

Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungs- und nutzungsanlagen

am Beispiel einer innerstädtischen Blockrandbebauung
im Hamburger Karolinenviertel

Diplomarbeit

André Schwark



Juli 2003

Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungs- und nutzungsanlagen

am Beispiel einer innerstädtischen Blockrandbebauung
im Hamburger Karlinenviertel

Diplomarbeit

André Schwark

1. Betreuer:
Prof. Dr. Wolfgang Dickhaut

2. Betreuer:
Dipl.-Ing. (Arch.) Thorsten Schütze

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fachbereich Bauingenieurwesen

Juli 2003

Inhalt

Vorwort	1
A Einleitung	3
1 Wasserwirtschaft in Deutschland	3
1.1 Ein geschichtlicher Überblick	3
1.2 Heutiger Entwicklungsstand der konventionellen Abwasserbehandlung.....	4
1.3 Problembereiche konventioneller Abwasserbehandlung.....	5
1.4 Alternative Regenwasser-Systeme	9
B Projekt: Planung Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen	11
2 Grundlagen des Projektes	11
2.1 Anlass der Untersuchung	11
2.2 Vorstellung des Projektgebietes.....	12
2.3 Projektbezogene Problemstellungen.....	14
2.4 Zielvorgaben	17
3 Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung	18
3.1 Regenwassernutzung	18
3.1.1 Rechtliche Vorgaben.....	19
3.1.2 Technik der Regenwassernutzung	19
3.1.3 Anwendbarkeit auf das Projektgebiet	25
3.1.4 Methodik der Untersuchung.....	27
3.1.5 Berechnungsgrundlagen.....	29
3.1.6 Modell 1 – RWNA des geteilten Systems	34
3.1.6.1 Modell 1.1 – RWNA aller Dachflächen	36
3.1.6.1.1 Eingangsdaten	37
3.1.6.1.2 Berechnungsgang	38
3.1.6.1.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen.....	39
3.1.6.1.4 Modell 1.1.1 - RWNA aller DF für den reellen Bedarf.....	40
3.1.6.1.4.1 Verbrauchsstellen.....	40
3.1.6.1.4.2 Betrachtung der Ergebnisse	41
3.1.6.1.4.3 Systemdarstellung	44
3.1.6.1.5 Modell 1.1.2 - RWNA aller DF für den optimierten Bedarf.....	45
3.1.6.1.5.1 Verbrauchsstellen.....	45
3.1.6.1.5.2 Betrachtung der Ergebnisse	46
3.1.6.1.5.3 Systemdarstellung	47
3.1.6.2 Modell 1.2 - RWNA der inneren Dachflächen.....	48
3.1.6.2.1 Eingangsdaten	49
3.1.6.2.2 Berechnungsgang	50
3.1.6.2.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen.....	51
3.1.6.2.4 Modell 1.2.1 - RWNA der inneren DF für den reellen Bedarf.....	52
3.1.6.2.4.1 Verbrauchsstellen.....	52

