

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Fakultät Life Sciences

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am
Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg-Harburg.

Bachelorarbeit

im Studiengang Umwelttechnik

vorgelegt von

Anika Szeimys


Hamburg
am 15.08.2012

1. Gutachter: Prof. Dr. Carolin Floeter
2. Gutachter: Dipl.-Ing. Stefan Paul

(HAW Hamburg)
(Lehne Ingenieurgesellschaft
für Bauen und Umwelt mbH)

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	5
Symbolverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	7
Zusammenfassung.....	8
1. Einleitung	11
1.1. Versiegelung	13
1.1.1. Flächenversiegelung in Deutschland	13
1.1.2. Einfluss befestigter Flächen auf Grundwasserneubildung und Hochwasserereignisse	14
1.2. Rechtliche Grundlagen	16
1.2.1. Wasserrechtliche Grundlagen	17
1.2.2. Bodenschutzrechtliche Grundlagen	18
2. Material und Methoden	19
2.1. Vorstellung des Vorhabens: Aktueller Zustand und Anforderungen an eine neue Versickerungsanlage	19
2.1.1. Einzugsgebiet.....	21
2.1.2. Entwässerung von Straßen	22
2.1.3. Wasserschutzgebiet.....	24
2.1.4. Sickerfähigkeit verschiedener Bodenarten	25
2.1.5. Mögliche Belastungen der Niederschlagsabflüsse	27
2.1.5.1. Mechanische und physiko-chemische Reinigung.....	29
2.2. Versickerungsverfahren.....	32
2.2.1. Schachtversickerung	32

2.2.2.	Muldenversickerung	33
2.2.3.	Flächenversickerung	34
2.2.4.	Beckenversickerung	36
2.3.	Vorgehensweise und Berechnungen	38
2.3.1.	Undurchlässige Fläche	38
3.	Ergebnisse	41
3.1.	Variante 1	41
3.1.1.	Sickerfläche und Versickerungsrate	41
3.1.2.	Berechnung der erforderlichen Anlagengröße	43
3.1.3.	Geplante Anlagengröße	46
3.1.4.	Berechnung der Entleerungszeit	47
3.2.	Variante 2	49
3.2.1.	Sickerfläche und Versickerungsrate	49
3.2.2.	Berechnung der erforderlichen Anlagengröße	50
3.2.3.	Geplante Anlagengröße	51
3.2.4.	Berechnung der Entleerungszeit	51
3.3.	Vergleich der Varianten	52
4.	Diskussion	53
	Literaturverzeichnis	56
	Anhang	58
	Eidesstattliche Erklärung zur Bachelorarbeit	59

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 - Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland; Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010.....	14
Abbildung 2 - Wasserhaushalt unbefestigter Flächen; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.....	15
Abbildung 3 - Wasserhaushalt befestigter Flächen; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995. .	15
Abbildung 4 - Form und Größe von Hochwasserwellen in verschiedenen stark versiegelten Gebieten; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995	15
Abbildung 5 - Implementierung im deutschen Recht; Quelle: Eigene Darstellung.	16
Abbildung 6 - Übersichtskarte: Lage des Versickerungsbeckens; Quelle: Stadtkarte Hamburg, 2008; Eigene Ergänzungen.	19
Abbildung 7 - Rinne, Ecke Forsthöhe/ Forstgrund zum Versickerungsbecken; Quelle: Eigenes Foto.	20
Abbildung 8 - Ausschnitt DTV-Karte Hamburg von 2009; Quelle: Stadt Hamburg 1, Eigene Ergänzungen, 2012.	23
Abbildung 9 - Einblick in die Straße Forstgrund; Quelle: Eigenes Foto, 2012.....	23
Abbildung 10 - Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen; Quelle: DWA-A 138, 2005.	25
Abbildung 11 - Übersichtskarte über die Probenahmeorte im Jahr 2006, Quelle: Laboratorium Dr. Mauch-Gläser, 2006; Darstellung: Eigene.	26
Abbildung 12 - Verhalten von Schadstoffen im Boden; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.....	31
Abbildung 13 - Versickerungsschacht Typ A; Quelle: DWA-A 138, 2005.....	32
Abbildung 14 - Versickerungsschacht Typ B; Quelle: DWA-A 138, 2005.....	32
Abbildung 15 - Versickerungsmulde; Quelle: DWA-A 138, 2005.....	33
Abbildung 16 - Flächenversickerung (Schnitt) - Funktionsprinzip wasserdurchlässiger Belege; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.	35
Abbildung 17 - Beckenversickerung (Schnitt); Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.	36
Abbildung 18 - Empirische Funktion des Zuschlagsfaktor f_Z ; Quelle: ATV-DVWK-A 117, 2001.....	45

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 -	Übersicht über die Teileinzugsgebiete; Quelle: Eigene Darstellung.	22
Tabelle 2 -	Ergebnis des Bodengutachtens vom 14.12.2006; Quelle: Laboratorium Dr. Mauch-Gläser, 2006.....	27
Tabelle 3 -	Stoffquelle und Stoffe vom Kraftfahrzeugverkehr; Quelle: RiStWag, 2002.	29
Tabelle 4 -	Empfohlene mittlere Abflussbeiwerte Ψ_m von Einzugsgebiets- flächen; Quelle: ATV-DVWK-A 117, 2001.	39
Tabelle 5 -	Übersicht über die Flächen der Teileinzugsgebiete, den Abfluss- beiwert und die berechneten undurchlässigen Flächen	40
Tabelle 6 -	Zuschlagsfaktor f_z in Abhängigkeit des Risikomaßes; Quelle: ATV- DTWK-A 117, 2001.	44
Tabelle 7 -	Auszug aus der Tabelle für den Bemessungsregen in Hamburg; Quelle: Stadt Hamburg, 2003.	46
Tabelle 8 -	Auszug aus der Tabelle für den Bemessungsregen in Hamburg; Quelle: Stadt Hamburg, 2003.	50
Tabelle 9 -	Gegenüberstellung der berechneten Parameter für die Varianten 1 und 2; Quelle: Eigene Darstellung.	52
Tabelle 10 -	Übersicht über die Bewertungskategorien der beiden Varianten; Quelle: Eigene Darstellung.....	55

Symbolverzeichnis

Abkürzung	Einheit	Erklärung
A_E	m^2	Einzugsgebietsfläche
A_{oben}	m^2	Obere Schnittfläche
$A_{\text{oben},1}$	m^2	Obere Schnittfläche, Variante 1
$A_{\text{oben},2}$	m^2	Obere Schnittfläche, Variante 2
A_u	m^2	Undurchlässige Fläche
A_{unten}	m^2	Untere Schnittfläche
$A_{\text{unten},1}$	m^2	Untere Schnittfläche, Variante 1
$A_{\text{unten},2}$	m^2	Untere Schnittfläche, Variante 2
A_s	m^2	Sickerfläche
D	min	Dauer des Bemessungsregens
f_z	-	Zuschlagsfaktor
h	m	Höhe der versickerungsfähigen Böschungfläche
h_1	m	Höhe, Variante 1
h_m	m	Mittlere Höhe
I_{hy}	m/m	Hydraulisches Gefälle
k_f	m/s	Durchlässigkeitsbeiwert
l_{unten}	m	Länge unten
$l_{\text{unten},1}$	m	Länge unten, Variante 1
$l_{\text{unten},2}$	m	Länge unten, Variante 2
l_{oben}	m	Länge oben
$l_{\text{oben},1}$	m	Länge oben, Variante 1
$l_{\text{oben},2}$	m	Länge oben, Variante 2
Q_s	m^3/s	Versickerungsrate
$r_{D,T}$	$l/(s \cdot ha)$	Bemessungsregenspende
T	a	Wiederkehrzeit des Bemessungsregens
V_b	m^3	Benötigtes Beckenvolumen
V_g	m^3	Geplantes Beckenvolumen
t_E	h	Technische Entleerungszeit
Ψ_m	-	Mittlerer Abflussbeiwert

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
BBodSchG	Bundes-Bodenschutzgesetz
BBodSchV	Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung
DTV	Tägliche Verkehrsdichte
HmbAbwG	Hamburgisches Abwassergesetz
HWaG	Hamburgisches Wassergesetz
PAK	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
RKS	Rammkernsondierung
UBA	Umweltbundesamt

Zusammenfassung

Die vorliegende Bachelorarbeit beschäftigt sich mit naturnaher Regenwasserbewirtschaftung, welche auf Grund der steigenden Versiegelung von potentiellen Versickerungsflächen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Aufgabe war es eine bestehende Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg zu überplanen. Die ursprüngliche Anlage wurde im Jahr 2004 gebaut um die Entwässerung des Einzugsgebiets zu gewährleisten. Für die Überplanung wurde vom Bezirksamt Harburg die Anforderung eines Dauerstaus gestellt. Das heißt, dass ständig bis zu einem Meter Wasser in der Versickerungsanlage steht. Dies hat den Vorteil, dass sich Schadstoffe, die schwerer als Wasser sind, im Dauerstau absetzen. Die Sickerfläche wird durch diese Schadstoffe nicht verstopft und eine Verringerung der Sickerate ist fast auszuschließen.

Die Arbeit ist in vier Abschnitte gegliedert. Im ersten Teil, der Einleitung, wird zunächst eine Übersicht über den Anstieg der versiegelten Flächen in Deutschland gegeben. Laut Umweltbundesamt war demnach bereits 2009 eine Fläche die 6,0 % des gesamten Bundesgebiets entspricht versiegelt. Die tägliche Neuinanspruchnahme von Flächen ist zwar seit 1997 bis 2009 von 129 ha/d auf 94 h/d gesunken, es ist jedoch noch immer ein Anstieg zu erkennen. Das Umweltbundesamt hat das Ziel gesetzt, die tägliche Flächenneuanspruchnahme bis 2020 auf 30 ha/d zu reduzieren. Bis 2050 soll diese durch Flächenrecycling gänzlich ausgeglichen werden, so dass die tägliche Flächenneuanspruchnahme 0 ha/d beträgt. In der Einleitung wird weiter deutlich, dass eine steigende Versiegelung von potentiellen Versickerungsflächen eine negative Auswirkung sowohl auf die Grundwasserneubildung als auch auf Hochwasserereignisse hat. Je mehr Flächen versiegelt sind, desto geringer ist demnach die Grundwasserneubildung. Der Hochwasserabfluss nimmt bereits bei 40 % versiegelter Fläche in einem Einzugsgebiet um etwa das 5-fache zu. Die Hochwassergefahr ist in versiegelten Gebieten demnach deutlich erhöht. Weiter wird sowohl auf die wasserrechtlichen als auch auf die bodenschutzrechtlichen Grundlagen eingegangen. Es wird deutlich, dass das Grundwasser ein wertvolles Gut ist, welches es besonders zu schützen gilt.

Im zweiten Abschnitt der Arbeit, Material und Methoden, werden die Grundlagen zur Bemessung der Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg gelegt. So wird das Einzugs-

gebiet festgelegt und das Gebiet der Versickerungsanlage näher beschrieben. Die Lage in der Zone III des Wasserschutzgebietes Süderelbmarsch/Harburger Berge wird besonders berücksichtigt. In Hamburg wurden seit 1990 fünf Wasserschutzgebiete festgelegt, die dem Schutz des Trinkwassers dienen. Da dieses in Hamburg aus Grundwasser gewonnen wird, gelten in diesen Gebieten besondere Anforderungen. Es wird erläutert, dass Straßenabwasser verschiedene Verschmutzungsgrade aus verschiedenen Verschmutzungsquellen aufweisen kann und der Verschmutzungsgrad des Niederschlagsabflusses im Gebiet des Versickerungsbeckens bestimmt. Auf Grund einer geringen Verkehrsstärke in diesem Gebiet wird dieser als tolerierbar eingestuft, was bedeutet, dass das Niederschlagswasser ohne Vorreinigung über eine belebte Bodenschicht versickert werden kann. Auf Grund eines Bodengutachtens aus dem Jahr 2006 wird der Durchlässigkeitsbeiwert der Sickerfläche als optimal angesehen. Als Abschluss des zweiten Abschnittes werden die gängigsten Versickerungsverfahren kurz erläutert und Vor- und Nachteile aufgezeigt. Dieses sind die Schachtversickerung, Muldenversickerung, Flächenversickerung und die Beckenversickerung, zu welcher auch die Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg gehört.

Im dritten Teil der Bachelorarbeit folgen die Ergebnisse der Berechnungen. Die Herangehensweise ist iterativ, was bedeutet, dass sich durch mehrere Rechenschritte an die endgültige Bemessung herangetastet wird. Es werden zwei verschiedene Varianten des Versickerungsbeckens betrachtet, da die Variante, die zuerst geplant wurde, nicht den technischen Anforderungen entspricht. Die Bemessung des benötigten Beckenvolumens erfolgt hierbei auf Regenreihen für Hamburg, die über mehrere Jahre aufgenommen und statistisch ausgewertet wurden. In der ersten Variante des Versickerungsbeckens ist eine Versickerung lediglich über die Böschungflächen möglich, so dass die Sickerfläche sehr klein ist. Auf Grund dessen unterschreitet das geplante Beckenvolumen das benötigte um $72,7 \text{ m}^3$. Auch die Entleerungszeit liegt mit etwa 105 Stunden weit über dem maximal toleriertem Wert von 24 Stunden. Diese Variante des Versickerungsbeckens ist demnach nicht realisierbar. Bei der zweiten Beckenvariante steht nur etwa das halbe Versickerungsbecken im Dauerstau, so dass die Sickerfläche etwa viermal so groß ist wie bei Variante 1. Auf dieser Grundlage ergibt sich ein kleineres benötigtes Beckenvolumen, welches von dem geplanten um etwa 6 m^3 überschrit-

ten wird. Die Entleerungszeit des Versickerungsbeckens beträgt etwa 23 Stunden und entspricht somit den technischen Vorgaben.

Im vierten Teil folgt eine abschließende Diskussion in der Vor- und Nachteile hinsichtlich des Flächenbedarfs, der Machbarkeit, der Kosten, der Einpassung in das Landschaftsbild sowie der Wartungs- und Reinigungsarbeiten der beiden Varianten des Versickerungsbeckens dargestellt und gegeneinander abgewogen werden. Die Diskussion zeigt, dass die Vorteile der Variante 2 so stark überwiegen, dass diese zur Realisierung empfohlen wird.

1. Einleitung

Es ist nicht zuletzt der wachsenden Weltbevölkerung, und dem damit verbundenen erhöhtem Bedarf an Straßen, Wohnraum und öffentlichen Einrichtungen zu schulden, dass der natürliche Wasserkreislauf immer mehr aus dem Gleichgewicht gerät. Auf Grund der steigenden Versiegelung von potentiellen Versickerungsflächen, durch zum Beispiel den Bau von Parkplätzen oder Wohnräumen, wird das anfallende Niederschlagswasser vermehrt dem Kanalnetz zugeführt, wodurch eine Neubildung des Grundwassers nur noch sehr beschränkt stattfindet. Eine höhere Flächenversiegelung bedeutet auch, dass zwangsläufig mehr Niederschlagsabfluss ohne eine mikrobielle Vorreinigung im Boden direkt in Oberflächengewässer geleitet wird. Dies ist stärker mit Schadstoffen belastet als Wasser, welches aus Kläranlagen kommt oder verschiedene Bodenschichten durchflossen hat. Hieraus entstehen also sowohl ökologisch als auch ökonomisch gesehen bedeutende Nachteile (UBA, 2005). Um den dadurch immer größer werdenden Wassermengen standhalten zu können, muss die Größe der Kanalnetze angepasst werden. Dies erfordert nicht nur finanzielle, sondern auch technische Aufwendungen. Die oben erwähnte eingeschränkte Neubildung von Grundwasser hat eine Absenkung des Grundwasserspiegels zur Folge, was sehr starke Auswirkungen auf die Umgebung hat. Zum einen führen trockenfallende, stärker zusammengepresste Bodenschichten zu Setzungsschäden an Gebäuden. Zum anderen ist hierdurch auch die Vegetation betroffen, Bäume und andere Pflanzen verlieren den natürlichen Anschluss an das Grundwasser, was Waldsterben und größere Dürreschäden nach sich zieht. Das Grundwasser dient in der Regel, so auch in Hamburg, der Trinkwassergewinnung. Eine Verringerung des Grundwassers würde also eine weitere zuverlässige Versorgung der Bevölkerung mit Trinkwasser nicht gewährleisten.

Die Politik hat dieses Problem erkannt. Es wurde bereits im Gesetz verankert, dass sich sowohl der quantitative als auch der qualitative Zustand des Grundwassers nicht verschlechtern darf. Es sind Umweltqualitätsnormen gesetzt worden, die es in einem langjährigen Prozess einzuhalten gilt (Siehe Abschnitt 1.2: Rechtliche Grundlagen).

Die Versickerung von Niederschlagswasser wird, bedingt durch die oben genannten Faktoren, immer notwendiger. In dieser Arbeit werden deshalb die verschiedenen

Möglichkeiten der Versickerung und Versickerungsanlagen dargestellt. Verdeutlicht wird dies durch die Planung eines aktuellen Projektes in Hamburg-Harburg, genauer im Stadtteil Hausbruch. Dabei geht es um eine Überplanung eines bereits vorhandenen Versickerungsbeckens, welches im Jahr 2004 gebaut wurde um die Entwässerung des Einzugsgebietes sicher zu stellen. Es handelt sich hierbei mit ca. einem Hektar um ein kleines Einzugsgebiet. Dementsprechend ist das Versickerungsbecken klein zu halten. In der ersten Baustufe wurde dieses gebaut um die Entwässerung der neu gebauten Straße Forsthöhe zu gewährleisten. Schon damals wurde eine Überplanung des Versickerungsbeckens in einer zweiten Baustufe vorgesehen. Diese umfasst die wasser-technischen Berechnungen des gesamten Einzugsgebietes sowie die technische Planung der erforderlichen Beckenabmessung.

Zum Einstieg wird der Verlauf der Flächenversiegelung in Deutschland in den Jahren 1993 bis 2009 dargestellt und deren Folgen betrachtet. Es folgt eine Übersicht über die rechtlichen Rahmenbedingungen, wobei sowohl auf die Bundes- als auch auf die Länderebene eingegangen wird. Betrachtet werden wasserschutzrechtliche und bodenschutzrechtliche Belange. Im zweiten Abschnitt der Arbeit, Material und Methoden, wird auf die Vor- und Nachteile verschiedener Versickerungsverfahren eingegangen. Die Grundlagen für die Überplanung des Versickerungsbeckens in Hamburg-Harburg werden in diesem Abschnitt gelegt. In den Ergebnissen folgen sowohl die wassertechnischen Berechnungen als auch die zeichnerische Planung der Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg.

1.1. Versiegelung

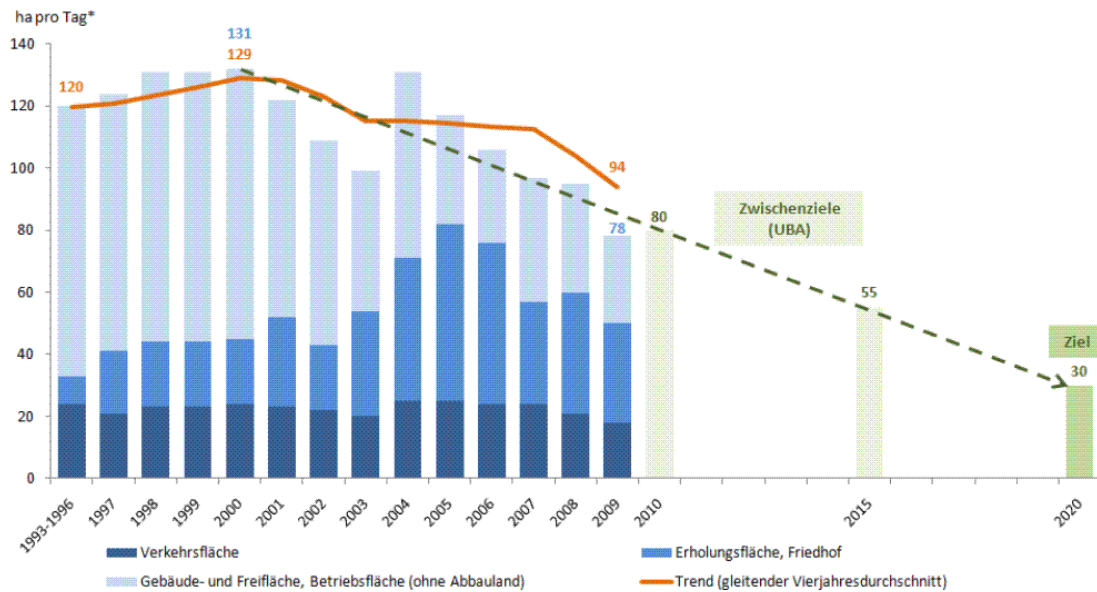
Durch Versiegelung wird anthropogen bedingt in den natürlichen Wasserkreislauf eingegriffen. Im Folgenden wird eine Übersicht über den Anstieg der Flächenversiegelung im Zeitraum von 1993 bis 2009 gegeben. Es wird außerdem näher erläutert, welchen Einfluss eine steigende Flächenversiegelung auf die Grundwasserneubildung und Hochwasserereignisse hat.

