

Bei den Straßenmulden erfordert die Regenwasserbelastung bei der Versickerung eine mindestens 10 cm dicke, bewachsene Oberbodenschicht als Filter oder alternativ Pflaster- oder Rausengittersteine mit bewachsenem Oberboden (siehe 6.1).

Vereinzelte sind Unterbrechungen der Straßenmulden vorzusehen (Abbildung 13), da es sonst aufgrund teils beträchtlicher Straßenlängen von bis zu 830 m (Parzelle 2) zu Abflusskonzentration und schädlichen Fließvorgängen kommen könnte.

Von der Pflanzung von Gehölzen in Straßenmulden ist abzuraten, da die Versickerungsfähigkeit durch Verringerung des Muldenquerschnitts und Speichervolumens, sowie Kolmation durch anfallendes Laub negativ beeinträchtigt wird (vgl. Hinweis in 6.1, S. 23). Damit kann die Funktion der Straßenmulden zur Entwässerung nicht mehr ausreichend erfüllt werden.

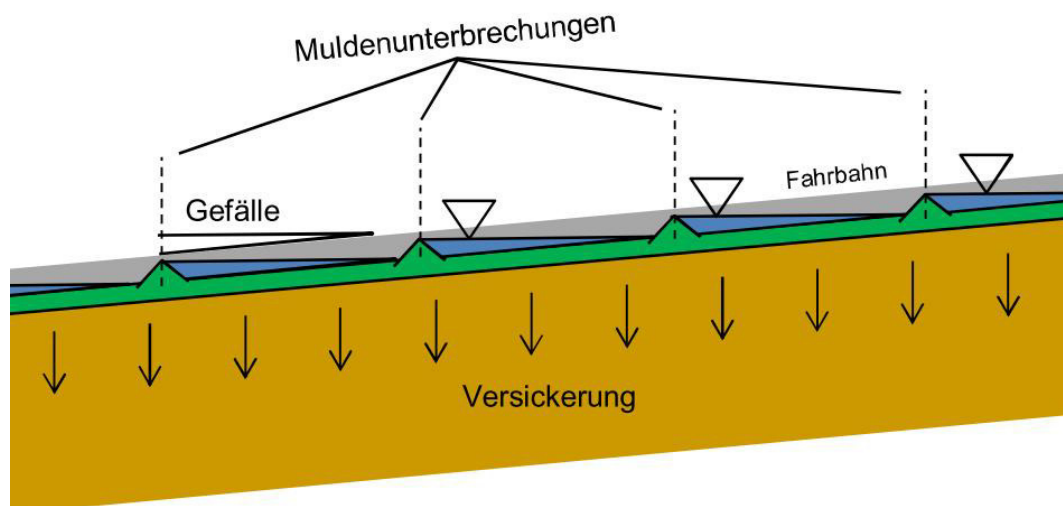


Abbildung 13: Anpassung der Straßenmulden bei Geländegefälle durch Unterbrechungen

7.3 Einzelfallbetrachtungen

7.3.1 Parzelle 21

Bei Parzelle 21 kann aufgrund der geringen Flurabstände nur im süd-östlichen, dreiecksförmigen Bereich versickert werden (Abbildung 14). Baulich ist hier eine Aushubmulde (Variante B) nicht möglich, da die Flurabstände immer noch unter 1,3 m liegen. In allen anderen Bereichen auf der Parzelle ist der Flurabstand von 1,0 m unterschritten und damit keine konzentrierte Versickerung möglich.

Eine Verringerung des Bebauungsgrades hat auf die vorgegebene Lage der Versickerungsmulde keinen Einfluss. Durch eine Verringerung des Bebauungsgrades ließe sich jedoch die Einstautiefe reduzieren, wie der Berechnung in Tabelle 12 zu entnehmen ist.