3.1.6.2.4.2	Betrachtung der Ergebnisse	52
3.1.6.2.4.3	Systemdarstellung	54
3.1.6.2.5	Modell 1.2.2 - RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf..	55
3.1.6.2.5.1	Verbrauchsstellen.....	55
3.1.6.2.5.2	Betrachtung der Ergebnisse	55
3.1.6.2.5.3	Systemdarstellung	56
3.1.7	Modell 2 – Regenwassernutzungsanlage des Gesamtsystems.....	57
3.1.7.1	Modell 2.1 – RWNA aller Dachflächen	58
3.1.7.1.1	Eingangsdaten	59
3.1.7.1.2	Berechnungsgang	60
3.1.7.1.3	Drei gewählte Betriebswassergrößen.....	61
3.1.7.1.4	Modell 2.1.1 – RWNA aller DF für den reellen Bedarf	62
3.1.7.1.4.1	Verbrauchsstellen.....	62
3.1.7.1.4.2	Betrachtung der Ergebnisse	62
3.1.7.1.4.3	Systemdarstellung	64
3.1.7.1.5	Modell 2.1.2 - RWNA aller DF für den optimierten Bedarf	65
3.1.7.1.5.1	Verbrauchsstellen.....	65
3.1.7.1.5.2	Betrachtung der Ergebnisse	65
3.1.7.1.5.3	Systemdarstellung	67
3.1.7.2	Modell 2.2 - RWNA der inneren Dachflächen.....	68
3.1.7.2.1	Eingangsdaten	69
3.1.7.2.2	Berechnungsgang	70
3.1.7.2.3	Drei gewählte Betriebswassergrößen.....	71
3.1.7.2.4	Modell 2.2.1 - RWNA der inneren DF für den reellen Bedarf.....	72
3.1.7.2.4.1	Verbrauchsstellen.....	72
3.1.7.2.4.2	Betrachtung der Ergebnisse	72
3.1.7.2.4.3	Systemdarstellung	74
3.1.7.2.5	Modell 2.2.2 - RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf..	75
3.1.7.2.5.1	Verbrauchsstellen.....	75
3.1.7.2.5.2	Betrachtung der Ergebnisse	75
3.1.7.2.5.3	Systemdarstellung	77
3.1.7.3	Zusammenfassung der Modellergebnisse.....	78
3.1.7.4	Übersicht der ermittelten Parameter.....	78
3.1.7.5	Konstruktionswahl und –beschreibung.....	79
3.1.7.5.1	Problembereiche	80
3.1.8	Ergebnisbetrachtung.....	83
3.1.8.1	Mengenübersicht.....	83
3.1.8.2	Wasserbilanz.....	84
3.1.8.3	Bewertung des ökologischen Ausgleichspotentials.....	84
3.1.8.4	Auswirkungen auf Gestaltung und Nutzung	85
3.1.8.5	Kostenschätzung und Einsparpotentiale	85
3.1.9	Gesamtbetrachtung	87
3.2	Regenwasserversickerung	88
3.2.1	Rechtliche Vorgaben.....	88
3.2.2	Rahmenbedingungen.....	90
3.2.3	Systeme der Regenwasserversickerung.....	93
3.2.3.1	Tabellarische Übersicht der Versickerungssysteme.....	98
3.2.4	Methodik der Untersuchung.....	100
3.2.5	Berechnungsgrundlagen.....	100