1.1.1. Flächenversiegelung in Deutschland

Laut Statistiken des Umweltbundesamtes (UBA) waren bereits im Jahr 2009 ca. 2,14 Millionen Hektar Land in Deutschland versiegelt, dies entspricht 6,0 % des Bundesgebietes. Bei der Betrachtung der Daten wird deutlich, dass der 4-jahres-Durchschnitt für die tägliche Flächenneuanspruchnahme von 1997-2000 gegenüber 2006-2009 von 129 ha auf 94 ha gesunken ist, es ist also ein rückläufiger Trend zu erkennen. Hamburg liegt im nationalen Vergleich mit 1,0 % Flächenzuwachs im 4-Jahres-Zeitraum unter dem Durchschnitt von 1,8 %. Darunter liegt nur noch Berlin mit 0,8 %.

Die Siedlungs- und Verkehrsfläche teilte sich 2009 auf in 51,7 % Gebäude- und zugehörige Freiflächen, 37,7 % Verkehrsfläche, 8,2 % Erholungsfläche, 1,7 % Betriebsfläche ohne Abbauland und 0,8 % Friedhofsfläche. Trotz des rückläufigen Trends nimmt die Versiegelung in der Bundesrepublik zu, so dass der Versickerung von Niederschlagswasser ein stetig ansteigender Stellenwert zukommt. Die Ziele im Hinblick auf die Flächenversiegelung wurden so gesetzt, dass der Zuwachs der Siedlungs- und Verkehrsflächen bis zum Jahr 2020 auf 30 ha pro Tag reduziert werden soll. Bis 2050 soll die neue Inanspruchnahme von Flächen durch Flächenrecycling auf null reduziert werden. Die folgende Graphik (Abbildung 1) gibt einen Überblick über den Anstieg der versiegelten Flächen in Deutschland von 1993 bis 2009. Ebenfalls dargestellt sind die Nutzungsarten dieser versiegelten Flächen und die Ziele, die es bis 2020 zu erreichen gilt (UBA, 2011)

Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche



* Die Flächenerhebung beruht auf der Auswertung der Liegenschaftskataster der Länder. Aufgrund von Umstellungsarbeiten in den amtlichen Katastern (Umschlüsselung der Nutzungsarten im Zuge der Digitalisierung) ist die Darstellung der Flächenzunahme ab dem Jahr 2004 verzerrt.

Quelle: Statistisches Bundesamt 2010, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2009

Abbildung 1 - Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland; Quelle: Statistisches Bundesamt, 2010.

1.1.2. Einfluss befestigter Flächen auf Grundwasserneubildung und Hochwasserereignisse

Ohne versiegelte Flächen wird der Niederschlag dem natürlichen Wasserkreislauf nach einiger Zeit wieder zugeführt. Das Wasser trifft auf die verschiedenen Bodenoberflächen, wo je nach Art und Wassergehalt des Bodens mehr oder weniger Wasser aufgenommen wird und nach Durchlaufen der Bodenschichten schließlich auf das Grundwasser trifft. Es findet eine Grundwasserneubildung statt. Das Wasser, welches nicht vom Boden aufgenommen werden kann, sammelt sich in Mulden und kommt schließlich bei ausreichendem Gefälle zum Abfluss, welcher wenn überhaupt nur verzögert stattfindet. Es findet außerdem eine große Verdunstung des Wassers über die Pflanzen und den Boden (Evapotranspiration) statt.

Eine übermäßige Bodenversiegelung wirkt sich dagegen negativ auf den natürlichen Wasserhaushalt aus. Das Niederschlagswasser, welches nun auf befestigte Flächen trifft, kann dem Grundwasser nicht mehr zugeführt werden, da ein Durchdringen des Wassers durch zum Beispiel Asphalt nicht möglich ist. Das Niederschlagswasser fließt

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

demnach schneller und in größerer Menge ab und wird dem Kanalnetz zugeführt. Eine Bodenverdunstung findet nur in sehr geringem Maße statt. Zur Veranschaulichung wird dies in den Abbildungen 2 und 3 schematisch dargestellt.

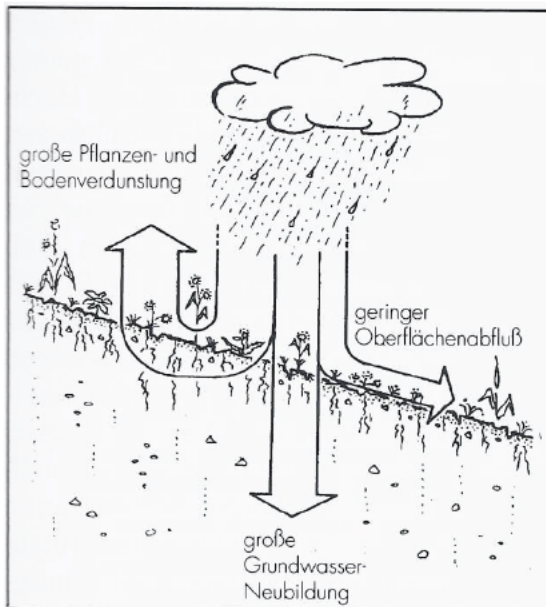


Abbildung 2 - Wasserhaushalt unbefestigter Flächen; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.

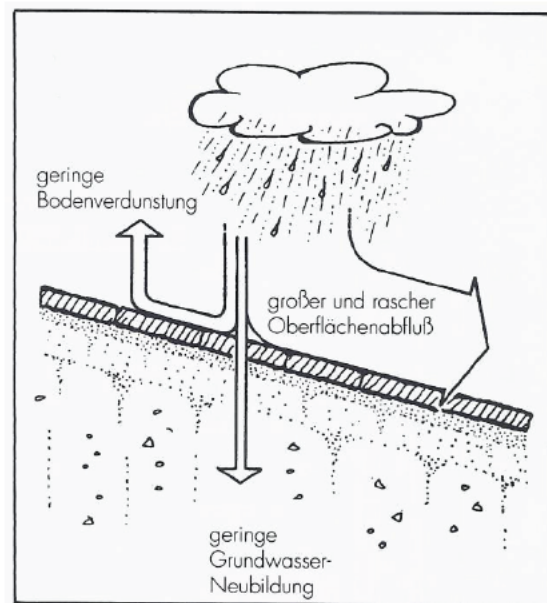


Abbildung 3 - Wasserhaushalt befestigter Flächen; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.

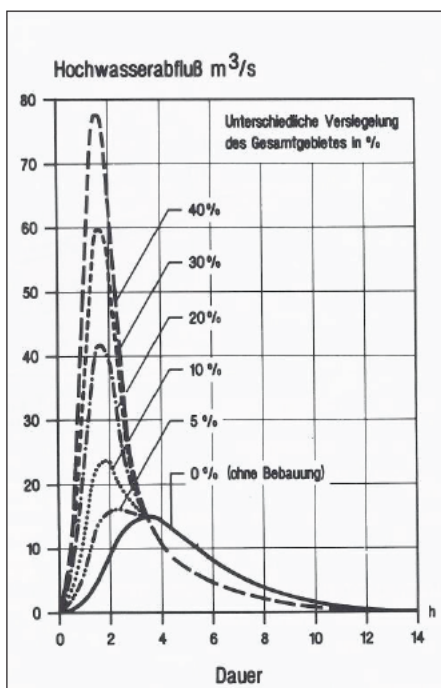


Abbildung 4 - Form und Größe von Hochwasserwellen in verschieden stark versiegelten Gebieten; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995

Auf unbefestigten und mit Vegetation bedeckten Flächen kommen etwa zwischen 0 % und 20 % des Niederschlagswassers zum Abfluss. Auf versiegelten Flächen (Asphalt-, Beton- oder Dachflächen) sind es zwischen 90 % und 100 %.

Abbildung 4 zeigt welche Auswirkung eine Zunahme der Versiegelung auf die Form und Größe von Hochwasserwellen hat. Es wird deutlich, dass der Hochwasserabfluss in nicht versiegelten Gebieten bei circa 15 m³/s liegt. Bereits bei 40 % versiegelter Fläche nimmt der Hochwasserabfluss mit knapp unter 80 m³/s um etwa das 5-fache zu. Durch die vermehrte Versiegelung werden sowohl die Kanalnetze, als auch die Gewässer, in welche der Nieder-

schlagsabfluss eingeleitet wird, verstärkt belastet. Die Gefahr eines Hochwassers wird beispielsweise durch Überlauf eben dieser Kanalnetze ebenfalls vergrößert (Geiger & Dreiseitl, 1995).

1.2. Rechtliche Grundlagen

Die wasserrechtlichen Grundlagen werden durch die Einführung der Richtlinie 2000/60/EG – EG-Wasserrahmenrichtlinie vom 23. Oktober 2000 – bestimmt, welche auf EU- Ebene zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik erlassen wurde. Auf Bundesebene wird diese im Wasserhaushaltsgesetz vom 31. Juli 2009 (WHG) umgesetzt. Die wasserrechtlichen Vorgaben für die Regenwasserversickerung ergeben sich aus bundes- und landesrechtlichen Regelungen. 2009 wurde die Rahmengesetzgebung im Wasserrecht abgeschafft und dieses wurde in die konkurrierende Gesetzgebung überführt. Diese Einschränkung der Länderkompetenz erfolgte mit dem Ziel der Schaffung eines neuen Umweltgesetzbuches, welches jedoch gescheitert ist. Als Ausgleich für die Beschränkung der Länderkompetenz haben die Länder nun eine Abweichungsmöglichkeit, weshalb in den einzelnen Bundesländern zum Teil voneinander abweichende Vorgaben für die Regenwasserversickerung gelten. Es wird sowohl das WHG als auch das Hamburgische Wassergesetz vom 29. März 2005 (HwaG) und das Hamburgische Abwassergesetz vom 24. Juli 2001 (HmbAbwG) betrachtet.



Abbildung 5 - Implementierung im deutschen Recht; Quelle: Eigene Darstellung.

Da durch das Versickern von Niederschlagswasser Schadstoffe in den Boden eingebracht werden können, gilt es auch das Bundes-Bodenschutzgesetz vom 17. März 1998 (BBodSchG) und die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BBodSchV) zu berücksichtigen.

1.2.1. Wasserrechtliche Grundlagen

Das WHG bildet auf Bundesebene die Grundlage der Gewässerpolitik. Das Grundwasser wird gemäß §3 Nummer 3 WHG definiert als unterirdisches Wasser in der Sättigungszone, das in unmittelbarer Berührung mit dem Boden oder dem Untergrund steht.

In diesem Gesetz sind die Bewirtschaftungsziele des Grundwassers bundesweit geregelt. Laut §47 WHG muss eine Verschlechterung des mengenmäßigen und chemischen Zustandes des Grundwassers vermieden werden. Hierzu sollen alle signifikanten und anhaltenden Trends anthropogen bedingter Schadstoffkonzentrationen umgekehrt werden, so dass das Ziel des guten chemischen und mengenmäßigen Zustands erreicht werden kann. Gerade der gute mengenmäßige Zustand setzt ein Gleichgewicht zwischen Grundwasserentnahme und Grundwasserneubildung voraus. Es gilt eine Reinhaltung des Grundwassers zu gewährleisten. So darf eine Erlaubnis für das Einleiten und Einbringen von Stoffen, zu denen auch Niederschlagswasser zählt, gemäß § 48 WHG nur dann erteilt werden, wenn eine nachteilige Veränderung der Wasserbeschaffenheit des Grundwassers nicht zu besorgen ist.

Laut §54 Absatz 1 Nummer 2 WHG wird Abwasser unter anderem definiert als Wasser, das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließt. Demnach gilt auch das Versickern von Abwasser als Abwasserbeseitigung.

Im § 55 Absatz 2 WHG steht weiter, dass das Niederschlagswasser möglichst ortsnah versickert, verrieselt oder direkt oder über eine Kanalisation eingeleitet werden soll, solange dem keine wasserrechtlichen Belange entgegenstehen. Hierbei muss eine Vermischung des Niederschlagswassers mit Schmutzwasser vermieden werden (WHG).

Wie in Abschnitt 1.2 bereits erwähnt gilt seit 2009 für das Wasserrecht die konkurrierende Gesetzgebung, d.h. dass die Länder dürfen nur die Bereiche des Wasserrechts

regeln, die der Bund nicht geregelt hat. Während der Bund vor 2009 nur die Rahmengesetzgebungskompetenz hatte, hat er nun eine stärkere Einflussmöglichkeit auf das ursprüngliche Landesrecht, das Bundesrecht bricht das Landesrecht. Als Entgegenkommen wurde den Ländern die Möglichkeit der Abweichung vom Bundesrecht eröffnet, welches juristisch kritisch zu betrachten ist, da es somit zu einem „Ping Pong Spiel“ kommen kann. In dem hier vorliegenden Fall wurde Grundlegendes zur Versickerung von Niederschlagswasser bereits im WHG beschrieben. Das HWaG weicht in Bezug auf die versickerungsrechtlichen Belange weder davon ab, noch ergänzt es dieses (HWaG).

Auch das HmbAbwG dient zur Umsetzung eines Teils des Wasserhaushaltsgesetzes auf Landesebene. § 9 Absatz 3 HmbAbwG konkretisiert den §55 WHG dahingehend, dass das Einleiten von Niederschlagswasser in das Regenwassersiel oder in das Mischwassersiel untersagt werden kann, wenn es entweder auf dem anschlusspflichtigem Grundstück selbst oder einer öffentlichen Grünfläche in den Untergrund versickern kann ohne das sich dadurch Abwassermisstände ergeben (HmbAbwG).

1.2.2. Bodenschutzrechtliche Grundlagen

Laut § 2 BBodSchG ist der Boden definiert als obere Schicht der Erdkruste, einschließlich der flüssigen und gasförmigen Bestandteile, jedoch ohne das Grundwasser und die Gewässerbetten.

Die BBodSchV stellt unter anderem in § 1 BBodSchV Anforderungen an die Gefahrenabwehr durch Dekontaminations- und Versickerungsmaßnahmen. Die BBodSchV stellt das untergesetzliche Regelwerk des BBodSchG dar. Laut § 3 Absatz 8 BBodSchV werden im Anhang 1 der BBodSchV die Anforderungen an die Untersuchungen von Sickerwasser bestimmt. Es werden Angaben zu Prüfwerten für die verschiedenen Wirkungspfade „Boden-Grundwasser“, „Boden-Nutzpflanze“ und „Boden-Mensch“ gemacht. Diese Prüfwerte bilden die Abgrenzung von unbelastetem zu verunreinigtem Grundwasser. Es werden die Methodik und Schadstoffe festgelegt, die zu untersuchen sind. Das BBodSchG bildet den Rahmen und regelt die Maßnahmen, die im Falle einer Nichteinhaltung der Grenzwerte eintreten (BMU, 2012) (BBodSchG) (BBodSchV).

2. Material und Methoden

2.1. Vorstellung des Vorhabens: Aktueller Zustand und Anforderungen an eine neue Versickerungsanlage

Das zu betrachtende Gebiet befindet sich im Bereich der Freien und Hansestadt Hamburg, im Bezirk Harburg, genauer im Stadtteil Hausbruch, östlich des Naturschutzgebiets Fischbeker Heide. Geprägt ist dieses Gebiet durch Einzel- und Reihenhausbauung mit Anlieger- und Sammelstraßen. Die Fläche des Versickerungsbeckens liegt innerhalb der Schutzgebietszone III des Wasserschutzgebietes Süderelbmarsch/ Harburger Berge und dient der Entwässerung des von den Straßen abfließenden Oberflächenwassers. Entsprechend sind wasserschutzrechtliche Belange zu berücksichtigen.

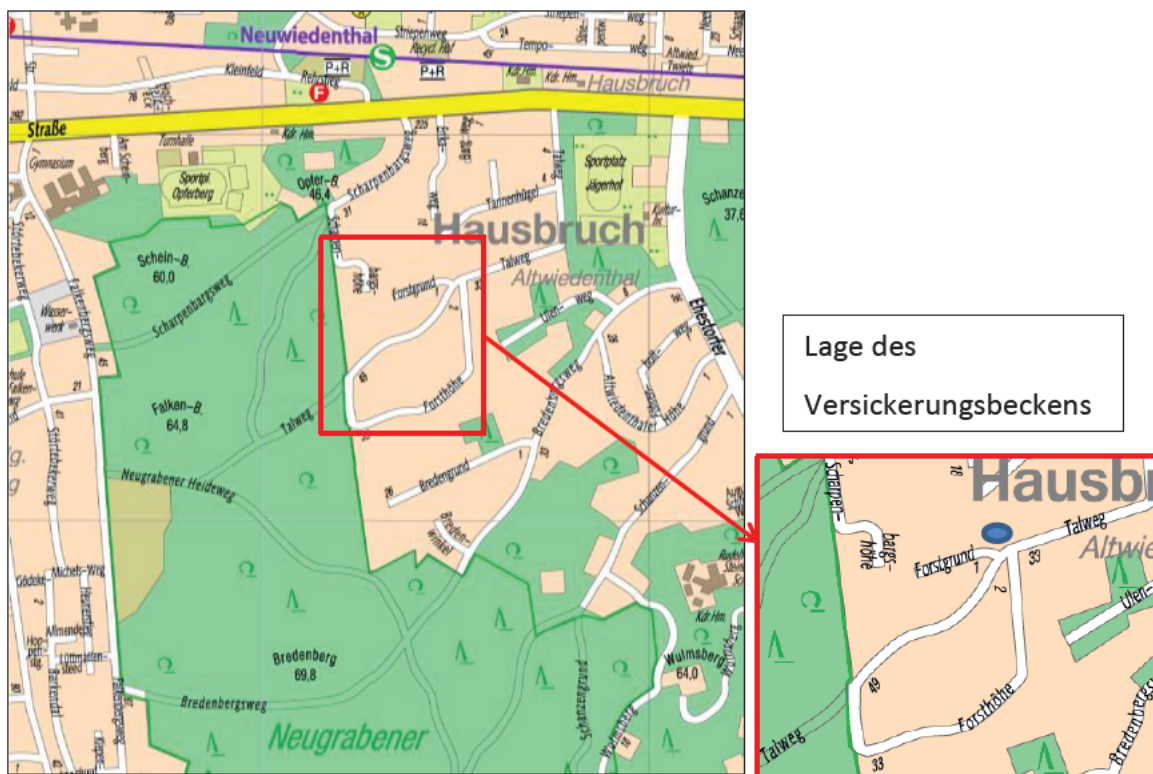


Abbildung 6 - Übersichtskarte: Lage des Versickerungsbeckens; Quelle: Stadtkarte Hamburg, 2008; Eigene Ergänzungen.



Abbildung 7 - Rinne, Ecke Forsthöhe/Forstgrund zum Versickerungsbecken;
Quelle: Eigenes Foto.