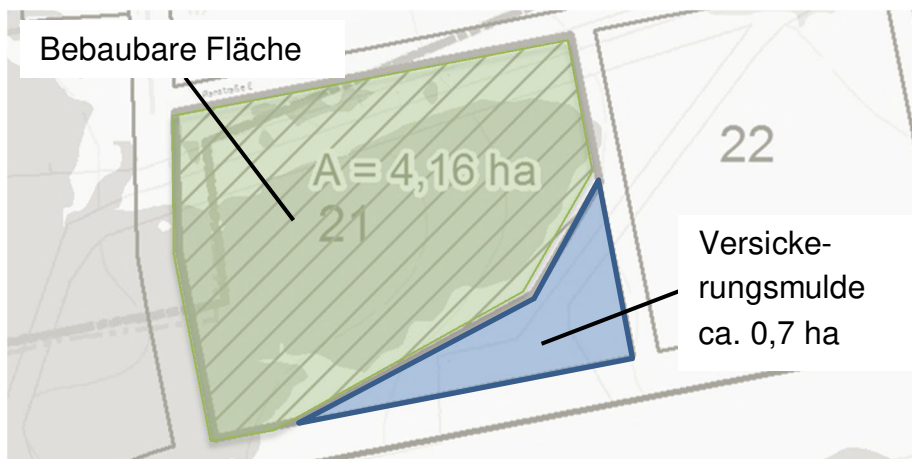


Abbildung 14: Lage der Versickerungsmulde bei Parzelle 21.

Tabelle 12: Überprüfung verringerter Bebauungsgrade (BBG) auf den Einstau der Versickerungsmulden. Die Fläche, die weder bebaut noch Teil der Versickerungsmulde ist, wird hier als „Brache“ bezeichnet.

Fläche ges.	Mulden-Fläche	BBG	Fläche BB	Fläche Brache	maßgebl. Regensp. ende	Zufluss	Versick.-rate	Einstauhöhe
A	As	(-)	m ²	m ²	r(10,5)	Qzu	QS	cm
m ²	m ²				l / s ha	m ³ /s	m ³ /s	
49216	7616	0,80	39373	2227	202,1	0,796	0,190	5,5
49216	7616	0,70	34451	7149	202,1	0,696	0,190	4,6
49216	7616	0,60	29530	12070	202,1	0,597	0,190	3,7
49216	7616	0,50	24608	16992	202,1	0,497	0,190	2,8
49216	7616	0,40	19686	21914	202,1	0,398	0,190	1,9
49216	7616	0,30	14765	26835	202,1	0,298	0,190	1,0
49216	7616	0,20	9843	31757	202,1	0,199	0,190	0,1
49216	7616	0,10	4922	36678	202,1	0,099	0,190	keiner

Weitere, grundsätzliche Möglichkeiten für die Parzelle 21 sind:

- I. Anhebung der GOK durch flächige Aufschüttung um ca. 30 cm und damit verbunden eine Erhöhung der Flurabstände. Damit würden die Flurabstände über 1,0 m liegen und die Lage der Versickerungsmulde wäre nicht mehr auf den süd-östlichen Bereich beschränkt.
- II. Durch die Dachgestaltung, z.B. über ein flaches Gründach, lassen sich die anfallenden Niederschlagsmengen um bis zu 70% reduzieren (vgl. Tabelle 5), damit wäre eine Versickerung über eine kleinere Muldenfläche möglich. Im Fall eines humusierten Gründaches mit einer Dicke ≥ 20 cm wäre der Rückhalt sogar so effektiv, dass keine Versickerungsmulde mehr erforderlich wäre.
- III. Umnutzung der Fläche als ökologische Ausgleichsfläche. Durch die tiefe Lage im Gelände bietet sich z.B. die eigendynamische Entwicklung eines wechselfeuchten Standortes an.

7.3.2 Parzelle 1.1

Auf Parzelle 1.1 tritt eine Geländesenke auf einer Fläche von etwa 0,3 ha auf, in der die Flurabstände unter 1,0 m liegen (Abbildung 15). Eine Verfüllung der Senke wäre hier die einfachste Möglichkeit, um Einschränkungen in der Bebauung zu vermeiden.