3.2.6	Modell 3 – Versickerungsanlage des geteilten Systems	107
3.2.6.1	Vorgehensweise	107
3.2.6.2	Eingangsdaten	108
3.2.6.3	Berechnungsgang	110
3.2.6.4	Berechnungsergebnisse.....	110
3.2.6.5	Modell 3.1 – Versickerungsanlage aller Dachflächen	114
3.2.6.5.1	Konzeptionierung ausgewählter Systeme	115
3.2.6.6	Modell 3.2 – Versickerungsanlage der inneren Dachflächen	117
3.2.6.6.1	Konzeptionierung ausgewählter Systeme	117
3.2.7	Modell 4 – Versickerungsanlage des Gesamtsystems	119
3.2.7.1	Vorgehensweise.....	119
3.2.7.2	Eingangsdaten	121
3.2.7.3	Berechnungsgang	123
3.2.7.4	Berechnungsergebnisse.....	123
3.2.7.4.1	Konzeptionierung ausgewählter Systeme	127
3.2.8	Ergebnisbetrachtung.....	128
3.2.8.1	Mengenübersicht.....	128
3.2.8.2	Flächenbilanz	129
3.2.8.3	Wasserbilanz.....	130
3.2.8.4	Bewertung des ökologischen Ausgleichpotentials.....	131
3.2.8.5	Auswirkungen auf Gestaltung und Nutzung	132
3.2.8.6	Kostenschätzung und Amortisation	132
3.2.9	Gesamtbetrachtung	135
3.3	Retention von Regenwasser	136
3.3.1	Technische Ausführungsmöglichkeiten.....	137
3.3.1.1	Dachbegrünung	137
3.3.1.2	Retentionszisternen.....	138
3.3.1.3	Andere.....	138
3.3.2	Rechtliche Vorgaben.....	139
3.3.3	Rahmenbedingungen.....	139
3.3.4	Retentionszisternen	139
3.3.5	Dachbegrünung	140
3.3.5.1	Methodik der Untersuchung	140
3.3.5.2	Berechnungsgrundlagen	141
3.3.5.3	Projektbezogene Problembereiche der Dachbegrünung.....	142
3.3.5.4	Schlußfolgerung	142
3.4	Kombinationen einzelner Bausteine der RW- bewirtschaftung.....	143
3.4.1	Untersuchungsmethodik	144
3.4.2	Modell 5	145
3.4.2.1	Darstellung des Systems.....	145
3.4.3	Ergebnisbetrachtung.....	146
3.4.3.1	Mengenübersicht.....	146
3.4.3.2	Wasserbilanz.....	147
3.4.3.3	Bewertung des ökologischen Ausgleichspotentials	148
3.4.3.4	Kostenschätzung und Amortisation	148
3.4.4	Gesamtbetrachtung	149
C	Gesamtzusammenfassung.....	150

Literaturverzeichnis	153
Abbildungsverzeichnis	156
Tabellenverzeichnis	159
Web- Adressenverzeichnis	161
Kontaktverzeichnis.....	163

Anhang

Anhang I:	Tägliche Niederschlagswerte in Hamburg	165
Anhang II:	Starkniederschlagstabelle für das Karolinental	168
Anhang III:	Schichtverzeichnisse der Bohrungen	169
Anhang IV:	Grundwassermessstände	177
Anhang V:	Leistungsverzeichnisse Regenwassernutzung.....	180
Anhang VI:	Leistungsverzeichnisse Versickerung.....	188
Anhang VII:	Planunterlagen	194

Vorwort

Wasser wird nicht verbraucht. Es wird von den Menschen verwendet und nach Benutzung dem ständigen Kreislauf zugeführt. So gelangt es von dort über den Fluss in das Meer, verdunstet, fällt als Niederschlag auf die Erde und wird, nach dem Versickern ins Grundwasser, wieder als Trinkwasser entnommen.

Warum also Wasser sparen?

Die Menge des zur Verfügung stehenden Wassers ändert sich nie, jedoch die Qualität.

Daher gilt es, unter Beibehalt des heute erreichten Wasserkomforts, Möglichkeiten zu nutzen, verunreinigtes Wasser im Hinblick auf gewässer- und umweltschutztechnische Belange mit möglichst geringem Aufwand und Gefährdungspotentialen in den natürlichen Zustand zurückzuführen.

Einen erheblichen Beitrag hierzu leistet die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung, die im Rahmen der Wasserver- und -entsorgung seit ungefähr 15 Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Die zentrale Niederschlagswasserableitung von Dach- und Versiegelungsflächen führt nicht nur zu Kapazitätsproblemen in den Abwasserbehandlungsbauwerken, sondern hat auch weitreichende Auswirkungen auf die klimatischen Verhältnisse im Bereich versiegelter Flächen.

Diese Erkenntnis führte in den letzten Jahren zu der Entwicklung und Veröffentlichung von zahlreichen Forschungsprojekten, die sich mit der dezentralen Regenwasserbehandlung und -nutzung auseinandersetzen und zum Ziel haben, durch Rückhalt und dezentrales Versickern von Regenwasser einerseits die Kanalnetze und Kläranlagen zu entlasten, andererseits zu einer Verbesserung der lokalklimatischen Verhältnisse und des Grundwassergeschehens beizutragen.