Im Zuge der erstmaligen endgültigen Herstellung der Straße Forsthöhe im Jahr 2004 ist bereits ein Versickerungsbecken gebaut worden, um die Entwässerung dieses Abschnittes gewährleisten zu können (siehe Anhang 1). Bereits im Jahr 2004 wurde festgelegt, dass das Versickerungsbecken in

einer zweiten Baustufe erweitert werden soll. Das derzeitige und zu überplanende Versickerungsbe-

cken befindet sich im Kreuzungsbereich der Straßen Forsthöhe, Talweg und Forstgrund und soll derzeit überplant werden. Die Konzeption und hydraulische Dimensionierung ist Gegenstand der vorliegenden Bachelorarbeit. Zurzeit fließt das Niederschlagswasser dem Becken über eine Rinne zu (siehe Abbildung 7). Diese führt über den Talweg direkt zum Versickerungsbecken, wo das Wasser sowohl über die Bodenschicht, als auch über die Böschung versickern kann. Boden und Böschungen sind mit Rasen bewachsen. Die Wartungs- und Reinigungsanforderungen entsprechen in diesem Falle demnach der üblichen Grünpflege.

Für die Überplanung des Versickerungsbeckens wurden vom Auftraggeber neue Anforderungen genannt. So soll das Versickerungsbecken im Dauerstau stehen, was bedeutet, dass dauerhaft zwischen 0,80 m und 1,00 m Wasser im Versickerungsbecken steht. Das Niederschlagswasser kann in diesem Fall nur über die Böschungsflächen versickern. Dies hat zur Folge, dass der Flächenbedarf sich maßgeblich erhöht. Um den Flächenbedarf für die endgültige Größe des Versickerungsbeckens zu ermitteln, findet eine Überprüfung der damaligen wassertechnischen Berechnungen statt. Für die Überplanung des Versickerungsbeckens sind weitere wassertechnische Berechnungen erforderlich. Der erste Schritt besteht darin, das Einzugsgebiet festzulegen und zu bestimmen, wohin der Oberflächenabfluss geleitet wird. Auf diesen Werten bauen die weiteren Berechnungen auf.

2.1.1. Einzugsgebiet

Die Teileinzugsgebietsflächen werden auf Grundlage der Deckenhöhenpläne der Straßenzüge Forsthöhe, Forstgrund, Talweg und Tannenhügel festgelegt (siehe Anhang 2 – 5).

Im Deckenhöhenplan sind unter anderem Angaben zu topographischen Höhen, zum Verlauf der Randeinfassung, zur Breite der einzelnen Verkehrsflächen und zum Neigungsverhältnis zu finden. Auf Grund dieser Angaben, kann sowohl auf die Fließrichtung des Niederschlagswassers, als auch auf die Größe der einzelnen Teileinzugsgebiete geschlossen werden. Aus den Deckenhöhenplänen ist somit ein Einzugsgebietsplan entstanden (siehe Anhang 6). Die relevanten Bereiche, also die Einzugsgebiete dessen Niederschlagsabfluss letztendlich im Versickerungsbecken ankommt, sind auf dem Einzugsgebietsplan in fliederfarbener Schraffur dargestellt. Da nicht das gesamte Niederschlagswasser in diesem Gebiet in Richtung des Versickerungsbeckens fließt, wurden während der ersten Baustufe zusätzlich zu dem Versickerungsbecken fünf Versickerungsmulden und zwei Versickerungsschächte DN 1500 eingeplant um die Entwässerung des kompletten Gebietes zu gewährleisten. Diese sind ebenfalls auf dem Einzugsgebietsplan im Anhang 6 dargestellt.

Es wurden insgesamt 24 verschiedene Teileinzugsgebiete festgelegt, wovon neun den Niederschlagsabfluss direkt zum Versickerungsbecken leiten. Die folgende Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die einzelnen Teileinzugsgebiete, ihre Befestigungsart sowie wohin der Abfluss dieser Fläche gelangt:

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

Tabelle 1 - Übersicht über die Teileinzugsgebiete; Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Bezeichnung	Befestigungsart	Abfluss nach
1	1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerbecken
2	1.2	Straße; Asphalt	Sickerbecken
3	1.3	Lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	Sickerbecken
4	1.4	Gehweg; Asphalt	Sickerbecken
5	2.1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Versickerungsmulde 1
6	2.2	Böschung, Grün	Böschung, Grün
7	2.3	Böschung, Grün	Böschung, Grün
8	3	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Versickerungsmulde 2
9	4.1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Versickerungsmulde 3
10	4.2	Böschung, Grün	Versickerungsmulde 3
11	5.1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Versickerungsmulde 4
12	5.2	Böschung, Grün	Versickerungsmulde 4
13	6.1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Versickerungsmulde 5
14	6.2	Böschung, Grün	Versickerungsmulde 5
15	7.1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerschacht
16	7.2	Straße; Asphalt	Sickerschacht
17	7.3	Gehweg; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerschacht
18	7.4	Rinne; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerschacht
19	8.1	Straße; Asphalt	Sickerbecken
20	8.2	Rinne; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerbecken
21	8.3	Gehweg; Pflaster mit dichten Fugen	Sickerbecken
22	9	Straße; Asphalt	Sickerbecken
23	10	Straße; Asphalt	Sickerbecken
24	11	Böschung, Grün	Sickerbecken

2.1.2. Entwässerung von Straßen

Es sollte grundsätzlich das Ziel einer umweltgerechten Entwässerung von Straßen sein, einen möglichst hohen Anteil des Straßenoberflächenwassers dem natürlichen Was-

serkreislauf durch Versickerung und Verdunstung wieder zuzuführen. Um den Grundwasserschutz gewährleisten zu können muss jedoch gerade bei der Entwässerung von Verkehrsflächen auf den Verschmutzungsgrad in Abhängigkeit von der Verkehrsbelastung geachtet werden, da diese unter anderem Schwermetalle, Fahrbahn- und Reifenabrieb beinhalten können. Laut DWA-A 138 hat sich für die Bewertung der Belastung des Grundwassers durch Straßen die tägliche Verkehrsdichte (DTV) als ausreichend repräsentativ herausgestellt. Zur Klassifizierung werden drei Gruppen unterschieden:

- Geringe Verkehrsstärke → DTV 300 bis 5.000 Kfz
- Mittlere Verkehrsstärke → DTV 5000 bis 15.000 Kfz
- Hohe Verkehrsstärke → DTV > 15.000 Kfz. (DWA-A 138).

In Hamburg wird regelmäßig eine DTV-Karte erstellt, welche auf Verkehrszählungen basiert und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird. Die aktuellsten Werte stammen aus dem Jahr 2009. Anhand der Werte von 30 Dauerzählstellen und 300 Zählstellen, an denen der fließende Kfz-Verkehr stichprobenartig an repräsentativen Tagen erhoben wird, wird so eine Karte für das gesamte Stadtgebiet erstellt.



Abbildung 8 - Ausschnitt DTV-Karte Hamburg von 2009; Quelle: Stadt Hamburg 1, Eigene Ergänzungen, 2012.

Diese Zählstellen sind auf das gesamte Stadtgebiet verteilt. Auf dem Ausschnitt der Karte (Abbildung 8) lässt sich erkennen, dass zu dem für diese Arbeit relevanten Gebiet, in der Karte gekennzeichnet durch die rote Umrandung, keine DTV-Klassifizierung vorliegt (Stadt Hamburg 1, 2012).



Abbildung 9 - Einblick in die Straße Forstgrund; Quelle: Eigenes Foto, 2012.

Das Gebiet befindet sich, wie weiter vorne bereits erwähnt, in Einfamilienhauslage in Hamburg-Harburg. Die Straßen Talweg, Forsthöhe und Forstgrund sind ruhige An-

Das Gebiet befindet sich, wie weiter vorne bereits erwähnt, in Einfamilienhauslage in Hamburg-Harburg. Die Straßen Talweg, Forsthöhe und Forstgrund sind ruhige An-

wohnerstraßen ohne Verbindungsfunktion, wobei davon auszugehen ist, dass diese auch nur als solche genutzt werden. In der Abbildung 9 ist deutlich zu erkennen, dass die Straßen nicht für hohe Verkehrsdichten ausgelegt sind. Auf dieser Grundlage wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei um Straßenzüge handelt, die in die Klasse „geringe Verkehrsstärke“ (< 5000 Kfz) eingestuft werden können.

Als unbedenklich kann nach DWA-A 138 lediglich der Niederschlagsabfluss von folgenden Flächen eingestuft werden:

- Nichtmetallische Dachflächen in Wohngebieten und vergleichbaren Gewerbegebieten
- Terrassenflächen in Wohngebieten.

Der Abfluss von Verkehrsflächen kann ebenfalls laut DWA-A 138 bestenfalls als tolerierbar eingestuft werden.

Aufgrund der oben aufgeführten Argumente wird der Abfluss im Falle dieses Einzugsgebiets als tolerierbar eingestuft. Dies bedeutet, dass der Niederschlagsabfluss nach geeigneter Vorreinigung versickert werden kann. Dabei kann eine Versickerung durch einen bewachsenen Boden ausreichend sein, dies hängt von der Aufenthaltszeit des Niederschlagsabflusses im Boden ab. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit lässt sich sagen, dass eine Versickerung ohne weitere Vorbehandlung möglich ist (DWA-A 138,2005).

2.1.3. Wasserschutzgebiet

Die geplante Versickerungsfläche befindet sich in der Schutzzone III des Wasserschutzgebiets Süderelbmarsch / Harburger Berge.

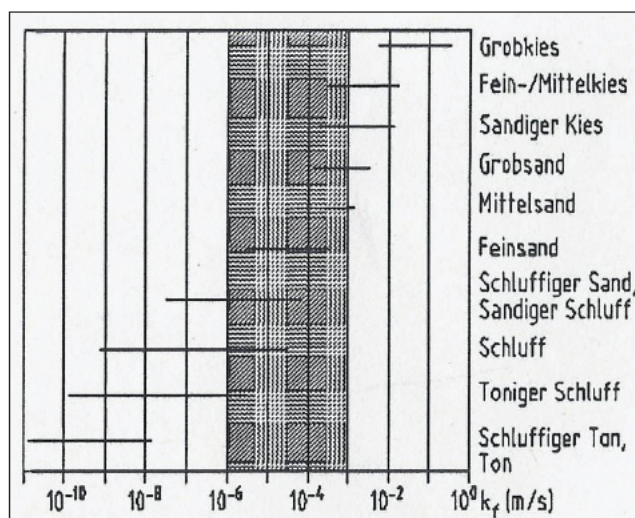
In Hamburg wurden seit 1990 fünf Wasserschutzgebiete durch den Senat festgelegt, die hauptsächlich der Trinkwassergewinnung dienen. Sie wurden ausgewiesen, um das Grundwasser besonders zu schützen. Unterteilt werden die Wasserschutzgebiete in die Zonen I, II und III. Dabei schützt die Zone I den Brunnen im Umkreis von 10 Metern, welcher durch einen Zaun abgetrennt ist und nur von befugten Personen betreten werden darf. Die Zone II umfasst das Gebiet in dem die Fließzeit des Wassers zum

Brunnen mindestens 50 Tage beträgt, wobei die Grenze wenigstens 100 Meter Abstand vom Brunnen haben soll. Diese Zone dient zum Schutz vor Verunreinigungen, die von menschlichen Tätigkeiten ausgehen. Die Zone III ist in Hamburg als Stadtstaat beschränkt auf das Grundwassereinzugsgebiet das weniger als 2 Kilometer vom Brunnen entfernt ist. Sie soll vor schwer abbaubaren chemischen Verunreinigungen schützen (Stadt Hamburg 2, 2012).

Auch für die Versickerung von Niederschlagsabflüssen gelten in Wasserschutzgebieten besondere Anforderungen. Sowohl in der Zone I als auch in der Zone II ist die Versickerung von Niederschlagsabflüssen von befestigten Flächen nicht erlaubt. In der Schutzzone III ist eine Versickerung von Niederschlagsabflüssen befestigter Flächen über bewachsenen Oberboden grundsätzlich zulässig, wobei es den Verschmutzungsgrad des Niederschlagsabflusses zu berücksichtigen gilt (RiStWag, 2002).

2.1.4. Sickerfähigkeit verschiedener Bodenarten

Nach DIN 4047 „Landwirtschaftlicher Wasserbau“ von 2008 wird der Boden definiert als Pedosphäre, welche den gesättigten und ungesättigten Untergrund umfasst. Im ungesättigten Zustand kann man den Boden in drei Phasen aufteilen: feste Partikel, Bodenwasser und Bodenluft. Im gesättigten Zustand sind alle Poren mit Wasser gefüllt. Die Versickerungsrate, also wie viel Wasser ins Grundwasser durchsickert, hängt dabei von der Bodenart und der Struktur des Bodens ab. Dabei meint die Bodenart die Korngrößenverteilung und die Struktur des Bodens das Bodengefüge.



Diese Einflüsse der Boden- und Flüssigkeitseigenschaften auf die Filtergeschwindigkeit werden im sogenannten Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) zusammengefasst. Im wassergesättigten Boden ist dieser am größten, da alle Poren an der Wasserbewegung beteiligt sind (Geiger & Dreiseitl, 1995). Abbil-

Abbildung 10 - Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen; Quelle: DWA-A 138, 2005.

Abbildung 10 gibt eine Übersicht über verschiedene Bodenschichten mit den dazugehörigen k_f -Werten in Metern pro Sekunde.

Der relevante Versickerungsbereich ist in der Graphik grau hinterlegt, durch die waagerechten Striche wird jeweils der k_f -Wert der verschiedenen Bodenarten dargestellt. Es ist erkennbar, dass der optimale Durchlässigkeitsbeiwert zwischen 10^{-3} m/s und 10^{-6} m/s liegt, damit eine Versickerung des Niederschlagswassers ohne Vorreinigung sinnvoll ist. Am besten geeignet ist demnach Feinsand, doch auch Mittelsand, Grobsand, sandiger Kies, Fein- bis Mittelkies, Schluff, schluffiger Sand und sandiger Schluff sind teilweise geeignet. Gänzlich ungeeignet sind lediglich schluffiger Ton, Ton, toniger Schluff und Grobkies (DWA-A 138, 2005).

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass Böden mit einem großen Durchlässigkeitsbeiwert ($k_f > 1 \times 10^{-3}$), wie zum Beispiel Kies, zwar für eine Versickerung geeignet sind, eine natürliche Reinigung durch verschiedene Bodenfilter auf Grund der geringen Verweildauer des Wassers jedoch nicht gewährleistet ist. In solchen Fällen muss meist eine Vorreinigung vorgenommen werden. Ist der Durchlässigkeitsbeiwert sehr klein ($k_f < 1 \times 10^{-6}$), wie zum Beispiel bei stark schluffigen Böden sind diese zwar ökologisch unbedenklich, eignen sich jedoch auf Grund ihrer stauenden Wirkung nicht für die Versickerung. Es gilt je geringer der Durchlässigkeitsbeiwert k_f ist, desto größer wird die erforderliche Sickerfläche A_S (Stadt Hamburg, 2006).

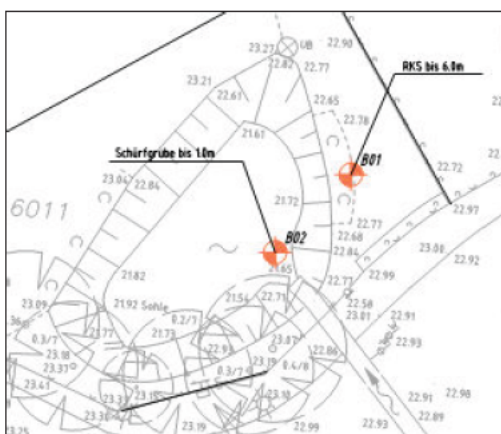


Abbildung 11 - Übersichtskarte über die Probenahmeorte im Jahr 2006, Quelle: Laboratorium Dr. Mauch-Gläser, 2006; Darstellung: Eigene.

Um den k_f -Wert für die Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg bestimmen zu können werden vorhandene Bodenproben aus dem Jahr 2006 ausgewertet. Damals wurden auf der Fläche des geplanten Versickerungsbeckens sowohl eine Rammkernsondierung (RKS) bis sechs Meter Tiefe als auch eine Schürfgrube bis einen Meter Tiefe ausgeho-

ben und der k_f -Wert der verschiedenen Schichten bestimmt. Die Abbildung 11 gibt einen Überblick über die Probenahmepunkte. Beide liegen im Bereich der ersten Aus-

baustufe des Versickerungsbeckens. Da es sich bei der Erweiterung des Versickerungsbeckens um eine kleine Fläche handelt wird davon ausgegangen, dass diese Daten repräsentativ für das gesamte Gebiet des überplanten Versickerungsbeckens stehen. Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Bodenschichten und den zugehörigen k_f -Wert:

Tabelle 2 - Ergebnis des Bodengutachtens vom 14.12.2006; Quelle: Laboratorium Dr. Mauch-Gläser, 2006.

Tiefe ab Geländeoberkante [m]	Benennung der Bodenart und Beimengungen	k_f -Wert [m/s] bzw. Versickerungsbereich
0,50	Mittelsand, stark humos, feinsandig, Wurzelreste, dunkelbraun	-
0,85	Mittelsand, feinsandig, sehr schwach grobsandig, sehr schwach schluffig, beigebraun	$1,66 \times 10^{-4}$
1,35	Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, braunbeige	$> 1,84 \times 10^{-5}$
1,80	Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, schwach grobsandig, braunbeige	$> 3,05 \times 10^{-5}$
2,40	Mittelsand, schwach feinsandig, vereinzelt lehmige Lagen, beige	$1,82 \times 10^{-4}$
3,50	Mittelsand, grobsandig, schwach feinsandig, beige	$4,35 \times 10^{-4}$
4,40	Grobsand, mittelsandig, sehr schwach feinkiesig, beige	-
5,20	Grobsand, schwach feinkiesig, sehr schwach mittelsandig, sehr schwach mittelkiesig, braunbeige	-
6,00	Mittelsand, schwach feinsandig, hellgrau	-

Orientiert wird sich hierbei am kleinsten k_f -Wert, das heißt dem Wert, der die geringste Bodendurchlässigkeit angibt. Im Falle dieser Probenahme ist der k_f -Wert also ungefähr $3 \times 10^{-5} \text{ m/s}$. Es wird davon ausgegangen, dass der Wert aus dem Jahr 2006 noch aktuell ist. Dieser Wert liegt im optimalen Versickerungsbereich, so dass eine Versickerung an der ausgewählten Fläche problemlos möglich ist.

2.1.5. Mögliche Belastungen der Niederschlagsabflüsse

Niederschlagswasser kann je nach Ort des Fallens und Aufkommens auf dem Boden unterschiedliche Verunreinigungen aus der Luft oder von der Oberfläche aufnehmen.

Für die Schadstoffanreicherung in der Luft ist das Verkehrsaufkommen in einem Gebiet der ausschlaggebende Faktor. So gilt, dass je höher das Verkehrsaufkommen ist, desto höher ist auch die Verschmutzung der Luft durch beispielsweise Abgase. Laut DWA-M 153 weisen auch Siedlungsgebiete mit regelmäßigem Hausbrand (Holz, Kohle) und Gebiete im Einflussbereich von Gewerbe und Industrie mit Staubemission durch Produktion, Bearbeitung, Lagerung und Transport eine starke Luftverschmutzung auf.

Besonders bedenkliche Oberflächen stellen Plätze mit häufigem Fahrzeugwechsel, sowie mit starker Verschmutzung durch Landwirtschaft oder ähnlichem dar. Auch sehr stark befahrene Straßen mit einer DTV von > 15.000 Kfz, wie beispielsweise Hauptverkehrsstraßen mit überregionaler Bedeutung oder Autobahnen, stark befahrene LKW-Zufahrten in Gewerbe- oder Industriegebieten und LKW Park- und Stellplätze sind von einer starken Flächenverschmutzung geprägt.