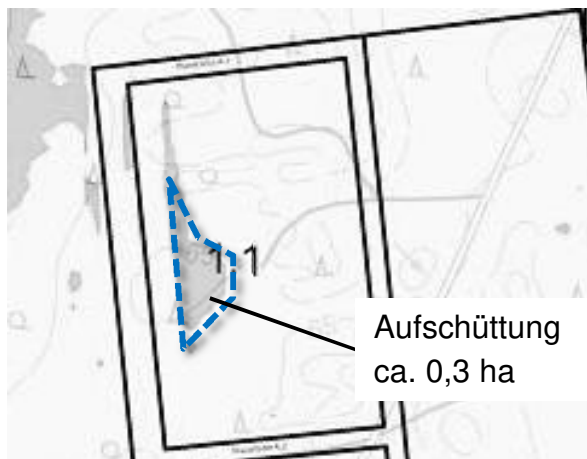


Abbildung 15: Zu verfüllende Geländesenke auf Parzelle 1.1

7.3.3 Altlastflächen

Die Altlastflächen sind für eine konzentrierte Versickerung, d.h. auch den Bau von Versickerungsmulden, nicht nutzbar /1/. Eine Überbauung / Deckelung der Flächen und Ableitung der Niederschläge in schadlose Bodenbereiche ist jedoch möglich /9/.

Als einfachste Möglichkeit bietet sich damit die Festlegung der Gebäudeflächen derart, dass die Altlastflächen überbaut werden. Die Versickerungsmulden sind dann außerhalb der Altlastflächen zu positionieren und entsprechend im Bebauungsplan festzusetzen (Abbildung 16).



Abbildung 16: Beispiel zur Positionierung der Gebäudeflächen bei vorhandenen Altlasten

8 Kosten

Die dezentrale Muldenversickerung ist aus den folgenden Gründen besonders wirtschaftlich:

- Es fallen keine Kosten für den Bau eines Entwässerungssystems an.
- Es fallen keine Einleitgebühren für die Betreiber an.
- Für die Unterhaltung der Versickerungsmulden ist der Betreiber zuständig. Der Unterhaltungsaufwand ist dabei verglichen mit anderen Entwässerungssystemen relativ gering.

Zusammenfassend sind mit dem vorgelegten Entwässerungskonzept keine zusätzlichen Kosten für die Stadt Cottbus erkennbar. Die Herstellung der Versickerungsmulden erfolgen im Zuge der Bebauung durch die Betreiber / Flächennutzer.

9 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchung war die konzeptionelle Darstellung einer gesicherten Niederschlagsentwässerung für das TIP-Gelände in Cottbus bei einem Bebauungsgrad von 80% der Grundstücksflächen. Die geltenden technischen Normen und Richtlinien (DIN, DWA) wurden dazu zusammengestellt und die wasserwirtschaftlichen Nachweise geführt. Für die Nachweise wurden hydrogeologische Daten für das Untersuchungsgebiet recherchiert, aufbereitet und geprüft. Neben den GW-Gleichen wurden auch Pegeldata benachbarter Grundwassermessstationen abgefragt und damit eine Plausibilisierung der Datengrundlage durchgeführt.

Danach wurden die GW-Flurabstände aus einer Verschneidung des 10m-DGM mit den GW-Gleichen neu berechnet. Es wurde gezeigt, dass die GW-Gleichen höher liegen als der mittlere jährliche höchste Grundwasserstand (MHGW), der nach DWA als Bemessungsgrundlage empfohlen wird. Bis auf die beiden Grundstückspartzen 1.1 und 21 sind die Flurabstände größer als 1,0 m und ermöglichen damit eine konzentrierte Versickerung. Als Bemessungsniederschlag wurde nach DWA der ungünstigste Lastfall angesetzt, welcher für Regenspenden der Dauer $D = 20$ Minuten eintritt.