An der Entwicklung und Realisierung von Lösungsstrategien zu umweltverträglichen Regenwasserbehandlungsmaßnahmen mangelt es in weiten Teilen nicht, wenn erforderliche Freiflächen für Versickerungsmulden bzw. Regenwasserzisternen zur Verfügung gestellt werden können

Problematisch gestaltet sich jedoch die Konzeptionierung von dezentralen Regenwasserbehandlungsanlagen im bestehenden großstädtischen Wohnungsbau, der oft durch hohe Versiegelungsgrade und Bevölkerungsdichte geprägt ist.

Die Realisierbarkeit dezentraler Abwasserinfrastruktursysteme und ihre Auswirkungen auf die Umwelt sowie die Konsequenzen für die Gebäudetechnik und die erforderlichen Kosten untersucht der Dipl.-Ing. (Arch.) Thorsten Schütze im Rahmen einer Doktorarbeit.

Als Bestandteil dieser Arbeit befasst sich die vorliegende Diplomarbeit mit einer modellhaften Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungs- und -nutzungsanlagen an dem Beispiel einer innerstädtischen Blockrandbebauung im Hamburger Karolinenviertel.

Den Kern dieser Ausarbeitung bildet hierbei die Untersuchung vorgewählter Modelle innerhalb des Projektgebietes, die sich unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten in Einbindung von zur Verfügung stehenden Flächen und Anzahl von Nutzern des Regenwassers unterscheiden.

Ziel ist es, Aussagen über die Realisierbarkeit von Regenwasserkonzepten, Systemanforderungen und bauliche sowie gebäudetechnische Konsequenzen in diesem Projektgebiet zu treffen.

Es wird eine Vergleichsmöglichkeit der vorgewählten Modelle hinsichtlich ihres ökologischen Ausgleichspotentials und monetärer Aufwendungen geboten, die eine Übertragung der Ergebnisse auf Gebiete ähnlicher Randbedingungen zulassen.

A Einleitung

1 Wasserwirtschaft in Deutschland

1.1 Ein geschichtlicher Überblick

Zwischen dem 1. und dem 2. Weltkrieg mussten wasserwirtschaftliche Maßnahmen aufgrund der Förderung der Rüstungsindustrie und dem Ziel einer wirtschaftlichen Unabhängigkeit zurückstehen. Die Forschung und Entwicklung in diesem Sektor stagnierte weitestgehend, bevor nach Beendigung des 2. Weltkrieges mit dem Wiederaufbau der zerstörten Anlagen begonnen wurde.

Der Schwerpunkt der Wiedererrichtung lag vorerst bei der Frischwasserversorgung. Bedingt durch das zerstörerische Ausmaß des Krieges bedurfte es eines erheblichen Aufwandes, die Kanalnetze zur Wasserversorgung wieder herzustellen.

So wurde die Sicherung der Abwasserentsorgung und -ableitung erst später durch den wirtschaftlichen Aufschwung in finanzieller Hinsicht begünstigt¹.

Bis in die 1960er Jahre wurde in den Abwasserbehandlungsanlagen zunächst eine Reinigungsstufe als mechanische Reinigung vorgesehen, bevor eine zweite biologische Reinigungsstufe, deren Techniken als Belebungsbecken und Tropfkörper schon vor dem 2. Weltkrieg bekannt waren und angewandt wurden, vermehrt zum Einsatz kam.

Durch den Einsatz dieser Systeme wurde wieder begonnen, der Forderung einer Verringerung der Schadstoffeinträge in die ohnehin schon sehr schadstoffbelasteten Gewässer nachzukommen. Während jedoch der Ausbau von Abwasserableitungen von der Bevölkerung schon wegen hygienischer Anforderungen in ausreichendem Maße berücksichtigt und akzeptiert wurde, war eine staatliche Kontrolle der Abwasserreinigung, -aufbereitung und des Gewässerschutzes notwendig, durch die Verabschiedung des Wasserhaushaltsgesetzes (WHG) am 01. März 1960 wurde der Grundstein dazu gelegt. Das WHG sah bis zu dem damaligen Zeitpunkt lediglich die Art, den Zweck und den Umfang der Abwassereinleitung vor.