Wird Niederschlagswasser aus solchen Gebieten unbehandelt in Flüsse oder Seen eingeleitet, oder versickert dieses ohne Vorbehandlung, können sich beispielsweise Schwermetalle oder organische Stoffe im Grundwasser anreichern, was unter anderem eine Gefahr für Menschen, Tiere und Pflanzen darstellt (DWA-M 153, 2007).

Die folgende Tabelle 3 gibt einen Überblick über Stoffe, die sich auf Grund vom Verkehrsaufkommen im Straßenabfluss anreichern können:

Tabelle 3 - Stoffquelle und Stoffe vom Kraftfahrzeugverkehr; Quelle: RiStWag, 2002.

Stoffquelle	Stoffe
Abgase	Stickstoffoxide (NOx), Kohlenstoffoxide (COx), Ruß [Kohlenstoff, Bleib, Schwefel, Chlor, Magnesium, Natrium, Kupfer, Zink], Kohlenwasserstoffe (KW), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Phenole, Polychlorierte Dibenzodioxine (PCDD) und Dibenzofurane (PCDF)
Abrieb von Fahrbahnbelägen	Silicium, Calcium, Magnesium, Chrom, Nickel, Bitumen
Abrieb von Fahrzeugreifen	Kohlenstoff, Zink, Schwefel, Chlor, Eisen, Calcium, Silicium, Natrium, Magnesium, Kupfer, Blei, Cadmium
Abrieb von Bremsbelägen	Kohlenstoff, Eisen, Magnesium, Barium, Silicium, Schwefel, Titan, Chrom, Vanadium, Nickel, Kupfer, Zink
Stoffe von Katalysatoren	Platin, Rhodium, Palladium
Tropfverluste	Öle, Kraftstoffe, Bremsflüssigkeit, Frostschutzmittel, Fette, Unterbodenschutz, Wasch- und Konservierungsstoffe
Verdampfungsverluste	Kohlenwasserstoffe
Korrosionsprodukte	Eisen, Cadmium, Zink, Kupfer

Wie in Abschnitt 2.1.2 bereits erwähnt ist die Schadstoffbelastung in Bezug auf die Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg als tolerierbar einzustufen, da der Niederschlagsabfluss von Verkehrsflächen stammt, welche als gering befahren eingestuft werden kann. Eine Versickerung ist auf Grund dessen über den bewachsenen Oberboden ohne weitere Vorreinigung möglich. Der *k_f*-Wert von 3×10^{-5} m/s stellt eine ausreichende Verweildauer des Niederschlagsabflusses dar.

2.1.5.1. Mechanische und physiko-chemische Reinigung

Im natürlichen Wasserkreislauf erfüllt der Sickerraum eine wirksame und dauerhafte Schutzfunktion für das darunter befindliche Grundwasser, welche durch physikalische, chemische und biologische Rückhalte- und Umwandlungsprozesse wesentlich beeinflusst wird.

Der Boden ist sowohl ein Oberflächen- als auch ein Tiefenfilter. Werden die Partikel an der Oberfläche festgehalten und dringen nicht weiter in den Boden ein, so spricht man von einem Oberflächenfilter. Durch die Anhäufung der Partikel entsteht ein sogenannter Filterkuchen, der die Durchlässigkeit des Bodens mit der Zeit verringert. Bei Aus-

trocknung des Filterkuchens treten häufig Trockenrisse auf, durch die das Niederschlagswasser problemlos versickern kann. Dies soll vermieden werden, da die Reinigungsleistung des Bodens durch die daraus resultierende kürzere Verweildauer des Sickerwassers dementsprechend nachlässt. Es ist deshalb darauf zu achten, dass der Filterkuchen rechtzeitig entfernt wird. Das Problem der Filterkuchenbildung tritt meist in Sickerbecken auf und eher selten in natürlichen Böden, da die Partikel hier von der Bodenfauna und den Mikroorganismen verarbeitet werden.

Bei Eindringen des Sickerwassers in den Boden werden die Schmutz- und Schadstoffe durch das Porensystem des Bodens zurückgehalten. Hierbei spricht man vom sogenannten Tiefenfilter. Besonders effizient sind hierfür sandige bis sandig-schluffige Böden, da der Porendurchmesser hier am günstigsten ist.

Für die Reinigung des Niederschlagswassers von Beispielsweise Polycyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) und Schwermetallen ist sandig bis sandig-schluffiger Boden jedoch nur bedingt geeignet. Diese Stoffe werden überwiegend von Ton und Humusstoffen adsorbiert und chemisch gefällt. Organische Schadstoffe können sich auf Grund des hohen Dampfdruckes aus dem Boden verflüchtigen. Im Bodenwasser gelöste Schadstoffe werden überwiegend von Pflanzen aufgenommen und so dem Boden entzogen (Geiger & Dreiseitl, 1995) (DWA-A 138, 2005). In Abbildung 12 werden die oben beschriebenen Vorgänge zur Verdeutlichung noch einmal schematisch dargestellt.

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

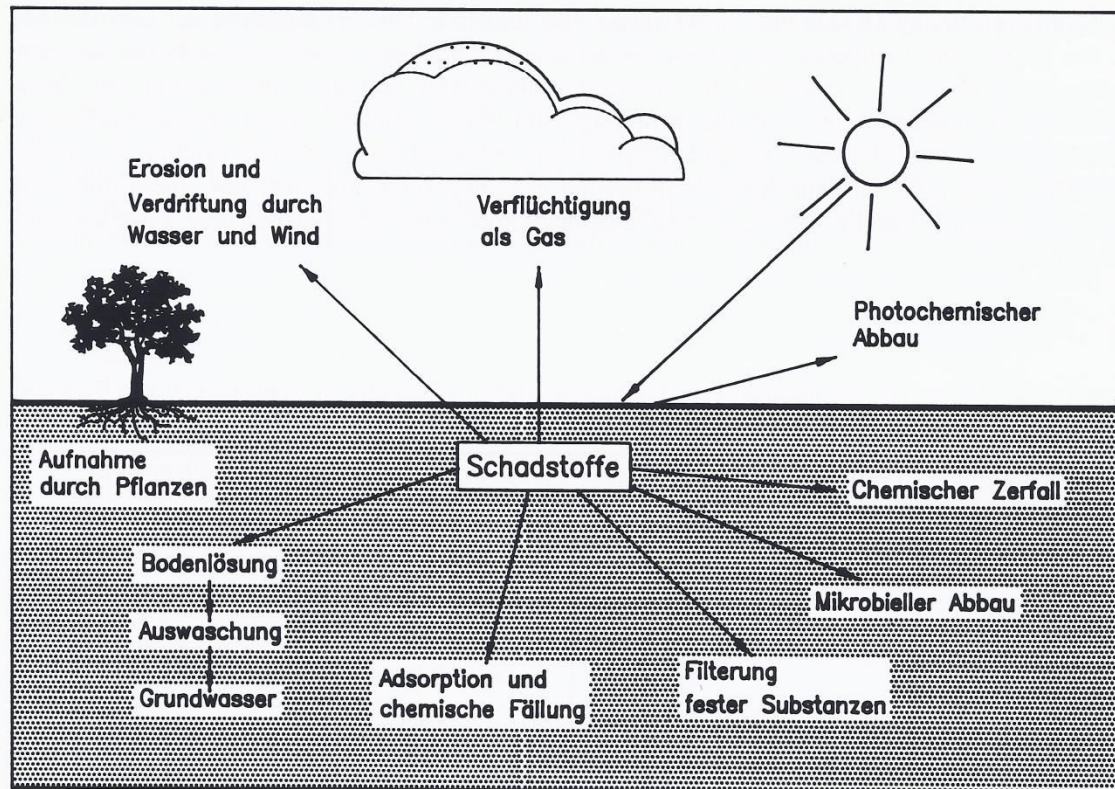


Abbildung 12- Verhalten von Schadstoffen im Boden; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.

2.2. Versickerungsverfahren

Im Zuge der erstmalig endgültigen Herstellung der Straße Forsthöhe wurde zur Entwässerung des Einzugsgebietes auf verschiedene Versickerungsverfahren zurückgegriffen. Um die Entwässerung des gesamten Einzugsgebietes zu sichern wurden neben dem Versickerungsbecken fünf Versickerungsmulden und zwei Versickerungsschächte DN 1500 gebaut. Im Folgenden werden die Mulden-, Schacht-, Flächen- und Beckenversickerung allgemein erläutert, sowie Unterschiede der Verfahren aufgezeigt.

2.2.1. Schachtversickerung

Bei der Schachtversickerung wird das Niederschlagswasser unterirdisch in einen Schacht geleitet, dort zwischengespeichert und kann langsam versickern. Es werden im Wesentlichen zwei Typen von Schächten unterschieden, Typ A und Typ B.

Beim Schachttyp A (Abbildung 13) kann das Wasser sowohl über die Filterschicht als auch über seitliche Durchtrittsöffnungen oberhalb der Filterschicht versickern. Hierbei ist es notwendig einen sogenannten Filtersack in den Schacht einzuhängen, welchen das Niederschlagswasser vor dem Versickern passiert. Dieser sorgt dafür, dass absetzbare und abfiltrierbare Schadstoffe zurückgehalten werden. Der Filtersack muss bei Bedarf ausgebaut und gereinigt oder erneuert werden.

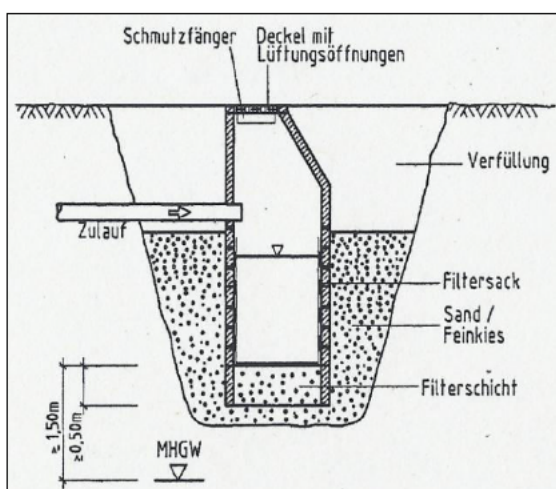


Abbildung 13 - Versickerungsschacht Typ A; Quelle: DWA-A 138, 2005.

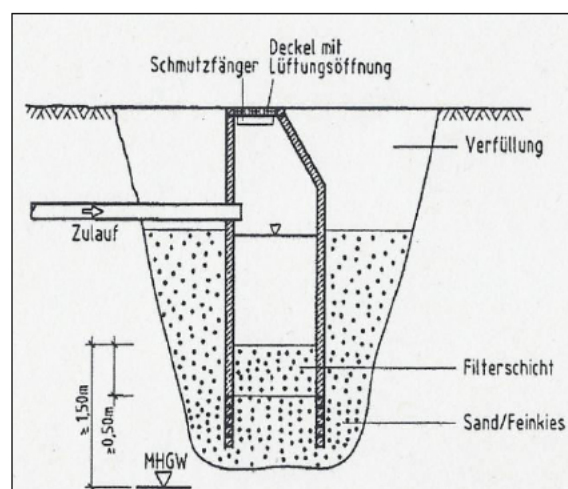


Abbildung 14 - Versickerungsschacht Typ B; Quelle: DWA-A 138, 2005.

Beim Schachttyp B (Abbildung 14) hingegen liegen die Austrittsöffnungen unter der Filterschicht, dies bedeutet, dass kein zusätzlicher Filtersack benötigt wird. Hier versicker

ckert das Niederschlagswasser ausschließlich über die Filterschicht im Sohlbereich. Absetzbare und abfiltrierbare Schadstoffe werden an der Oberfläche zurückgehalten. Aus diesem Grund muss die Filterschicht bei Bedarf abgeschält und ersetzt werden.

Allgemein gilt, dass ein Mindestdurchmesser von DN 1000 nicht unterschritten werden darf. Auch ein Mindestabstand von 1,5 Metern zwischen Oberkante der Filterschicht und dem mittlerem höchstem Grundwasserstand muss gewährleistet sein.

Ein großer Vorteil dieses Versickerungsverfahrens besteht darin, dass nur ein geringer Flächenbedarf besteht, so dass eine Nutzungsbeschränkung des Grundstückes meist aus bleibt. Dieses Verfahren kann auch bei undurchlässigen Oberflächenschichten angewendet werden, was ein weiterer Vorteil ist. Dem gegenüber stehen die schlechten Wartungs- und Kontrollmöglichkeiten, sowie die geringe Reinigungsleistung. So sollte das Niederschlagswasser möglichst frei von Schwebstoffen sein (Geiger & Dreiseitl, 1995) (DWA-A 138, 2005).

2.2.2. Muldenversickerung

Versickerungsmulden sind in der Regel flache, mit Gras bewachsene Bodenvertiefungen, in denen das Niederschlagswasser zurückgehalten und kurzfristig zwischengespeichert werden kann. Ein Dauerstau, das heißt ein dauerhafter Wasserstand in der Mulde, sollte vermieden werden, da die Gefahr der Verschlickung und somit auch Verdichtung

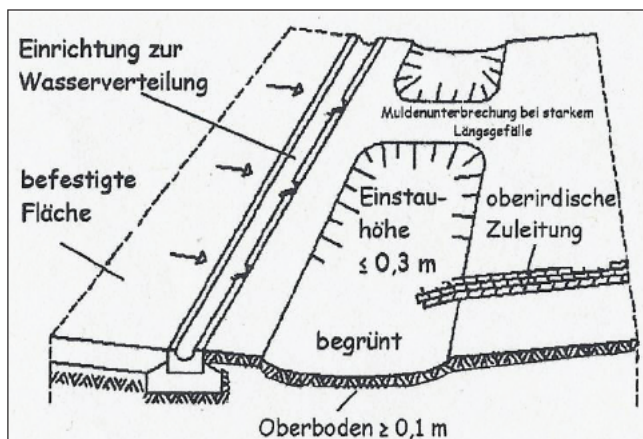


Abbildung 15 - Versickerungsmulde; Quelle: DWA-A 138, 2005.

der Oberfläche entsteht, wodurch das Versickerungsvermögen abnimmt. In Siedlungsgebieten sollte aus diesem Grund eine maximale Einstauhöhe von 0,30 m nicht überschritten werden.

Die Beschickung der Versickerungsmulden sollte möglichst oberirdisch durch offene Zuleitungsrinnen erfolgen, was im Allgemeinen direkt von den befestigten Flächen geschieht. Hierbei muss auf eine gleichmäßige Verteilung des Abflusses auf die Versicke-

rungrummulden geachtet werden. Große oder lange Mulden sollten vor allem bei vorhandenem Geländegefälle durch Bodenschwellen unterbrochen werden.

Durch die belebte Bodenschicht, die sich in Versickerungsmulden zumeist findet, ist die Reinigungsleistung sehr hoch, was einen klaren Vorteil gegenüber anderen Versickerungsverfahren (z.B. Schachtversickerung) darstellt. Weitere Vorteile sind, dass die Muldenversickerung perfekt in die Freiflächengestaltung integrierbar, diese Methode sehr kostengünstig und der Flächenbedarf im Gegensatz zur Flächenversickerung sehr gering ist.

Trotzdem kommt die Muldenversickerung in der Regel nur dann zur Anwendung, wenn die verfügbare Versickerungsfläche oder die Durchlässigkeit des Untergrundes für eine Flächenversickerung nicht ausreicht (Kaiser, 2004) (DWA-A 138, 2005).

2.2.3. Flächenversickerung

Die Flächenversickerung ist die Versickerungsart, die der natürlichen Versickerung am nächsten kommt. Die Versickerung erfolgt in der Regel über eine bewachsene Oberfläche, zumeist sind dies Rasenflächen oder nicht bewachsene Randstreifen von zum Beispiel Terrassen. Hierbei sollte auf eine möglichst gleichmäßige Verteilung des Niederschlagswassers auf die gesamte Fläche geachtet werden.

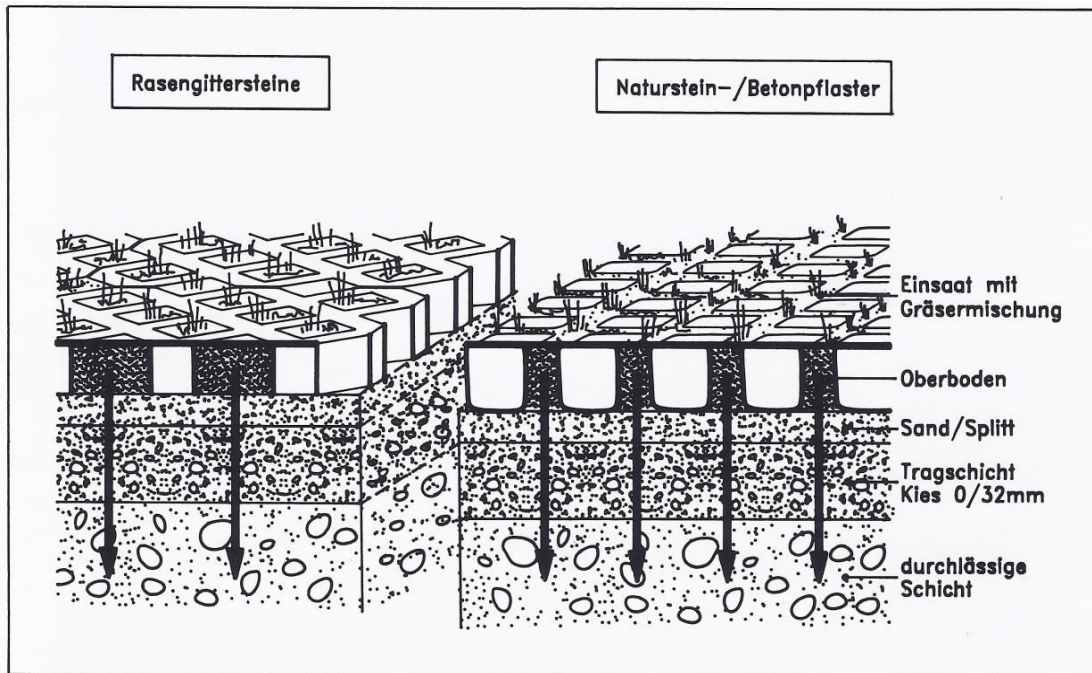


Abbildung 16 - Flächenversickerung (Schnitt) - Funktionsprinzip wasserdurchlässiger Belege; Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.

Eine weitere Möglichkeit der Flächenversickerung bietet die Versickerung von Niederschlagswasser über teildurchlässig befestigte Flächen. Dies kann durch großformatige Fugen oder wasserdurchlässig gestaltetes Befestigungsmaterial, wie zum Beispiel Rasengittersteine, erreicht werden. Diese Möglichkeit wird in Abbildung 16 schematisch dargestellt.

Laut des Arbeitsblattes DWA-A 138 werden diese Anlagen jedoch nicht mehr als Anlagen der Flächenversickerung angesehen, da sie hinsichtlich ihrer Versickerungsleistung einem Alterungsprozess unterliegen. Trotzdem sind sie auf Grund einer guten Regenwasserbewirtschaftung zu begrüßen.

Vorteile der Flächenversickerung liegen in ihrer guten Reinigungswirkung und ihrer guten Wartungsmöglichkeiten. Hierfür, genauso wie für den Bau einer Flächenversickerungsanlage, ist ein geringer technischer Aufwand erforderlich.

Die größten Nachteile bestehen darin, dass ein hoher Flächenbedarf bei geringer Speicherkapazität besteht (DWA-A 138, 2005) (Geiger & Dreiseitl, 1995).

2.2.4. Beckenversickerung

Die Beckenversickerung ist eine Form der Flächenversickerung, genauer eine flächenförmige Versickerung über die belebte Bodenschicht in einem humusierten Becken. Die Infiltration erfolgt hierbei entweder über feinkörnige Deckschichten, was eine zusätzliche Filterwirkung mit sich bringt, oder direkt in die sickerfähige Schicht. Dabei können Sickerbecken auch als Nassbecken mit Dauerstau ausgeführt werden. In diesem Fall wird das Becken nach unten abgedichtet und die Versickerung erfolgt über die Böschungen (Geiger & Dreiseitl, 1995).