Nach Berechnung der Niederschlagsabflüsse und der Versickerungsfähigkeit des Bodens ergab sich die **dezentrale Muldenversickerung** als wirtschaftlichste Entwässerungsvariante. Bei einem Bebauungsgrad von 80% liegen die Einstautiefen in den Mulden bei 6 – 11 cm. Dabei wurde als Muldenoberfläche die unversiegelte Restfläche angesetzt, d.h. 20% der Grundstücksfläche abzüglich des Mindestabstands von Gebäuden und einem Sicherheitsstreifen. Die Nachweisführung für die Straßenmulden erfolgte separat und ergab Einstautiefen unter 10 cm. Der nach DWA empfohlene Maximalwert von 30 cm zum Schutz von Menschenleben vor Überflutungen ist somit für alle Grundstücks- und Straßenflächen eingehalten.

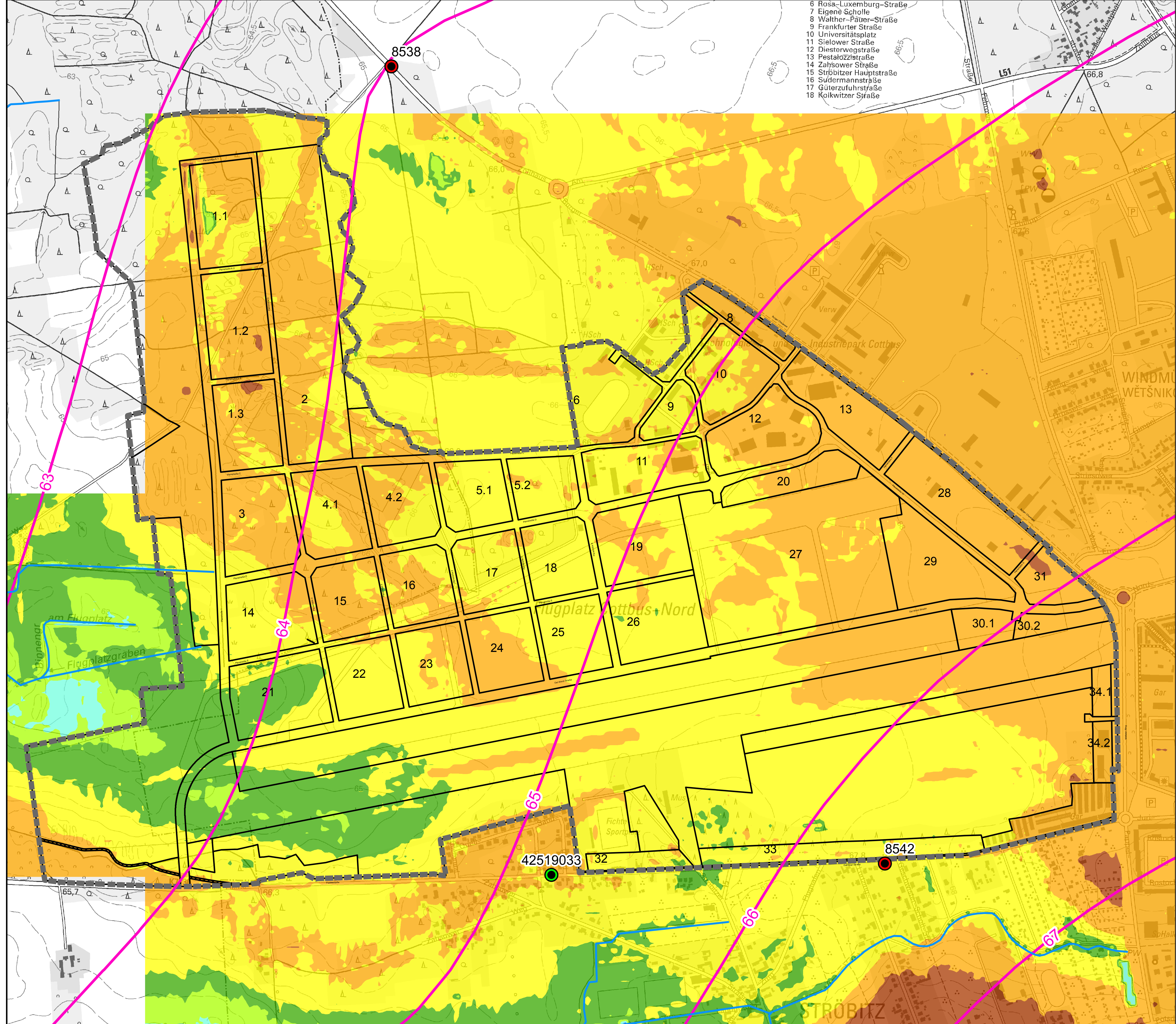
Baulich können die Mulden auf den Grundstücksflächen in zwei Varianten realisiert werden. Bei **Variante A** wird die Muldensohle auf dem Niveau der bestehenden GOK durch Einfassung mit einer 30 cm hohen Verwallung hergestellt. Diese Variante eignet sich besonders bei angrenzendem Deckenaufbau über GOK, wie bei Park- und Abstellflächen. Außerdem ist Variante A bei geringen Flurabständen zwischen 1,0 – 1,3 m möglich. **Variante B** ist erst ab Flurabständen über 1,3 m geeignet und erfolgt durch Herstellung der Muldensohle 30 cm unter dem Niveau der bestehenden GOK durch Abtrag des Oberbodens, Aushub und Wiedereinbau einer Oberbodenschicht.