Aus Kenntnis darüber, dass staatliche Aufsichtsgremien einer ausreichenden Kontrolle und Überwachung der Einhaltung der gesetzlich geregelten Mindestanforderungen an die Reinigung des häuslichen und gewerblichen Abwassers nicht genügen konnte, wurde das Augenmerk in den folgenden Jahren vornehmlich weiter auf die Ableitung des Abwassers aus den bewohnten Gebieten gerichtet.

Erst die 4. Novelle des WHG vom 26. April 1976 sah nach § 7a Mindestanforderungen des Abwassers in Form der Reinigungsstufen, die dem damals gültigen Stand der Technik entsprachen, vor.

Am 01.01.1978 trat das Wasserabgabegesetz in Kraft, welches eine Wasserabgabe nach Menge und Schadstofffracht regelt und für die Kommunen einen finanziellen Anreiz bietet, durch Einrichtung oder Aufrüstung von Kläranlagen Wasserabgaben einzusparen.

Die 6. Novelle des WHG vom 11.11.1996 schreibt nun flächendeckende gleichwertige Anforderungen an alle Abwasserarten gemäß dem Stand der Technik vor, nachdem dies seit 1986 nur für bestimmte Herkunft des Abwassers galt.

Die Anforderungen selbst sind in der Abwasserverordnung, erlassen am 21.03.1997 festgehalten.

¹ Meurer, R. 2000, S. 240ff

1.2 Heutiger Entwicklungsstand der konventionellen Abwasserbehandlung

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über den heutigen Abwasserbehandlungsgrad in Deutschland. Eine ausschließlich mechanische Abwasserbehandlung wurde in der Erhebung von 1998 nicht mehr dargestellt.

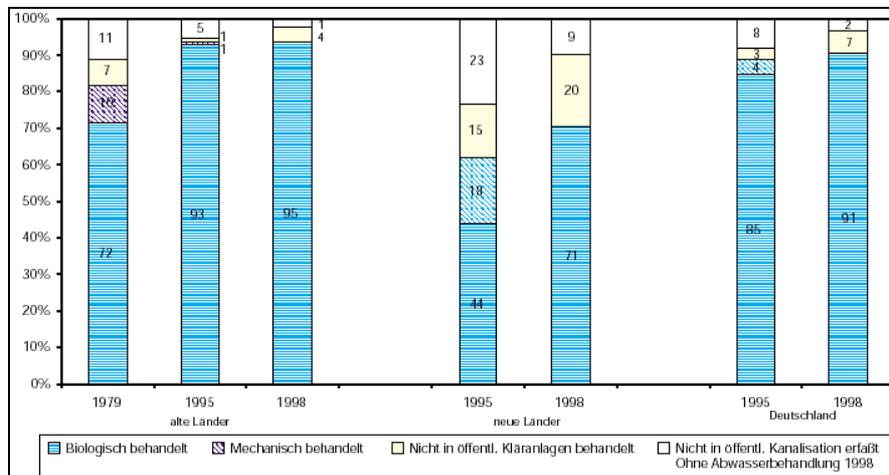


Abbildung 1.2-1: Entwicklung der öffentlichen Abwasserbehandlung in % (bezogen auf die Einwohnerzahl)²

Der Abwasserbehandlungsgrad bezogen auf die Bevölkerung stieg demnach von 85% im Jahr 1995 auf 91% im Jahr 1998, während die Anzahl der Kläranlagen im selben Zeitraum von 10.273 auf 10.312 anstieg.