Um die Versickerung des Niederschlagswassers jederzeit zu gewährleisten sollte eine regelmäßige Reinigung und Kontrolle stattfinden. Eventuell ist die Entfernung von dichtenden Bodenauflagen und Schlammschichten erforderlich.

Auf Grund der Versickerung über die belebte Bodenschicht ist die biologische Reinigungsleistung bei diesem Versickerungsverfahren sehr groß, an die Wasserqualität werden geringe Anforderungen gestellt, was einen großen Vorteil bietet. Auch das gute Retentionsvermögen, die guten Wartungsmöglichkeiten und die Integrierbarkeit des Beckens in die Landschaft sind weitere Vorteile.

Ein Nachteil ist auch hier, ähnlich wie bei der Flächenversickerung der große Platzbedarf. Bei unsachgemäßer Wartung kann es außerdem zu einer Selbstdichtung der Sohle kommen (DWA-A 138, 2005) (Geiger & Dreiseitl, 1995).

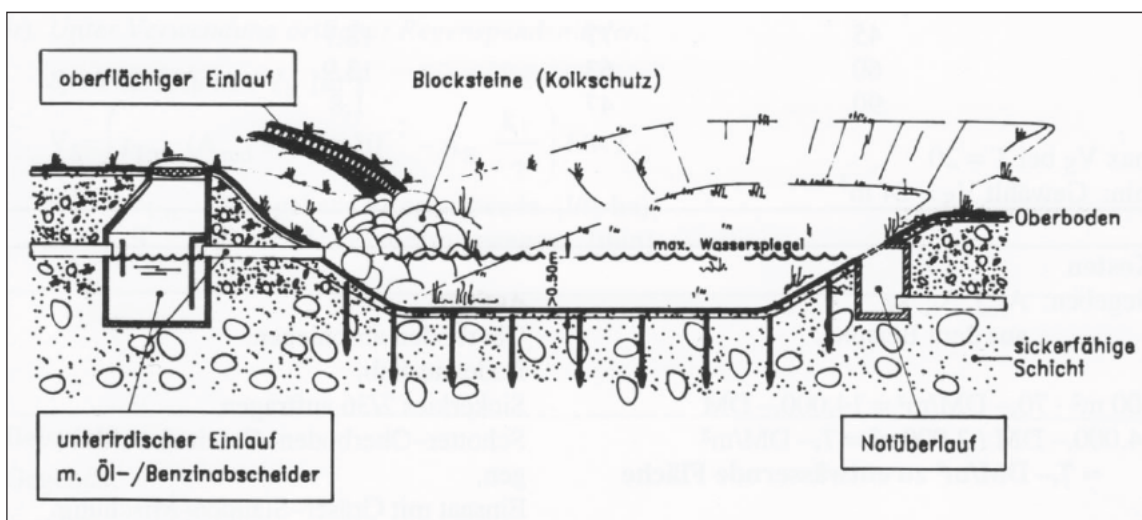


Abbildung 17 - Beckenversickerung (Schnitt); Quelle: W. Geiger & H. Dreiseitl, 1995.

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

Im Rahmen des Vorhabens wurde sich in beiden Baustufen für eine Beckenversickerung entschieden, da diese für die Entwässerung des Einzugsgebietes optimal ist. Der Unterschied der zweiten Baustufe gegenüber der ersten ist die Überplanung des Versickerungsbeckens dahingehend, dass dieses im Dauerstau steht.

2.3. Vorgehensweise und Berechnungen

Im folgenden Abschnitt werden sowohl die Vorgehensweise als auch die Berechnungen zur Bemessung des Versickerungsbeckens beschrieben. Als erstes wurde die Fläche betrachtet auf der das Versickerungsbecken gebaut werden soll. Um einschätzen zu können, wie groß das Fassungsvermögen und die Sickerfläche des Versickerungsbeckens sein kann, das heißt maximal zur Verfügung steht, wurde sowohl ein maßstäblicher Querschnitt als auch eine Draufsicht des Beckens mit Hilfe von AutoCAD gezeichnet. Dieser Plan bildet die Grundlage für die Flächen- und Volumenberechnung.

Es ist an dieser Stelle zu sagen, dass die Vorgehensweise für die Dimensionierung von Versickerungsbecken iterativ ist. Dies bedeutet, dass sich langsam an die endgültige Dimensionierung herangetastet wird, es sind mehrere Rechendurchläufe notwendig. Auch in Bezug auf die Versickerungsanlage in Hamburg-Harburg war die Herangehensweise iterativ. In dieser Bachelorarbeit wird sich jedoch auf die Darstellung der endgültigen Dimensionierung beschränkt.

Bevor die Ergebnisse der Berechnungen aufgezeigt werden, wird im nächsten Abschnitt die undurchlässige Fläche bestimmt, da die nachfolgenden Berechnungen auf dieser aufbauen.

2.3.1. Undurchlässige Fläche

Als undurchlässige Flächen werden Flächen bezeichnet, die auf Grund von Versiegelung für den Niederschlag undurchdringbar sind. Es wird unterschieden zwischen Flächen mit verschiedener Oberflächenbeschickung, welche ein Maß für die Durchlässigkeit ist. Um den Zufluss der einzelnen Teileinzugsgebiete zum Sickerbecken berechnen zu können, wird der sogenannte mittlere Abflussbeiwert ψ_m zur Hilfe genommen. Dieser dient als Grundlage für die Berechnung des Abflusses von befestigten Flächen und ist ein Maß für den auftretenden Oberflächenabfluss. Grundsätzlich gilt je geringer die Durchlässigkeit einer Fläche ist, desto größer ist der Oberflächenabfluss und somit auch der Abflussbeiwert (ATV-DVWK-A 117, 2001).

Die Grundlage für die Einstufung bildet die folgende Tabelle 4:

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

Tabelle 4 - Empfohlene mittlere Abflussbeiwerte Ψ_m von Einzugsgebietsflächen; Quelle: ATV-DVWK-A 117, 2001.

Flächentyp	Art der Befestigung	Mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m
Schrägdach	Metall, Glas, Schiefer, Faserzement, Ziegel, Dachpappe	0,9 – 1,0 0,8 – 1,0
Flachdach Neigung von 3 – 5 %	Metall, Glas, Faserzement Dachpappe Kies	0,9 – 1,0 0,9 0,7
Gründach Neigung 15 – 25 %	humusiert < 10 cm Aufbau humusiert > 10 cm Aufbau	0,5 0,3
Straßen, Wege, Plätze (flach)	Asphalt, fugenloser Beton Pflaster mit dichten Fugen fester Kiesbelag Pflaster mit offenen Fugen lockerer Kiesbelag, Schotterrasen Verbundsteine mit Fugen, Sickersteine Rasengittersteine	0,9 0,75 0,6 0,5 0,3 0,25 0,15
Böschungen, Bankette und Gräben mit Regenabfluss in das Entwässerungssystem	Toniger Boden Lehmiger Sandboden Kies- und Sandboden	0,5 0,4 0,3
Gärten, Weiden und Kulturland mit Regenwasserabfluss in das Entwässerungssystem	Flaches Gelände Steiles Gelände	0,05 – 0,1 0,1 – 0,3

Die maßgebende undurchlässige Fläche eines Teileinzugsgebietes ergibt sich dann aus der Summe der Fläche dieses Einzugsgebietes multipliziert mit dem jeweiligen Abflussbeiwert.

$$A_u = A_E * \Psi_m \quad (2.3.1.1)$$

A_u → undurchlässige Fläche

A_E → Einzugsgebietsfläche

Ψ_m → mittlerer Abflussbeiwert

In Tabelle 1 wurde die Befestigungsart bereits festgelegt, wodurch sich nun die jeweiligen Durchlässigkeitsbeiwerte bestimmen lassen. Die folgende Tabelle 5 gibt eine Übersicht über die für das Versickerungsbecken relevanten Teileinzugsgebiete, sowie deren Einzugsgebietsflächen und auf Grundlage der Gleichung (2.3.1.1) berechneten undurchlässigen Flächen:

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

Tabelle 5 - Übersicht über die Flächen der Teileinzugsgebiete, den Abflussbeiwert und die berechneten undurchlässigen Flächen

Einzugsgebiet	Befestigungsart	A_E [ha]	Ψ_m [-]	A_U [ha]
1	Straße; Pflaster mit dichten Fugen	0,01	0,75	0,01
1.2	Straße; Asphalt	0,22	0,9	0,20
1.3	Lockerer Kiesbelag, Schotterrasen	0,13	0,3	0,04
1.4	Gehweg; Asphalt	0,13	0,9	0,12
8.1	Straße; Asphalt	0,18	0,9	0,16
8.2	Rinne; Pflaster mit dichten Fugen	0,03	0,75	0,02
8.3	Gehweg; Pflaster mit dichten Fugen	0,06	0,75	0,05
9	Straße; Asphalt	0,13	0,9	0,12
10	Straße; Asphalt	0,04	0,9	0,03
11	Böschung, Grün	0,08	1,0	0,08
		1,01		0,82

Die Teileinzugsgebiete wurden weiter oben bereits festgelegt (siehe Tabelle 1). Der Vollständigkeit halber wurden dort auch die Flächen mit berücksichtigt von denen der Abfluss in die Sickermulden – oder Schächte gelangt, für die Berechnungen des erforderlichen Beckenvolumens werden diese nun jedoch außer Acht gelassen.

Insgesamt fließt demnach das Oberflächenwasser von **0,82 ha** undurchlässiger Fläche in das geplante Versickerungsbecken in Hamburg-Harburg.

3. Ergebnisse

Die neue Anforderung des Auftraggebers an das Versickerungsbecken in Hamburg-Harburg ist, dass dieses im Dauerstau stehen soll. Dies bedeutet, dass dauerhaft zwischen 0,80 m und 1,00 m Wasser im Versickerungsbecken steht. Das Versickerungsbecken wird nach unten abgedichtet, so dass eine Versickerung nur über die Böschungsf lächen möglich ist. Dies hat den Vorteil, dass sich absetzbare Schadstoffe auf dem Boden des Versickerungsbeckens absetzen können, wodurch die Gefahr der Senkung der Sickertrate geringer ist. Im Laufe der Planung sind hierbei zwei verschiedene Varianten entstanden, die hydraulisch berechnet und zeichnerisch dargestellt wurden. Im Folgenden werden die beiden Varianten vorgestellt und die Berechnungen offen gelegt. In einer abschließenden Diskussion werden die Varianten miteinander verglichen.

3.1. Variante 1

Wie bereits erwähnt, soll das Versickerungsbecken im Dauerstau stehen. Das Niederschlagswasser wird dem Becken über eine Rinne zugeleitet, die den Talweg quert. Insgesamt ist das Versickerungsbecken 2,00 m tief, so dass ein Dauerwasserstand zwischen 0,80 m bis 1,00 m Höhe realisiert werden kann. Im Rahmen dieser Bachelorarbeit wird die Mindesthöhe des Dauerstaus von 0,80 m realisiert, um eine größtmögliche Sickerfläche A_s zu schaffen. Bis zu dieser Höhe werden der Untergrund und die Böschung des Versickerungsbeckens so abgedichtet, dass kein Wasser durch diese Schichten versickern kann. Die Versickerung erfolgt über die Böschungen, welche sich über dem Dauerwasserstand befinden. Für die Berechnungen wird hierfür von einer Böschungshöhe von 0,90 m ausgegangen. Die übrigen 0,30 m dienen als Freibord (Siehe Anhang 7). Dies bedeutet, dass an dieser Stelle eine Sicherheit geschaffen wird, falls das maßgebende Regenereignis einmal überschritten werden sollte. Es ist so gut wie möglich sicher zu stellen, dass ein Überlauf des Versickerungsbeckens auszuschließen ist.

3.1.1. Sickerfläche und Versickerungsrate

In der Variante 1 des Versickerungsbeckens werden der Boden und die Böschungsf lächen so abgedichtet, dass ein Dauerstau von mindestens 0,80 m Höhe im Versickerungsbecken vorhanden ist. Das Niederschlagswasser versickert in der restlichen Bö-

schungsfläche, die eine Höhe h_1 von 0,90 m hat. Die Böschungsneigung beträgt 1:2. Sowohl ein Querschnitt als auch eine Draufsicht auf das Versickerungsbecken wurde zur Orientierung mit Hilfe des Programmes AutoCAD gezeichnet. Einsehbar ist dieser Plan im Anhang 7. Die Versickerungsfläche ist dort in blauer Schraffur dargestellt. Für die Berechnung der Sickerfläche A_s wurde mit Hilfe des Programmes AutoCAD sowohl die Länge des unteren Umrings $l_{unten,1}$ der Sickerfläche als auch die Länge des oberen Umrings $l_{oben,1}$ abgemessen. Es ergeben sich folgende Längen:

- $l_{unten1} = 68 \text{ m}$
- $l_{oben1} = 79 \text{ m}$

Die Böschungsfläche stellt ein Trapez dar und lässt sich somit über die Flächenformel für ein Trapez (Papula, 2009) berechnen:

$$A_s = \frac{1}{2} * (l_{unten} + l_{oben}) * h \quad (3.1.1.1)$$

- $A_{s,1}$ → Sickerfläche, Variante 1
 l_{unten} → Länge unten, Variante 1
 l_{oben} → Länge oben, Variante 1
 h → Höhe der Böschungsfläche

Daraus ergibt sich für die Variante 1 eine Sickerfläche von rund **66 m²**.

Die Versickerungsrate Q_s ergibt sich gemäß DWA-A 138 aus der Hälfte des Produktes des Durchlässigkeitsbeiwertes k_f und des hydraulischen Gefälles l_{hy} multipliziert mit der Sickerfläche A_s :

$$Q_s = \frac{k_f * l_{hy}}{2} * A_s \quad (3.1.1.2)$$

- Q_s → Versickerungsrate
 k_f → Durchlässigkeitsbeiwert
 l_{hy} → hydraulisches Gefälle
 A_s → Sickerfläche

Bei Versickerungsanlagen mit geringen Einstauhöhen kann das hydraulische Gefälle näherungsweise mit 1 angenommen werden, so dass sich für die Versickerungsrate folgende Formel ergibt:

$$Q_s = \frac{k_f}{2} * A_s \quad (2.2.1.3)$$

Q_s → Versickerungsrate

k_f → Durchlässigkeitsbeiwert

A_s → Sickerfläche

Auf Grundlage der Formel (2.2.1.3) ergibt sich bei einem k_f -Wert von 3×10^{-5} m/s und einer Sickerfläche von 66 m^2 eine Versickerungsrate von ungefähr $10 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Dies entspricht einem Liter Niederschlagswasser, welches pro Sekunde über die Sickerfläche versickert.

3.1.2. Berechnung der erforderlichen Anlagengröße

Um mit Hilfe der undurchlässigen Fläche und der Versickerungsrate das erforderliche Beckenvolumen zu berechnen werden zunächst Eintrittswahrscheinlichkeiten von Starkregenereignissen benötigt. Herausgegeben werden diese von der Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr, Abteilung Gewässer. Ausgewertet wurden hierfür die Daten aus den Jahren 1968 – 1997, welche lückenlos vorhanden sind. Gesammelt wurden die Daten von sechs Messstationen im Hamburger Stadtgebiet. Daraus ergibt sich über 30 Jahre gemittelt eine mittlere Jahresniederschlagshöhe von 750 mm. Der Maximale Jahresniederschlag wurde mit 985 mm 1980 erreicht, der minimale 1996 mit 507 mm. Hieraus wurde die Bemessungsregenspende $r_{D,T}$ berechnet, die bei der Bemessung von oberirdischen Gewässern und öffentlichen Abwasseranlagen Anwendung findet. Die Bemessungsregenspende beschreibt ein Niederschlagsereignis der Dauer D , welches alle T Jahre erreicht oder überschritten wird. Die kompletten Regenreihen für Hamburg können im Anhang 8 eingesehen werden. Dort findet sich die Auswertung der Daten ebenfalls ausgewertet in einem Diagramm (Stadt Hamburg, 2003).

Die Wiederkehrzeit T des Regenereignisses soll nach ATV-DVWK-A 117 maximal 10 Jahre betragen. Im Falle dieses Projekt wird $T = 10$ gesetzt, da somit von einem sehr

starken Regenereignis ausgegangen wird. Dies gibt eine zusätzliche Sicherheit für die ausreichende Bemessung des Versickerungsbeckens (ATV-DVWK-A 117, 2001).

Das benötigte Beckenvolumen V_b berechnet sich auf dieser Grundlage über folgende Formel aus dem Arbeitsblatt DWA-A 138 von 2005:

$$V_b = (A_u * 10^{-3} * r_{D,T} - Q_s) * D * 60 * f_z \quad (3.1.2.1)$$

- V_b → benötigtes Beckenvolumen
- A_u → undurchlässige Fläche
- $r_{D,T}$ → Bemessungsregenspende
- Q_s → Versickerungsrate
- D → Dauer des Bemessungsregens
- f_z → Zuschlagsfaktor gem. ATV-DVWK-A 117

Der Zuschlagsfaktor f_z wird gemäß ATV-DVWK-A 117 anhand folgender Tabelle gewählt:

Tabelle 6 - Zuschlagsfaktor f_z in Abhängigkeit des Risikomaßes; Quelle: ATV-DVWK-A 117, 2001.

Risikomaß	Zuschlagsfaktor f_z
Gering	1,20
Mittel	1,50
Hoch	1,10

Der Zuschlagsfaktor basiert auf einer Vielzahl kontinuierlicher Langzeitsimulationen und ist als Risikomaß im Hinblick auf eine mögliche Unterbemessung festzulegen. Für dieses Projekt wird $f_z = 1,20$ gewählt. Folglich wird nur ein vergleichsweise geringes Risiko des Überlaufens eingegangen.

Die Abbildung 18 ist so zu lesen, dass auf der x-Achse der Zuschlagsfaktor von 0,95 – 1,30 dargestellt ist. Auf der linken y- Achse ist die relative Summenhäufigkeit dargestellt, dies meint die Wahrscheinlichkeit mit der das geplante Beckenvolumen größer ist als gefordert. Die rechte y-Achse stellt das Gegenstück dazu dar. Das Risikomaß gibt

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

an mit welcher Wahrscheinlichkeit das geplante Beckenvolumen kleiner ist als das geforderte Beckenvolumen. Über die Risikofunktion lässt sich dies ablesen.

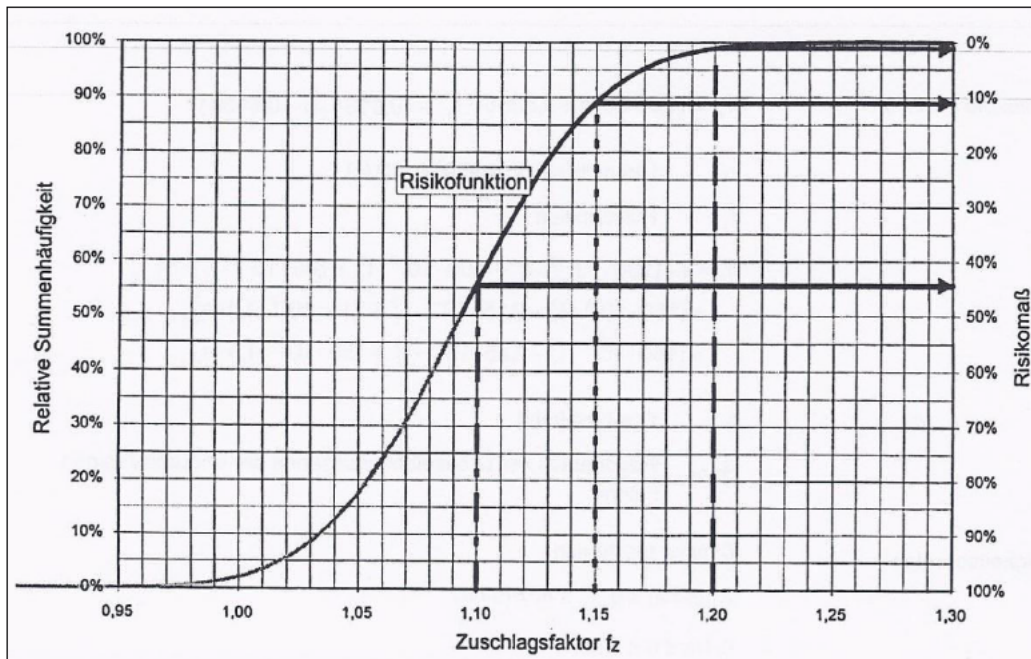


Abbildung 18 - Empirische Funktion des Zuschlagsfaktor f_z ; Quelle: ATV-DVWK-A 117, 2001.