Bei allen Versickerungsmulden ist eine zumindest 10 cm mächtige Oberbodenschicht erforderlich, um eine ausreichende Reinigung des anfallenden Niederschlagswassers von den Dach- und Straßenflächen zu gewährleisten. Bei den Straßenmulden bieten sich alternativ Pflaster- oder Rasengittersteine mit bewachsenem Oberboden an, der eine Dicke von 10 cm, bzw. auf der Gehwegseite 20 cm aufweisen muss. Als weitere Einschränkung dürfen über den vorhandenen Altlastflächen keine Versickerungsmulden gebaut werden, eine Überbauung ist dagegen problemlos möglich.

Zusammenfassend lässt sich das vorgeschlagene Entwässerungskonzept mit dezentralen Versickerungsmulden für das TIP-Gelände mit relativ geringem baulichen Aufwand realisieren und kann im B-Plan so festgehalten werden. Der Investor / Bauherr muss später im Rahmen der

Beantragung der wasserrechtlichen Erlaubnis ein nutzungsangepasstes Entwässerungskonzept vorlegen. Für die Stadt sind dabei keine zusätzlichen Kosten erkennbar.

- 6 Rosa-Luxemburg-Straße
- 7 Eigene Scholle
- 8 Walther-Päter-Straße
- 9 Frankfurter Straße
- 10 Universitätsplatz
- 11 Sielower Straße
- 12 Diesterwegstraße
- 13 Pestalozzistraße
- 14 Zahsower Straße
- 15 Ströbitzer Hauptstraße
- 16 Südermannstraße
- 17 Güterzufuhrstraße
- 18 Kolkwitzer Straße



Legende

Grundwasser-Pegel

- LUGV
- VEM
- Gräben
- Hydroisohypsen Frühjahr 2011 (LUGV)
- Grenze Geltungsbereich B-Plan TIP
- Abgrenzung Flächen B-Plan TIP

Grundwasserflurabstände Frühjahr 2011

<WERT>

- < -1,0 m
- 1,0 - -0,5 m
- 0,5 - 0 m
- 0 - 0,5 m
- 0,5 - 1,0 m
- 1,0 - 2,0 m
- 2,0 - 4,0 m
- > 4,0 m

Index:	Änderung:	Datum:	Bearbeiter:	Freigabe glR:

<p>AUFTRAGGEBER:</p>	<p>Stadt Cottbus, FB 61 - Stadtentwicklung Karl-Marx-Straße 67, 03044 Cottbus Telefon: 0355 / 612 4115, Telefax: 0355 / 612 4110 E-Mail: stadtentwicklung@cottbus.de, www.cottbus.de</p>
<p>AUFTRAGNEHMER:</p>	<p>gerstgraser, Ingenieurbüro für Renaturierung An der Pastoa 13, 03042 Cottbus Telefon: 0355 / 48389 0, Telefax: 0355 / 48389 20 E-Mail: info@gerstgraser.de, www.gerstgraser.de</p>