Der Ausbau der Abwasserbehandlungsanlagen, umfassende Sanierungsmaßnahmen und ein hoher Anschlussgrad an die Kanalisation, an kommunale mechanisch-biologische Anlagen und Anlagen mit gezielter Stickstoff- und Phosphatelimination tragen zu einer Verbesserung der biologischen Wassergüte bei.

Hiermit wird der Forderung einer Neuordnung der abwasserwirtschaftlichen Regelungen nachgekommen, dessen Anforderungen in der Abwasserverordnung vom 21. März 1997 festgeschrieben sind (Verordnung über die Anforderung an das Einleiten von Abwasser in Gewässer).

Die Frage nach der Wahl des Misch- oder Trennsystems tat sich schon nach dem 2. Weltkrieg auf, als vielerorts gesamte Kanalnetze neu ausgelegt werden mussten, und stellt sich unter Berücksichtigung verschiedener Faktoren bis in die heutige Zeit. Bei Anwendung des Mischsystems werden sowohl Schmutz- als auch Regenwasser von einer gemeinsamen Abwasserleitung aufgenommen und Vorflutern bzw. Kläranlagen zugeführt, während das Trennsystem separate Behandlungen des Schmutz- und Regenwassers vorsieht.

Im Falle eines Trennsystems im ländlichen Raum gestaltet sich eine Versickerung des Regenwassers durch lockere Bebauung unproblematisch. Kurze Wege zu den Vorflutern begünstigen den Einsatz dieses Systems, das aufgrund dessen in neuerer Zeit vermehrt zur Anwendung kommt.

² Quelle: „Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt [Hrsg.], Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 1 –Grundlagen-,S.49, 2001

Durch die geringen Schadstoffmengen im Regenwasser, die vorwiegend aus der Luft aufgenommen werden, ist die Behandlung des Regenwassers mit kleinem Aufwand möglich, in Einzelfällen bedarf es keiner Reinigung.

Im innerstädtischen Bereich, wie auch in Hamburg, kommt, abgesehen von den Randbezirken, überwiegend das Mischsystem zum Einsatz, eine Umstellung auf das Trennsystem ist oftmals wegen der Notwendigkeit, einen zweiten Kanalstrang für das getrennte Abführen der anfallenden Abwässer einzubinden, sehr aufwändig.

1.3 Problembereiche konventioneller Abwasserbehandlung

Der Weg, weg von einer schnellen, zentralen Ableitung des Niederschlagswassers, hin zu der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung wird seit einigen Jahren verstärkt beschritten³.

Die Erkenntnis und das Bewusstsein, dass die Gefahr der Beeinträchtigung der Trinkwasserqualität und des damit verbundenen Wasserkomforts besteht, machen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen notwendig.

Die Gefahren für die Wasserqualität, die von konventionellen Abwasserbehandlungsmaßnahmen ausgehen, machen einen sparsamen und verantwortungsbewussten Umgang mit dem Trinkwasser zu einem Muss und geben der dezentralen Behandlung als Beitrag zum Umweltschutz einen Sinn.

Handlungsbedarf besteht folglich aus mehreren Gründen, die im weiteren Verlauf des Kapitels näher erläutert werden:

- ◆ Vermeidung von Schadstoffeinträgen in Oberflächen- und Grundwasser
- ◆ Entlastung der Regenwasserkanäle
- ◆ Vermeiden der Gefahr von Hochwasser
- ◆ Vermeidung von Flächenversiegelungen
- ◆ Verbessern der lokalklimatischen Verhältnisse durch Verdunstung
- ◆ Förderung der Grundwasser- Neubildung
- ◆ finanzielles Einsparpotential

³ GEOAgentur Berlin Brandenburg (Hrsg.) 2000, S.3

Schadstoffeinträge in Gewässer

Die Mischsystemen zugeführten Haushaltsabwässer und das in diesen Bereichen anfallende Niederschlagswasser der versiegelten Flächen werden vermischt und Kläranlagen zugeführt.