Im Falle des Versickerungsbeckens in Hamburg-Harburg wird ein Zuschlagsfaktor von 1,20 gewählt, was bedeutet, dass das bemessene Volumen mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 2 % kleiner und mit einer Wahrscheinlichkeit von ca. 98 % größer ist als das Volumen, welches durch eine Langzeitsimulation als erforderlich nachgewiesen würde.

Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt den relevanten Auszug aus der Regenreihe mit dem berechneten Mindestfassungsvermögen des Versickerungsbeckens für die Variante 1:

Tabelle 7 - Auszug aus der Tabelle für den Bemessungsregen in Hamburg; Quelle: Stadt Hamburg, 2003.

D [min]	$r_{D,T}$ [l/(s*ha)]	V_b [m ³]
480	15,4	402,1
720	11,2	424,7
1080	8,10	439,3
1440	6,50	449,7
2880	3,85	448,9
4320	2,97	448,9
5760	2,39	401,3

Bei einer Regendauer von 1440 Minuten, also einem Dauerregenereignis von einem Tag mit einer Regenspende von 6,50 l/(s x ha) ergibt sich also bei einer Sickerrate von $10 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ das größte benötigte Beckenvolumen von **449,7 m³**. Auf dieser Grundlage werden die weiterführenden Berechnungen aufbauen.

3.1.3. Geplante Anlagengröße

Die geplante Anlagengröße ergibt sich auf Grund der zeichnerischen Planung (siehe Anhang 7). Das Fassungsvermögen für Niederschlagsabflüsse lässt sich über die Formel für einen Pyramidenstumpf berechnen (Papula, 2009):

$$V_g = \frac{h}{3} * (A_{unten} + \sqrt{A_{unten} * A_{oben}} + A_{oben}) \quad (3.1.3.1)$$

V_g → geplante Anlagengröße

h → Höhe der Böschungfläche

A_{unten} → untere Schnittfläche

A_{oben} → obere Schnittfläche

Die Schnittflächen $A_{unten,1}$ und $A_{oben,1}$ wurden auch hier mit Hilfe von AutoCAD ermittelt, sodass sich folgende Werte ergeben:

- $A_{unten,1} = 355 \text{ m}^2$
- $A_{oben,1} = 483 \text{ m}^2$

Die Höhe der Böschungsfläche, welche die Sickerfläche darstellt, beträgt 0,90 m.

Auf Grundlage der Formel (3.1.3.1) ergibt sich aus diesen Werten ein Gesamtvolumen von **377 m³**. Es lässt sich demnach sagen, dass dieses Versickerungsbecken die Anforderungen an das Volumen nicht erfüllt. Die Vorgabe von 449,7 m³ wird bei der Variante 1 um 72,7 m³ unterschritten. Eine Realisierung dieses Versickerungsbeckens ist auf Grund dessen nicht möglich.

3.1.4. Berechnung der Entleerungszeit

Beim Planen von Versickerungsanlagen ist grundsätzlich auch die Entleerungszeit t_E zu betrachten. Die Entleerungszeit gibt an wie lange es dauert, bis das gesamte Niederschlagswasser versickert ist. Dabei wird immer von dem Starkregenereignis ausgegangen auf dem die Bemessung der Versickerungsanlage beruht.

Für die Berechnung der Entleerungszeit wird das geplante Beckenvolumen durch die Versickerungsrate geteilt. Es wird demnach ein Verhältnis gebildet zwischen der Menge an zu versickerndem Niederschlagswasser und der Menge, die pro Sekunde über die Sickerfläche versickern kann:

$$t_E = \frac{V_g}{Q_s} * \frac{1h}{3600s} \quad (3.1.4.1)$$

- t_E → Entleerungszeit
- V_g → geplante Anlagengröße
- Q_s → Versickerungsrate

Bei einem geplanten Beckenvolumen von 377 m³ und einer Versickerungsrate von 10×10^{-4} m³/s ergibt sich für die Entleerungszeit eine Zeit von rund **105 Stunden**, dies entspricht ungefähr viereinhalb Tagen.

Diese Entleerungszeit entspricht nicht den Anforderungen von unter 24 Stunden, was bedeutet, dass ein solches geplantes Versickerungsbecken unzulässig ist. Die Entleerungszeiten sollten so kurz wie möglich sein um ein eventuelles Überlaufen des Beckens durch aufeinander folgende Regenereignisse zu vermeiden. Je länger Wasser im Versickerungsbecken steht, desto höher ist die Chance des Überlaufens bei Hinzukommen von neuem Niederschlagsabfluss.

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

Auf Grund des zu geringen Fassungsvermögens und der zu hohen Entleerungszeit wurde eine zweite Variante des Versickerungsbeckens geplant.

3.2. Variante 2

Auch dieses Versickerungsbecken soll im Dauerstau stehen. Ziel ist es jedoch eine möglichst große Sickerfläche zu schaffen. Auch hier fließt dem Versickerungsbecken das Niederschlagswasser über dieselbe Rinne zu. Genau wie bei der ersten Variante ist diese Variante des Versickerungsbeckens 2,00 m tief, so dass eine Höhe des Dauerstaus von 0,80 m kein Problem darstellt. Der Unterschied zu der ersten Variante besteht darin, dass der Dauerstau nur in einem Teil des Versickerungsbeckens vorhanden ist. Ungefähr in der Mitte des Versickerungsbeckens befindet sich ein Anstieg des Bodens mit der Geländeneigung 1:2 um 0,80 m. Das Ende dieses Anstiegs stellt ebenfalls das Ende des sich im Dauerstau befindlichen Teil des Versickerungsbeckens dar. Von diesem Punkt an steigt der Boden weiter mit einer ungefähren Geländeneigung von ca. 1:16 um 55 cm an. Auf dieser Fläche kann das Niederschlagswasser ebenfalls versickern. Da der Versickerungsbereich bei der zweiten Variante ebenfalls 0,90 m hoch ist, ist auch ein Teil der Böschungfläche noch für die Bemessung der Sickerfläche relevant. Die übrigen 0,30 m dienen, wie in Variante 1, als Freibord (Siehe Anhang 9).

3.2.1. Sickerfläche und Versickerungsrate

In der Variante 2 des Versickerungsbeckens wird nur ein Teil der Boden- und Böschungfläche so abgedichtet, dass eine Versickerung auf diesen Flächen nicht möglich ist. Es entsteht ein Dauerstau in diesem Teil des Versickerungsbeckens von 0,80 m Höhe. Über die Flächen, die sich auf den nächsten 0,90 m befinden soll das Niederschlagswasser versickern. Durch die Neigung des Bodens der Versickerungsfläche von 1:16 ergeben sich unterschiedliche Böschungshöhen, so dass hier mit einer mittleren Höhe gerechnet wird. Um diese zu ermitteln wurde die geringste Höhe der Böschung aus AutoCAD herausgemessen, diese beträgt 0,215 m. Die größte Höhe der Böschung beträgt planungsgemäß 0,90 m. Da nur die Hälfte des Versickerungsbeckens von dieser Neigung betroffen ist, wird für die Bemessung davon ausgegangen, dass ca. ein Viertel der Böschungfläche die geringste und dementsprechend ca. drei Viertel der Böschungfläche die größte Höhe besitzt. Für die mittlere Höhe h_m ergibt sich also eine Höhe von 0,73 m.

Auch die Längen des oberen und unteren Umrings wurden mit Hilfe des Programms AutoCAD abgemessen. Es ergeben sich folgende Längen:

- $l_{\text{unten2}} = 71 \text{ m}$
- $l_{\text{oben2}} = 79 \text{ m}$

Über die Formel (3.1.1.1) ergibt sich daraus eine Sickerfläche von rund 55 m^2 . Für die Fläche, die ebenfalls versickerungsfähig ist, ergibt sich laut AutoCAD eine Fläche von rund 198 m^2 , so dass die gesamte Sickerfläche A_s **253 m^2** beträgt.

Da auch in diesem Fall die Einstauhöhe als gering angesehen werden kann wird das hydraulische Gefälle mit 1 angenommen, so dass sich über die Formel (3.1.1.2) für die Versickerungsrate Q_s ein Wert von ca. **$3,8 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$** ergibt. Dies entspricht einer Versickerung über die gesamte Fläche von $3,8 \text{ l/s}$.

3.2.2. Berechnung der erforderlichen Anlagengröße

Für die Berechnung der erforderlichen Anlagengröße wird dieselbe Quelle zu Grunde gelegt, wie schon bei Variante 1. Das Volumen berechnet sich ebenfalls über die Formel (3.1.2.1). Der Zuschlagsfaktor wird hier ebenfalls mit 1,2 angenommen um die gleichen Voraussetzungen wie bei Variante 1 zu schaffen. Der relevante Bereich für die Variante 2 des Versickerungsbeckens sowie die dazugehörige Regendauer- und Intensität wird in der folgenden Tabelle 8 dargestellt.

Tabelle 8 - Auszug aus der Tabelle für den Bemessungsregen in Hamburg; Quelle: Stadt Hamburg, 2003.

D [min]	$r_{D,T} [\text{l}/(\text{s} \cdot \text{ha})]$	$V_b [\text{m}^3]$
150	38	295,5
180	33	301,4
240	26,4	308,4
360	19,2	309,6
480	15,4	305,1
720	11,2	279,1
1080	8,1	221,0

Auf Grund der größeren Sickerfläche der Variante 2 gegenüber Variante 1 und der damit verbundenen größeren Versickerungsrate ergibt sich hier ein maximal benötigtes Volumen von **309,6 m³** bei einer Regendauer von 360 Minuten, dies entspricht sechs Stunden. Die Regenintensität beträgt 19,2 l/(s x ha).

3.2.3. Geplante Anlagengröße

Um die geplante Anlagengröße zu bestimmen wird das gleiche Verfahren angewendet wie bei der ersten Variante. Die Schnittflächen $A_{unten,2}$ und $A_{oben,2}$ wurden auch hier mit Hilfe von AutoCAD ermittelt, sodass sich folgende Werte ergeben:

- $A_{unten,2} = 384 \text{ m}^2$
- $A_{oben,2} = 483 \text{ m}^2$

Auch in diesem Fall wird wieder mit der in Kapitel 3.2.1 berechneten mittleren Höhe gerechnet, so dass sich über die Formel (3.1.3.1) ein geplantes Volumen von **316 m³** ergibt. Dieses überschreitet das erforderliche Volumen um 6,4 m³, dies bedeutet, dass die geplante Anlagengröße als ausreichend angesehen wird.

3.2.4. Berechnung der Entleerungszeit

Über die Formel (3.1.4.1) wird die Entleerungszeit t_E berechnet. Es ergibt sich für die Variante 2 eine Entleerungszeit von ungefähr **23 Stunden**. Dadurch, dass auf Grund der größeren Sickerfläche mehr Niederschlagswasser pro Sekunde versickern kann, ist auch die Entleerungszeit für die zweite Variante sehr viel geringer. Grundsätzlich wird gesagt, dass Entleerungszeiten von unter 24 Stunden als angemessen angesehen werden. Mit 23 Stunden liegt die geplante Variante 2 des Versickerungsbeckens also im zulässigen Bereich.

3.3. Vergleich der Varianten

Im Folgenden sollen die Parameter, die für eine Variantenentscheidung wichtig sind, der Übersichtlichkeit halber tabellarisch zusammengefasst werden.

Tabelle 9 - Gegenüberstellung der berechneten Parameter für die Varianten 1 und 2; Quelle: Eigene Darstellung.

Parameter	Variante 1	Variante 2
Undurchlässige Fläche A_u	0,82 ha	0,82 ha
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	3×10^{-5} m/s	3×10^{-5} m/s
Höhe des Dauerstaus	0,80 m	0,80 m
Höhe der versickerungsfähigen Böschungfläche h	0,90 m	0,73 m
Sickerfläche A_s	66 m ²	253 m ²
Versickerungsrate Q_s	10×10^{-4} m ³ /s	$3,8 \times 10^{-3}$ m ³ /s
Wiederkehrzeit des Bemessungsregens T	10 a	10 a
Benötigtes Beckenvolumen V_b	449,7 m ³	309,6 m ³
Zuschlagsfaktor f_z	1,20	1,20
Dauer des Bemessungsregens D	1440 min	360 min
Bemessungsregenspende $r_{D,T}$	6,50 l/(s x ha)	19,2 l/(s x ha)
Geplantes Beckenvolumen V_g	377 m ³	316 m ³
Entleerungszeit t_E	105 h	23 h

4. Diskussion

In der Diskussion werden die Unterschiede beider Varianten der Versickerungsbecken in Bezug auf die Anforderungen des Auftraggebers, den Flächenbedarf, die Machbarkeit, die Kosten, die Einpassung ins Landschaftsbild und die Wartungs- und Reinigungsanforderungen miteinander verglichen. Es werden die Vor- und Nachteile genannt.

Der wesentliche Unterschied der Varianten 1 und 2 besteht in der Größe der Sickerfläche. Während bei Variante 1 nur die Böschungflächen zur Versickerung zur Verfügung stehen, ist bei Variante 2 zusätzlich etwa die Hälfte der Bodenfläche wasserdurchlässig. Auf Grund dieses Unterschiedes lässt sich sagen, dass die Variante 1 die Vorgaben des Auftraggebers besser erfüllt, da der Dauerstau des Versickerungsbeckens gegeben ist. Bei Variante 2 wird nur circa die Hälfte des Versickerungsbeckens im Dauerstau stehen, erfüllt aber die Anforderungen an das Volumen und die Entleerungszeit.

Die Größe der geplanten Sickerfläche ist der richtige Ansatzpunkt um zu entscheiden, ob es Sinn macht ein Versickerungsbecken zu bauen oder nicht, da auf der Größe der Sickerfläche alle weiteren Berechnungen aufbauen. Auf Grund der kleinen Sickerfläche von 66 m^2 der Variante 1, ist sowohl das erforderliche Beckenvolumen mit $449,7 \text{ m}^3$, als auch die Entleerungszeit mit viereinhalb Tagen sehr hoch. In Bezug auf die Machbarkeit ist diese Variante dementsprechend nicht umsetzbar. Um die Variante 1 realisieren zu können, müsste die Sickerfläche deutlich größer werden. Dies bedeutet, dass die Größe des gesamten Versickerungsbeckens erhöht werden muss, was auf Grund des zur Verfügung stehenden Platzes nicht machbar ist.

An dieser Stelle ist ein Kompromiss dahingehend notwendig, dass das Volumen des Dauerstaus verringert wird, um eine größere Fläche für die Versickerung zu schaffen. Dies wird in der Planungsvariante 2 berücksichtigt, so dass die Sickerfläche dort 253 m^2 beträgt. Auf Grund dieses Unterschieds zwischen den beiden Varianten lässt sich sagen, dass die Variante 2 rein von den bemessungstechnischen Grundlagen zulässig ist und somit gebaut werden kann. Die Entleerungszeit beträgt bei dieser Variante ungefähr 23 Stunden. Dies verschafft der Variante 2 gegenüber der Variante 1 einen entscheidenden Vorteil, da die technischen Anforderungen eingehalten werden. Positiv anzumerken an der Variante 2 ist, dass das Niederschlagswasser zuerst auf das Wasser

trifft, welches im Dauerstau steht. Da das Versickerungsbecken an dieser Stelle relativ tief ist, fungiert der erste Abschnitt als Sandfang. Die festen Partikel, die schwerer sind als Wasser, setzen sich bereits hier auf dem Boden ab und können die versickerungsfähige Fläche so nicht verstopfen. Eine Filterkuchenbildung, wie in Kapitel 2.1.5.1 beschrieben, bleibt somit aus. Eine Änderung der Versickerungsrate ist nicht zu erwarten. Dies wirkt sich ebenfalls positiv auf die Wartungs- und Reinigungsanforderungen aus. Bei der Variante 1 ist dieses Problem durch den durchgängigen Dauerstau nicht vorhanden. Bei trockenfallenden Versickerungsbecken ist es möglich, dass sich die Durchlässigkeit des Bodens durch abgesetzte Partikel verschlechtert.

In Bezug auf die Wartungs- und Reinigungsanforderungen ist zu sagen, dass beide Varianten nicht sehr anspruchsvoll sind. Die Sickerfläche wird bei beiden Varianten mit Rasen bepflanzt, so dass nur die übliche Grünpflege anfällt. Auf Grund der Absetzwirkung im Dauerstau, ist nicht davon auszugehen, dass die Sickerfläche durch Partikel verstopft wird. Eine weitere Wartung ist deshalb nicht notwendig. Eine Verschlechterung der Sickerfähigkeit ist so gut wie auszuschließen.

Die Einpassung ins Landschaftsbild ist bei beiden Varianten sehr unterschiedlich. Bei Variante 1 ist die Geländeoberkante gegenüber vom Einleitpunkt des Niederschlagswassers mit 24,75 m ü. NN fast vier Meter über der Sohle des Versickerungsbeckens. Dies bedeutet, dass über zwei Meter Höhe der Böschungsfäche an dieser Seite des Versickerungsbeckens dauerhaft trockenliegen. Diese ungenutzte Fläche passt sich nicht gut in das Landschaftsbild ein. In der Variante 2 ist dies deutlich besser gelöst. Auch hier ist die Geländeoberkante mit 24,75 m ü. NN zwar hoch, auch hier stellt dies eine ungenutzte Fläche dar. Durch die zusätzliche leicht angeschrägte Sickerfläche wirkt der Abgrund jedoch nicht mehr so mächtig, obwohl auch hier dauerhaft über zwei Meter Böschungsfäche frei liegen.

Die Kosten, die auf den Bauherren zukommen, sind bei der Variante 2 um einiges geringer als bei Variante 1. So übersteigen die Kosten der Variante 1 die der Variante 2 um ein Vielfaches, was nicht allein an dem erhöhten Flächenbedarf liegt. Auch die Tiefe des Versickerungsbeckens spielt in die erheblich höheren Kosten gegenüber Variante 2 mit hinein. Wie weiter vorne beschrieben steht bei Variante 2 nur circa die Hälfte

des Versickerungsbeckens im Dauerstau, was bedeutet, dass auch nur die Hälfte des Versickerungsbeckens auf 2 m Tiefe gebracht werden muss. Dies bedeutet zusätzliche eine Bauzeitersparnis, welche die Kosten ebenfalls senkt.

In der nachfolgenden Tabelle 9 werden die Kategorien noch einmal übersichtlich dargestellt und mit Hilfe von plus und minus bewertet, welche Variante diese eher bzw. besser erfüllt:

Tabelle 10 - Übersicht über die Bewertungskategorien der beiden Varianten; Quelle: Eigene Darstellung.

Kategorie	Variante 1	Variante 2
Anforderungen des Auftraggebers	(+)	(-)
Flächenbedarf	(-)	(+)
Machbarkeit	(-)	(+)
Kosten	(-)	(+)
Einpassung ins Landschaftsbild	(-)	(+)
Wartungs- und Reinigungsanforderungen	(-)	(+)

Die Tabelle 10 zeigt deutlich, dass die Variante 1 nur einen Vorteil gegenüber Variante 2 hat, welcher darin besteht, dass die Anforderungen des Auftraggebers voll erfüllt werden. Die Berechnungen zeigen jedoch, dass die technischen Anforderungen nur von Variante 2 alle erfüllt werden. Durch den kleineren Flächenbedarf der Variante 2 gegenüber der Variante 1, sind auch die Baukosten geringer. Dies stellt einen entscheidenden wirtschaftlichen Vorteil dar. Empfohlen wird also die Variante 2 in Hamburg-Harburg zu realisieren.