<p>PROJEKT: Niederschlagsentwässerung für das TIP-Gelände Cottbus</p>																			
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Projekt-Nr.:</td> <td>1517</td> </tr> <tr> <td>Bearbeitet:</td> <td>12.10.15 Giebler</td> </tr> <tr> <td>Gezeichnet:</td> <td>12.10.15 Giebler</td> </tr> <tr> <td>Lagesystem:</td> <td>ETRS 89</td> </tr> <tr> <td>Höhensystem:</td> <td>DHHN 92</td> </tr> <tr> <td>Plangröße:</td> <td>0,00 m²</td> </tr> </table>	Projekt-Nr.:	1517	Bearbeitet:	12.10.15 Giebler	Gezeichnet:	12.10.15 Giebler	Lagesystem:	ETRS 89	Höhensystem:	DHHN 92	Plangröße:	0,00 m²	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Planinhalt:</td> <td>Übersichtslageplan Grundwasserflurabstände</td> </tr> <tr> <td>Maßstab:</td> <td>1 : 5.000</td> </tr> <tr> <td>Plan-Nr.:</td> <td>1</td> </tr> </table>	Planinhalt:	Übersichtslageplan Grundwasserflurabstände	Maßstab:	1 : 5.000	Plan-Nr.:	1
Projekt-Nr.:	1517																		
Bearbeitet:	12.10.15 Giebler																		
Gezeichnet:	12.10.15 Giebler																		
Lagesystem:	ETRS 89																		
Höhensystem:	DHHN 92																		
Plangröße:	0,00 m²																		
Planinhalt:	Übersichtslageplan Grundwasserflurabstände																		
Maßstab:	1 : 5.000																		
Plan-Nr.:	1																		

X:\Projekte\2015\1517_TIP_Cottbus_Entwässerung\400_Planung\10_Entwurf\14_Planen1_DUP_Untersuchungsbereich_151012.mxd

- 6 Rosa-Luxemburg-Straße
- 7 Eigene Scholle
- 8 Walther-Päter-Straße
- 9 Frankfurter Straße
- 10 Universitätsplatz
- 11 Sielower Straße
- 12 Diesterwegstraße
- 13 Pestalozzistraße
- 14 Zahsower Straße
- 15 Ströbitzer Hauptstraße
- 16 Südermannstraße
- 17 Güterzufuhrstraße
- 18 Kolkwitzer Straße

Legende

- Gräben
- Grenze Geltungsbereich B-Plan TIP
- Abgrenzung Flächen B-Plan TIP

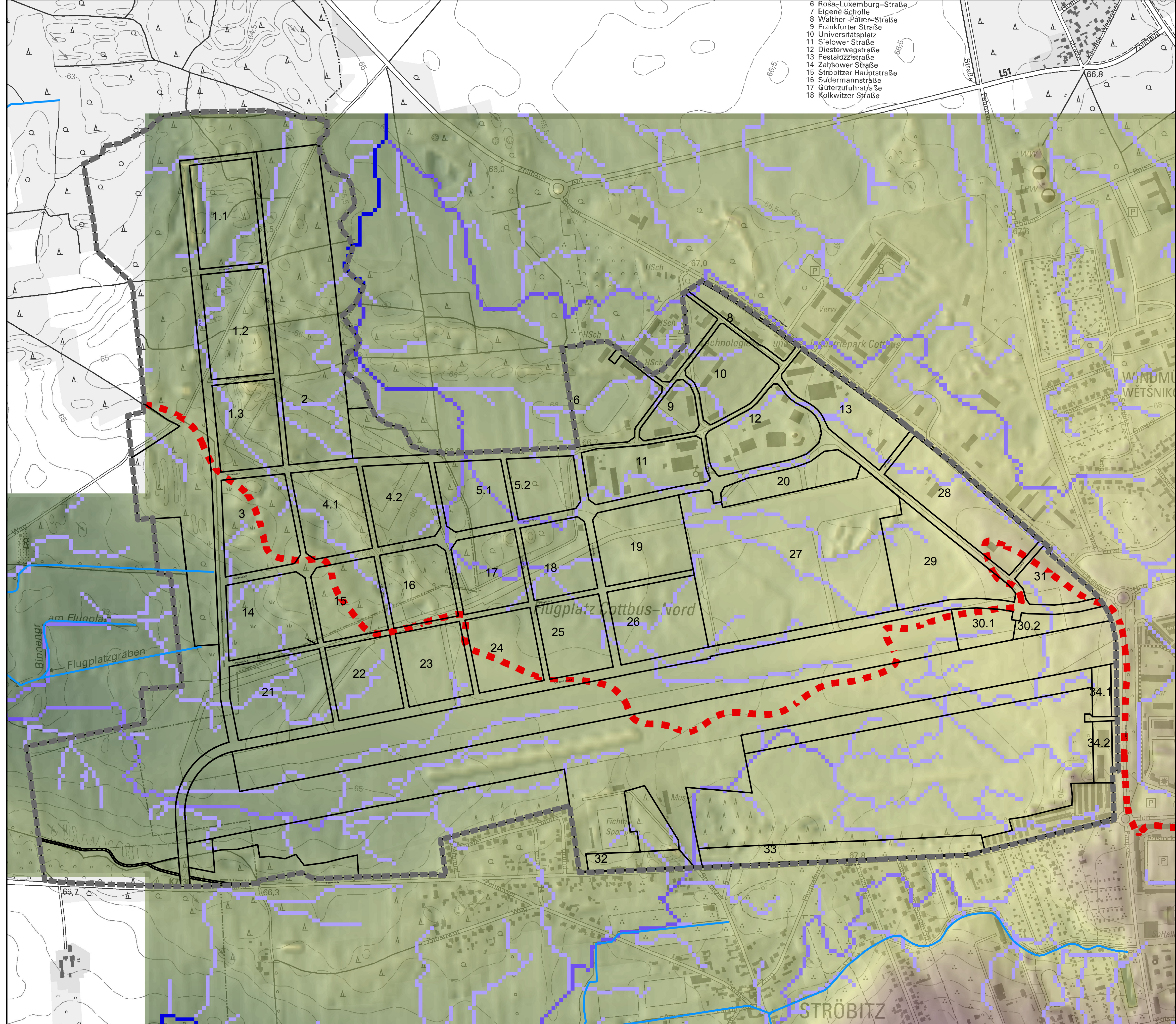
Fließwege

<WERT>

- 0 - 100
- 100 - 3.500
- 3.500 - 6.750
- 6.750 - 10.500
- 10.500 - 14.000
- 14.000 - 25.500
- Wasserscheide

DGM 10 m

- Wert**
- Hoch : 75,942
 - Niedrig : 62,061



Index:	Änderung:	Datum:	Bearbeiter:	Freigabe glR:

AUFTRAGGEBER:  **Stadt Cottbus, FB 61 - Stadtentwicklung**
 Karl-Marx-Straße 67, 03044 Cottbus
 Telefon: 0355 / 612 4115, Telefax: 0355 / 612 4110
 E-Mail: stadtentwicklung@cottbus.de, www.cottbus.de

AUFTRAGNEHMER:  **gerstgraser, Ingenieurbüro für Renaturierung**
 An der Pastoa 13, 03042 Cottbus
 Telefon: 0355 / 48389 0, Telefax: 0355 / 48389 20
 E-Mail: info@gerstgraser.de, www.gerstgraser.de

PROJEKT: Niederschlagsentwässerung für das TIP-Gelände Cottbus

Projekt-Nr.: 1517	Planinhalt: Übersichtslageplan oberirdische Fließwege
Bearbeitet: 12.10.15 Giebler	Maßstab: 1 : 5.000
Gezeichnet: 12.10.15 Giebler	
Lagesystem: ETRS 89 Höhensystem: DHHN 92	Plan-Nr.: 2
Plangröße: 0,00 m²	

X:\Projekte\2015\1517_TIP_Cottbus_Entwässerung\400_Planung\10_Entwurf\14_Planer\2_DUP_Fliewege_151012.mxd