Es sollte das primäre Ziel sein die Entwässerung des Einzugsgebietes zu gewährleisten, so dass eine Überschwemmung des Einzugsgebietes ausgeschlossen ist. Dies stellt den wohl größten Nachteil der Variante 1 dar. Durch die lange Entleerungszeit ist eine Überschwemmung nicht auszuschließen. Auch einem Regenereignis, welches statistisch alle 10 Jahre eintritt würde das Versickerungsbecken auf Grund des zu geringen Fassungsvermögens nicht standhalten.

Literaturverzeichnis

ATV-DVWK-A 117 (2001): Bemessung von Regenrückhalteräumen. Hennef: Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.

BBodSchG (1998): Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten. 17. März 1998

BBodSchV (1999): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung. 12. Juli 1999

BMU (2012): Bundesbodenschutzgesetz (BBodSchG 1998) und Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV 1999). <http://www.bmu.de/binnengewasser/gewaesserschutzrecht/deutschland/doc/46148.php>, 13.07.2012

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

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

GEIGER, WOLFGANG F. & DREISEITL, HERBERT (1995): Neue Wege für das Regenwasser, München: R. Oldenbourg Verlag GmbH

HMBABWG (2001): Hamburgisches Abwassergesetz. 24. Juli 2001

HWAG (2005): Hamburgisches Wassergesetz. 29. März 2005

KAISER, MATTHIAS DIPL.-ING. (2004): Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung als Baustein einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung-demonstriert mithilfe der Entwicklung und Umsetzung von Modellprojekten. Dissertation, Universität Dortmund. <http://dnb.info/1011532379/34> (27.05.2004)

PAPULA, LOTHAR (2009): Mathematische Formelsammlung. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 10. Auflage

RiStWAG (2002): Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V. – FGSV

STADT HAMBURG (2006): Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt

STADT HAMBURG 1 (2012): Verkehrsbelastung in Hamburg. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg. <http://www.hamburg.de/start-verkehrsbelastung/>, 19.07.2012

Hydraulische Dimensionierung eines Versickerungsbeckens am Beispiel eines konkreten Projektes in Hamburg Harburg

STADT HAMBURG 2 (2012): Die Hamburger Wasserschutzgebiete. Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg. <http://www.hamburg.de/wasserschutzgebiete/>, 20.07.2012

UBA (2005): Versickerung und Nutzung von Regenwasser. Berlin: Umweltbundesamt. <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/2973.pdf>, 27.06.2012

UBA (APRIL 2011): Das neue Wasserrecht des Bundes. Berlin: Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/geweschr/bundeswasserrecht.htm>, 15.07.2012

UBA (SEPTEMBER 2011): Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Berlin: Umweltbundesamt. <http://www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umweltdaten/public/theme.do?nodeId=2277>, 01.07.2012

WHG (2009): Wasserhaushaltsgesetz. 31. Juli 2009

Anhang

Anhang 1: Bestandsplan Versickerungsbecken

Anhang 2: Deckenhöhenplan, Blatt 1

Anhang 3: Deckenhöhenplan, Blatt 2

Anhang 4: Deckenhöhenplan, Blatt 3

Anhang 5: Deckenhöhenplan, Blatt 4

Anhang 6: Einzugsgebietsplan

Anhang 7: Lageplan, Schnitt Variante 1

Anhang 8: Bemessungs- Regenspenden

Anhang 9: Lageplan, Schnitt Variante 2

Eidesstattliche Erklärung zur Bachelorarbeit

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Die vorliegende Bachelorarbeit, darf in der Bibliothek der Fakultät Life Sciences der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg ausgelegt werden Ich bin damit einverstanden, dass diese Arbeit Interessenten auch auf elektronischem Weg z.B. im Internet zugänglich gemacht wird.

Ort

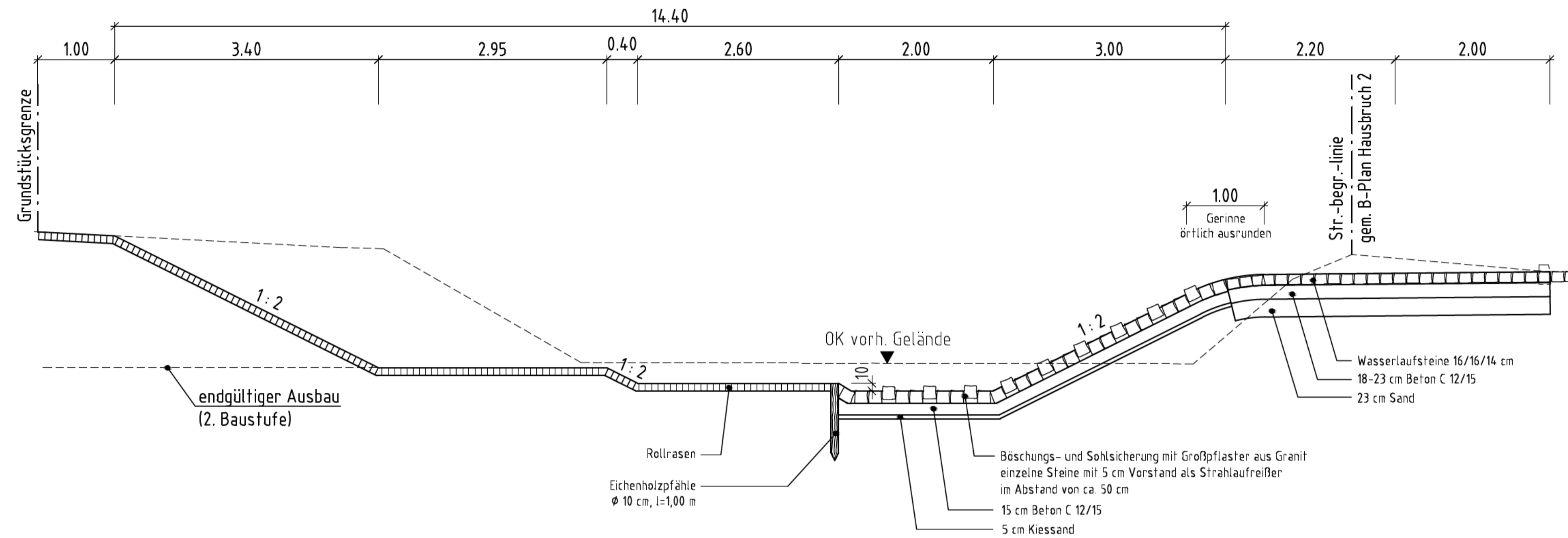
Datum

Unterschrift

Versickerbecken

Schnitt A-A

M = 1:50



Anhang 1

Verfasst	Ingenieurbüro VBI MANFRED LEHNE
Datum : 03.07.2007	Danziger Str. 35a, 20099 Hamburg TEL 28 499 16 -0 FAX 28 499 16 -11 E-MAIL : lehne-ing@t-online.de
Bearbeitet : Osternack	
Gezeichnet : Osternack	p04243de-becken.dwg

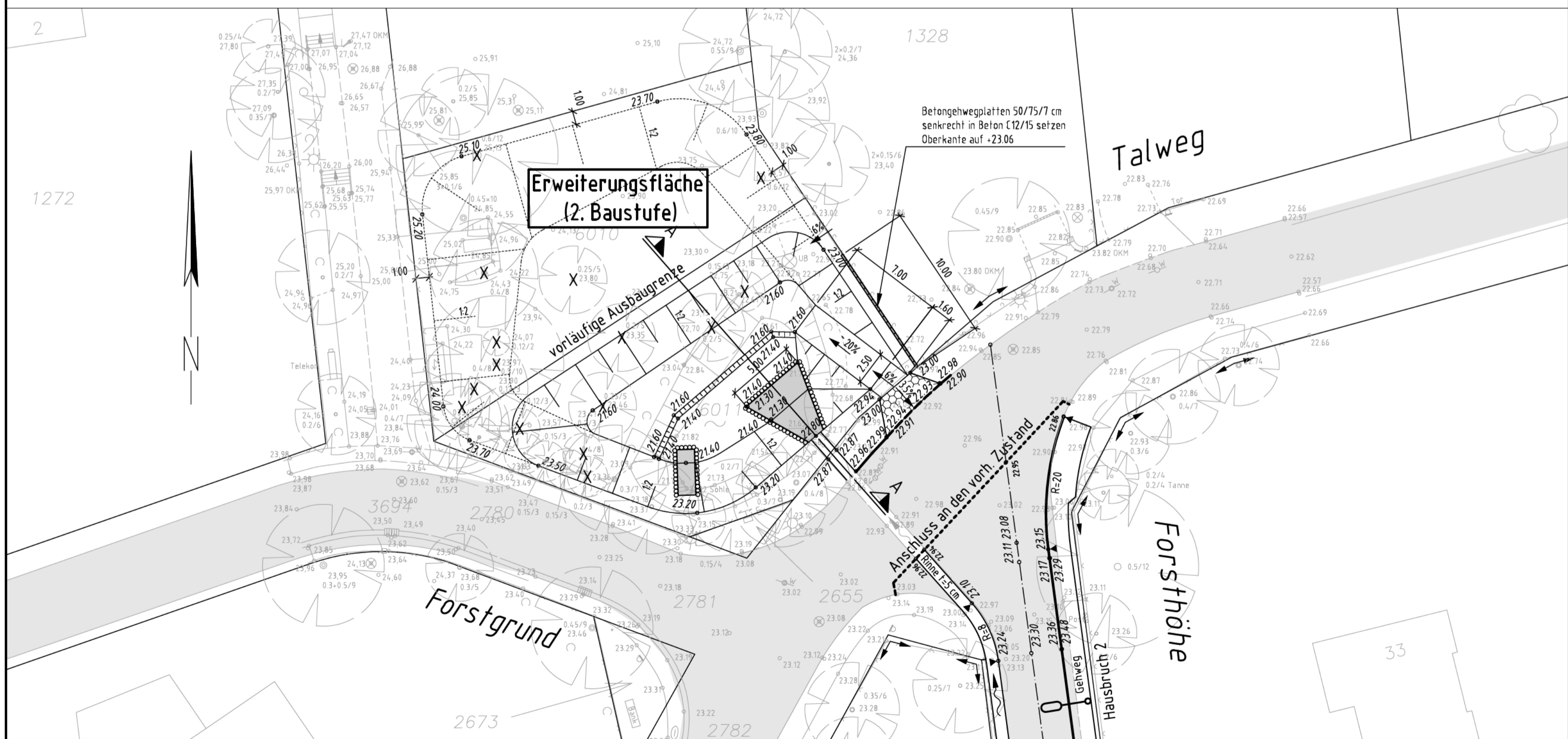
Zeichenerklärung

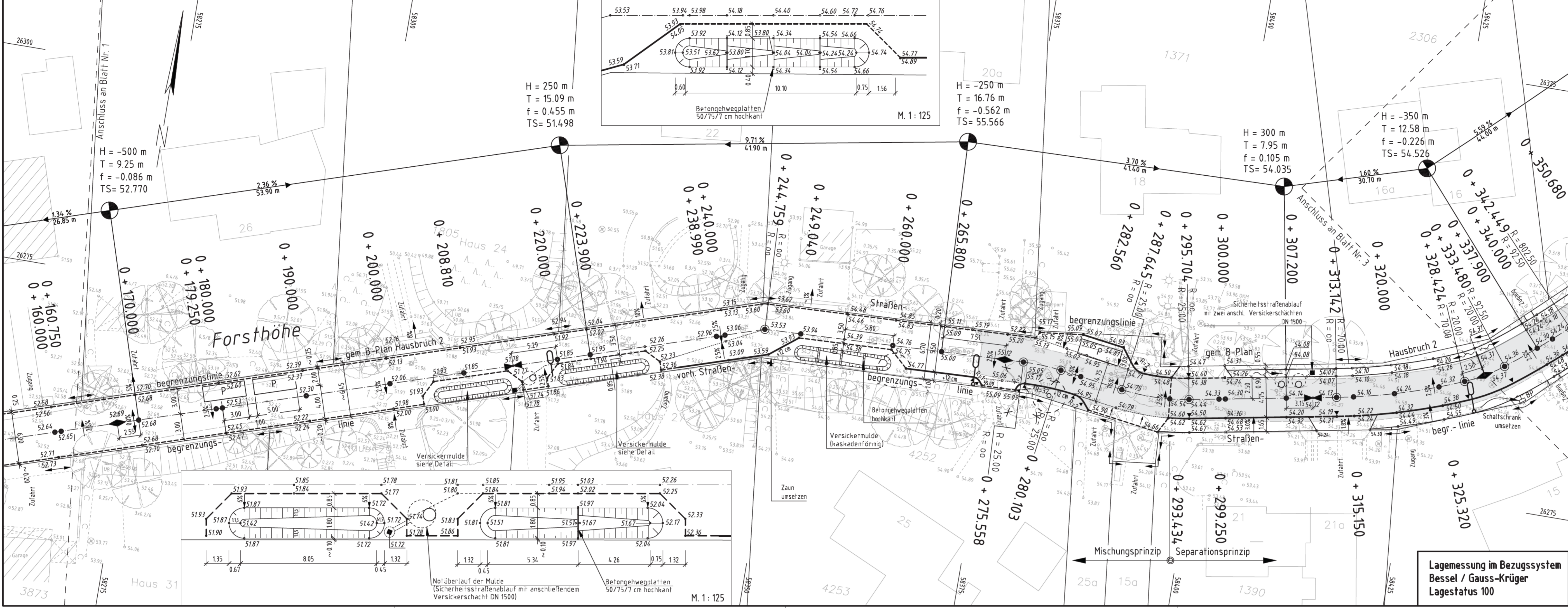
- Rampe (Schotterrasen)
- Böschungs- und Sohlsicherung (Großpflaster aus Granit)
- Überfahrt (Betonwabenpflaster)
- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- vorhandener / zu fällender Baum
- vorhandene / geplante Beleuchtung

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

Freie und Hansestadt Hamburg
 Bezirksamt Harburg – Dezernat Wirtschaft, Bauen und Umwelt
 Fachamt Management des öffentlichen Raumes, MR2 – Tiefbau

Baumaßnahme: Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe	Anlage
Teilbaumaßnahme: Straßenbau – Versickerbecken	Bearbeitet: H/MR 21
Planart: Lageplan, Schnitt	Datum:
Zeichnung Nr.:	Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/MR 210
Genehmigt:	Datum:
Zugestimmt:	Geprüft: H/MR 20
Geprüft:	Datum:
Datum:	Datum:





Ingenieurbüro VBI MANFRED LEHNE
 Danziger Str. 35a, 20099 Hamburg
 TEL 28 499 16 -0 FAX 28 499 16 -11
 E-MAIL : lehne-ing@t-online.de

Verfasst : 04.09.2006
 Bearbeitet : Osternack
 Gezeichnet : Osternack/Kruse

Zeichenerklärung

- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- gemessene / interpolierte Bestandshöhe
- geplante Höhe
- vorhandener / zu fallender Baum
- vorhandene / geplante Beleuchtung
- Hochpunkt der Gradiente in der Fahrbahnhälfte
- Tiefpunkt der Gradiente in der Fahrbahnhälfte

Hinweis:
 Zufahrten und Zugänge örtlich anpassen!

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

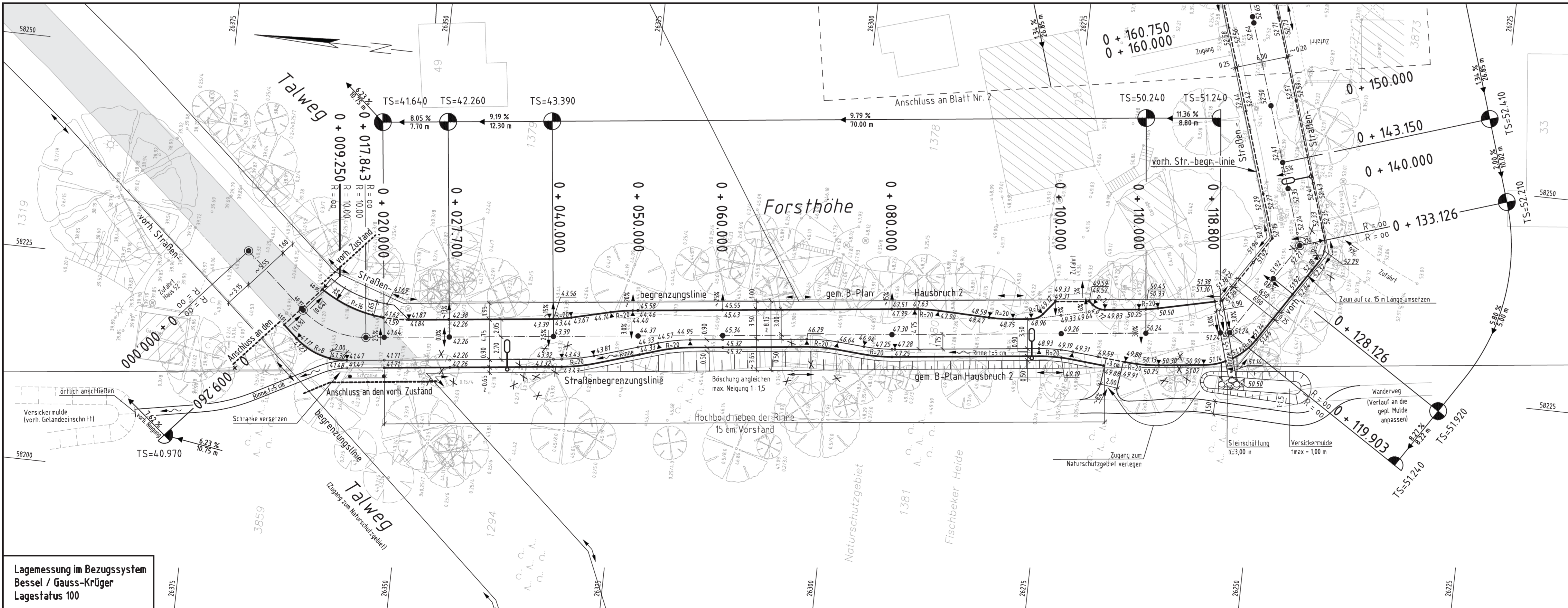
Freie und Hansestadt Hamburg
 Bezirksamt Harburg – Bauamt
 Abteilung Tiefbau und Stadtgrün

Baumaßnahme: **Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe**
 Teilbaumaßnahme: **Straßenbau**

Planart: **Deckenhöhenplan**
 Maßstab: 1:250 Blatt Nr. 2

Genehmigt:	Zugestimmt:	Geprüft:	Datum:

Anlage: H/BA 421
 Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/BA 4210
 Geprüft: H/BA 40
 Genehmigt: H/BA 40



Ingenieurbüro VBI MANFRED LEHNE
 Danziger Str. 35a, 20099 Hamburg
 TEL 28 499 16 -0 FAX 28 499 16 -11
 E-MAIL : lehne-ing@t-online.de

Verfasst : 04.09.2006
 Bearbeitet : Osternack
 Gezeichnet : Osternack/Kruse

Zeichenerklärung

- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- gemessene / interpolierte Bestandshöhe
- geplante Höhe
- vorhandener / zu fallender Baum
- vorhandene / geplante Beleuchtung

Hinweis:
 Zufahrten und Zugänge örtlich anpassen!

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

Freie und Hansestadt Hamburg
 Bezirksamt Harburg – Bauamt
 Abteilung Tiefbau und Stadtgrün

Baumaßnahme: **Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe**
 Teilbaumaßnahme: **Straßenbau**

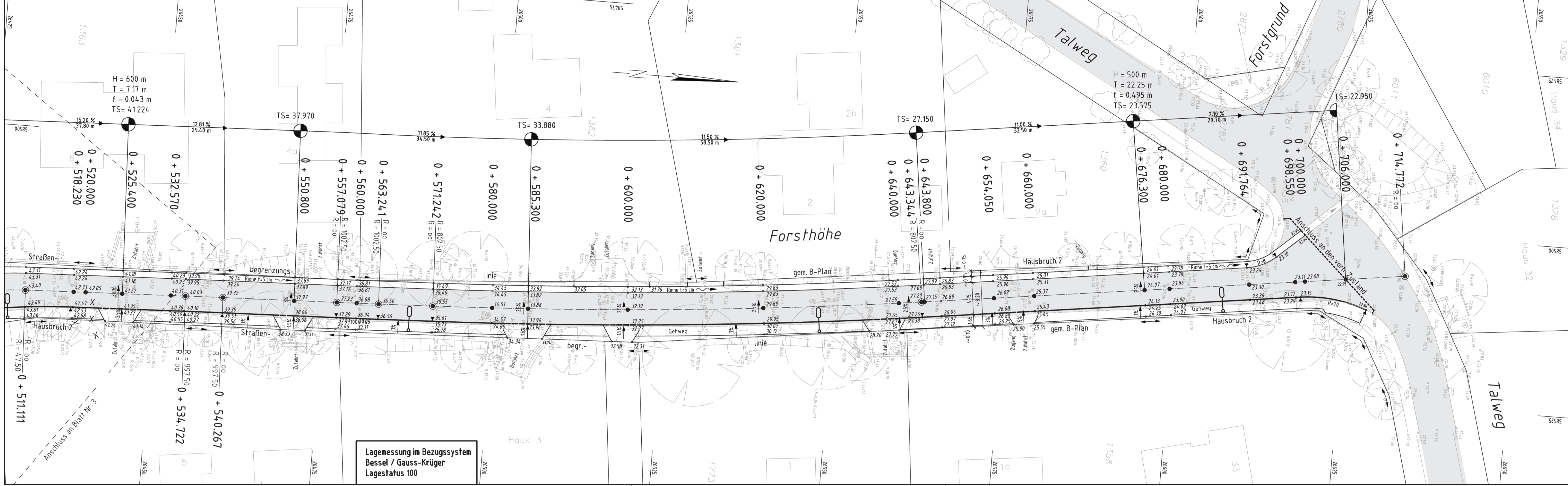
Planart: **Deckenhöhenplan**
 Maßstab: 1:250 Blatt Nr. 1

Genehmigt:	Zugestimmt:	Geprüft:	Datum:

Anlage: H/BA 421
 Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/BA 4210
 Geprüft: H/BA 40
 Genehmigt: H/BA 40

Lagessung im Bezugssystem Bessel / Gauss-Krüger
 Lagestatus 100

Lagessung im Bezugssystem Bessel / Gauss-Krüger
 Lagestatus 100



Verfasst
 Datum : 04.09.2006
 Bearbeitet : Osternack
 Gezeichnet : Osternack/Kruse

Ingenieurbüro VBI MANFRED LEHNE
 Danziger Str. 35a, 20099 Hamburg
 TEL 28 499 16 -0 FAX 28 499 16 -11
 E-MAIL : lehne-ing@t-online.de

Zeichenerklärung

- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- gemessene / interpolierte Bestandshöhe
- geplante Höhe
- vorhandener / zu fallender Baum
- vorhandene / geplante Beleuchtung
- Hochpunkt der Gradiente in der Fahrbahnmittle
- Tiefpunkt der Gradiente in der Fahrbahnmittle

Hinweis:
 Zufahrten und Zugänge örtlich anpassen!

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

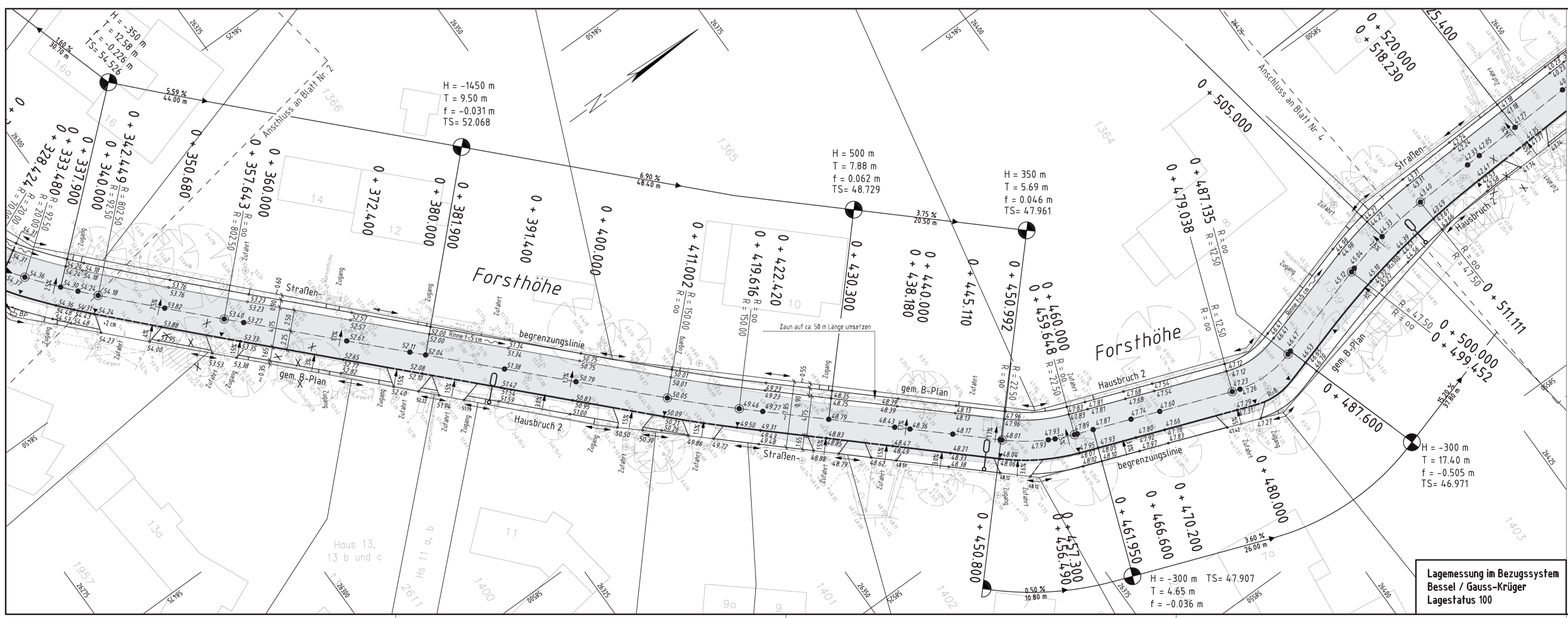
Freie und Hansestadt Hamburg
 Bezirksamt Harburg – Bauamt
 Abteilung Tiefbau und Stadtgrün

Baumaßnahme: **Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe**
 Teilbaumaßnahme: **Straßenbau**

Planart: **Deckenhöhenplan**
 Maßstab: 1: 250 Blatt Nr. 4

Genehmigt: Zugestimmt: Geprüft: Datum: Datum: Datum: Datum:

Anlage: H/BA 421
 Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/BA 4210
 Geprüft: H/BA 40
 Genehmigt:



Verfasst
 Datum : 04.09.2006
 Bearbeitet : Osternack
 Gezeichnet : Osternack/Kruse

Ingenieurbüro VBI MANFRED LEHNE
 Danziger Str. 35a, 20099 Hamburg
 TEL 28 499 16 -0 FAX 28 499 16 -11
 E-MAIL : lehne-ing@t-online.de

Zeichenerklärung

- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- gemessene / interpolierte Bestandshöhe
- geplante Höhe
- vorhandener / zu fallender Baum
- vorhandene / geplante Beleuchtung
- Hochpunkt der Gradiente in der Fahrbahnmittle
- Tiefpunkt der Gradiente in der Fahrbahnmittle

Hinweis:
 Zufahrten und Zugänge örtlich anpassen!

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

Freie und Hansestadt Hamburg
 Bezirksamt Harburg – Bauamt
 Abteilung Tiefbau und Stadtgrün

Baumaßnahme: **Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe**
 Teilbaumaßnahme: **Straßenbau**

Planart: **Deckenhöhenplan**
 Maßstab: 1: 250 Blatt Nr. 3

Genehmigt: Zugestimmt: Geprüft: Datum: Datum: Datum: Datum:

Anlage: H/BA 421
 Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/BA 4210
 Geprüft: H/BA 40
 Genehmigt:

Vorabzug



- Zeichenerklärung**
- Grenze der Teilzugsgebiete
 - Bezeichnung, Abflussbeiwert [l] und Fläche [m²] der Teilzugsgebiete
 - Entwässerungsrinne

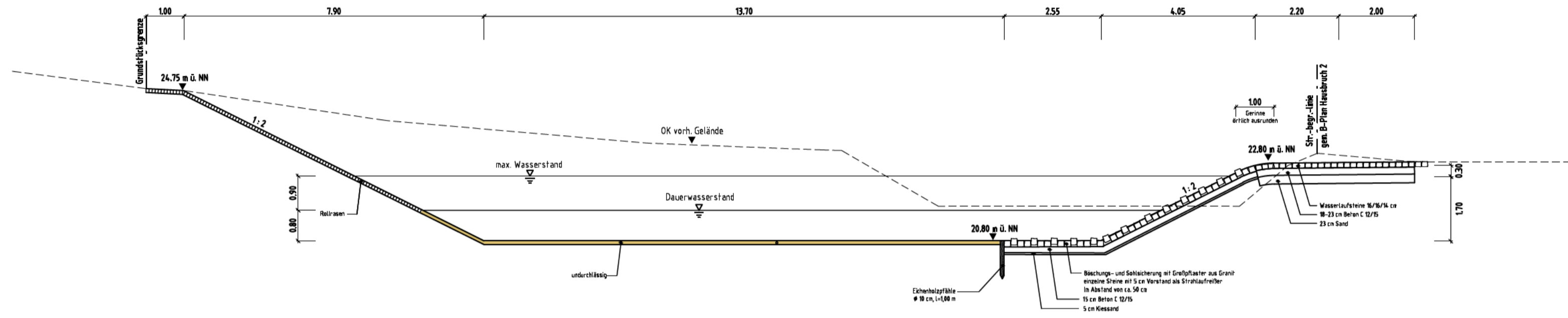


Teilzugsgebiete geprüft und übernommen aus p04243 - Erstmalige endgültige Herstellung Forsthöhe

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

Freie und Hansestadt Hamburg Bezirksamt Harburg – Bauamt Abteilung Tiefbau und Stadtgrün			
Baumaßnahme: Erweiterung Sickerbecken Forsthöhe		Anlage Bearbeitet: H/BA 421	
Teilbaumaßnahme: Entwässerung		Datum: Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/BA 4210	
Planart: Einzugsgebietsplan			
Maßstab: 1:500	Blatt Nr. 1	Datum:	
Genehmigt:	Zugestimmt:	Geprüft:	Geprüft: H/BA 40
Datum:	Datum:	Datum:	Datum:

Versickerbecken
Schnitt A-A
M = 1:100



Anhang 7

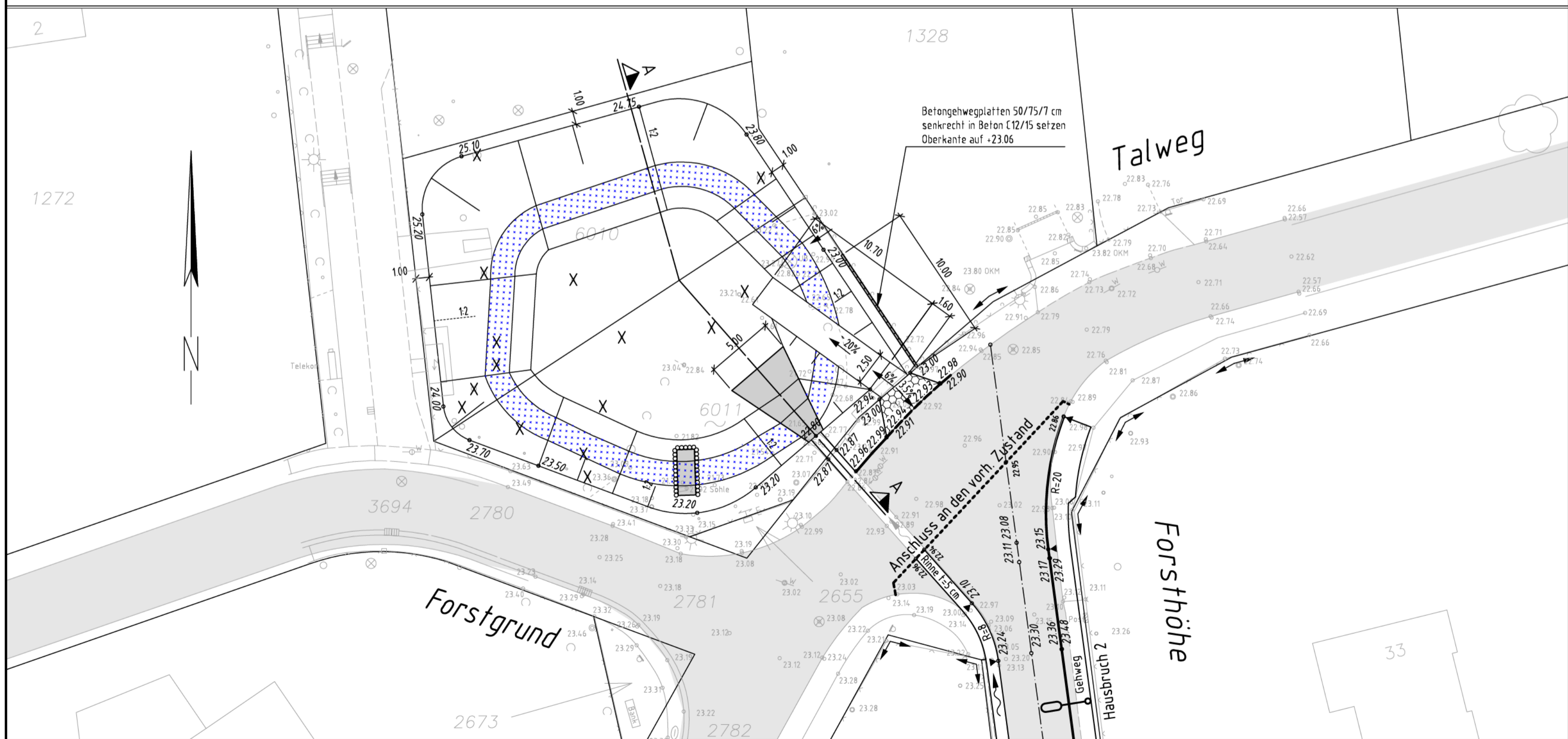
Verfasst	LEHNE Ingenieurgesellschaft mbH für Bauen und Umwelt Beratung · Planung · Bauleitung · E-Mail: info@lehne-ing.de · www.lehne-ing.de Tel. 040 / 2849916 - 0 · Fax 040 / 2849916 - 11 · Danziger Str. 35a · 20099 Hamburg Anhang7.dwg		
Datum :	25.07.2012	Bearbeitet :	Szeimys
		Gezeichnet :	Szeimys

Zeichenerklärung

- Rampe (Schotterterrassen)
- Böschungs- und Sohlssicherung (Großpflaster aus Granit)
- Überfahrt (Betonwabenpflaster)
- vorh. Fahrbahn (Asphalt)
- Versickerungsfläche

Index	Änderungen und Ergänzungen	Name	Datum

Freie und Hansestadt Hamburg Bezirksamt Harburg – Dezernat Wirtschaft, Bauen und Umwelt Fachamt Management des öffentlichen Raumes, MR2 – Tiefbau			
Baumaßnahme: Erweiterung Sickerbecken Forsthöhe Variante 1		Anlage	
Teilbaumaßnahme:		Bearbeitet: H/MR 21	
		Datum:	
Planart: Lageplan, Schnitt		Fachtechn. gepr. und aufgestellt: H/MR 210	
Zeichnung Nr.:		Maßstab: 1:250, 1:100	
Genehmigt:	Zugestimmt:	Geprüft:	
		Datum:	
Datum:	Datum:	Datum:	Datum: H/MR 20



Bemessungsregenspenden [l/(s*ha) in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer									
Dauer- stufe [min]	Wiederkehrzeit in a								
	0,5	1	2	5	10	20	30	50	100
5	117	168	218	285	336	386	416	453	504
6	111	158	206	269	316	364	392	427	475
7	104	149	194	253	298	342	369	402	447
8	98	140	182	238	281	323	347	379	421
9	93	133	172	225	265	305	328	358	398
10	88	126	163	213	251	289	311	339	377
11	83	119	155	203	239	275	296	322	358
12	80	114	148	193	228	262	282	307	341
13	76	109	142	185	218	250	269	294	326
14	73	104	136	177	208	240	258	281	313
15	70	100	130	170	200	230	248	270	300
16	67	96	125	163	192	221	238	260	289
17	65	93	121	157	185	213	230	250	278
18	63	89	116	152	179	206	222	241	268
19	60	86	112	147	173	199	214	233	259
20	58	84	109	142	167	192	207	226	251
21	57	81	105	138	162	187	201	219	243
22	55	79	102	134	157	181	195	212	236
23	53	76	99	130	153	176	189	206	229
24	52	74	97	126	149	171	184	200	223
25	51	72	94	123	145	166	179	195	217
26	49	70	92	120	141	162	174	190	211
27	48	69	89	117	137	158	170	185	206
28	47	67	87	114	134	154	166	181	201
29	46	65	85	111	131	150	162	176	196

**Bemessungsregenspenden [l/(s*ha)]
in Abhängigkeit von Wiederkehrzeit und Dauer**

Dauer- stufe [min]	Wiederkehrzeit in a								
	0,5	1	2	5	10	20	30	50	100
30	45	64	83	109	128	147	158	172	192
35	40	57	75	98	115	132	142	155	172
40	37	52	68	89	104	120	129	141	157
45	34	48	62	82	96	110	119	130	144
50	31	44	58	76	89	102	110	120	133
55	29	41	54	70	83	95	103	112	124
60	27	39	51	66	78	89	96	105	117
70	24	35	45	59	69	79	85	93	103
80	22	31	41	53	62	71	77	84	93
90	20	29	37	48	57	65	70	76	84
120	16,70	23,30	29,90	38,60	45,30	51,90	55,70	60,60	67,20
150	14,30	19,80	25,30	32,50	38,00	43,50	46,70	50,80	56,30
3 h	12,50	17,30	22,00	28,30	33,00	37,70	40,50	44,00	48,70
4 h	10,20	14,00	17,70	22,60	26,40	30,10	32,30	35,00	38,70
6 h	7,70	10,30	13,00	16,50	19,20	21,90	23,40	25,40	28,10
8 h	6,30	8,40	10,50	13,30	15,40	17,50	18,70	20,20	22,40
12 h	4,70	6,20	7,70	9,70	11,20	12,70	13,60	14,70	16,20
18 h	3,40	4,50	5,50	7,00	8,10	9,10	9,80	10,60	11,70
1 d	2,70	3,60	4,50	5,60	6,50	7,40	7,90	8,50	9,40
2 d	1,78	2,26	2,74	3,37	3,85	4,33	4,61	4,96	5,44
3 d	1,46	1,81	2,16	2,62	2,97	3,32	3,52	3,78	4,13
4 d	1,22	1,49	1,76	2,12	2,39	2,67	2,83	3,03	3,30
5 d	1,07	1,30	1,52	1,82	2,05	2,28	2,41	2,57	2,80
6 d	0,97	1,17	1,36	1,62	1,82	2,01	2,13	2,27	2,47
7 d	0,90	1,07	1,25	1,48	1,65	1,83	1,93	2,06	2,23

Darstellung der Regenspenden über die Regendauer von 5 bis 120 Minuten