Hohe Regenwasserabflüsse können zu einer hydraulischen Überlastung der Vorfluter führen, die in diesen Fällen mit Hilfe von Überläufen das Abwasser ungereinigt den angeschlossenen Gewässern zuführen.

Die Gewässer werden somit übermäßig mit Nährstoffen wie Nitraten und Phosphaten angereichert. Die auf dem natürlichen Weg ablaufende Nährstoffanreicherung (Eutrophierung) wird somit durch den menschlichen Einfluss stark beschleunigt, die Folgen sind verstärktes Algenwachstum. Die damit verbundene Sauerstoffzehrung kann letztendlich zum Fischsterben führen.

Mit einer dezentralen Regenwasserableitung bzw. –behandlung kann dieser Gefahr wegen geringer anfallenden Regenwassermengen in den Rückhaltebecken begegnet werden.

Hochwassergefahr

Die Ableitungsgeschwindigkeit des Niederschlagswassers von versiegelten Flächen hat entscheidenden Einfluss auf Hochwasserspitzen.

Die Kenntnis, dass die Versiegelung städtischer Oberflächen die Hochwasserwellen kleiner Flüsse beschleunigt und erhöht⁴, führt zu Überlegungen, Flächen in urbanen Räumen zu entsiegeln und Rückhaltemöglichkeiten zu schaffen, um somit die Dynamik des Regenwasserabflusses zu dämpfen.

Die folgende Abbildung stellt qualitativ den Einfluss auf das Abflussverhalten einer befestigten Fläche gegenüber einer mit Vegetation bedeckten Fläche während eines Regenereignisses übersichtlich dar:

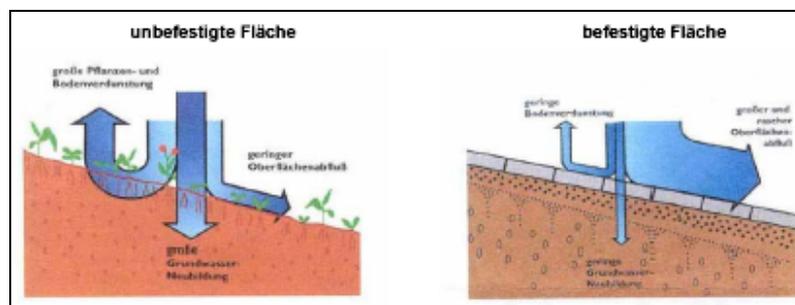


Abbildung 1.3-1: Wasserhaushalt befestigter und unbefestigter Flächen⁵

Maßnahmen, die in Form von Versickerungsanlagen und Gründächern zu einem Rückhalt des Regenwassers führen, aber auch Regenwassernutzungsanlagen, können durch Verringerung des Abflusses zu einer Scheitelkappung bei Hochwasser beitragen⁶, Trinkwasser sparen und die Grundwasserneubildung fördern⁷.

⁴ Geiger, W.; Dreiseitl H. 1995, S. 4

⁵ Quelle: Naturverträgliche Regenwasserbewirtschaftung, Landratsamt Freudenstadt/ Karlsruhe / Neckar-Odenwald-Kreis/ Rhein-Neckar-Kreis/ Regierungspräsidium Karlsruhe, Karlsruhe, 2003

⁶ Otterpohl, R.; Lange, J. 1997, S. 120; zitiert nach Adam 1993

⁷ Otterpohl, R.; Lange, J. 1997, S. 120

In Deutschland werden jährlich ca. 80 ha Land neu versiegelt, was in weitem Maße zu einer Störung des ökologischen Gleichgewichtes führt⁸.

Der Einfluss des Versiegelungsgrades auf die Intensität der Hochwasserwelle wird in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Eine ausgeprägte Veränderung des Hochwasserabflusses bei zunehmender Versiegelung und Kanalisierung ist deutlich zu erkennen.

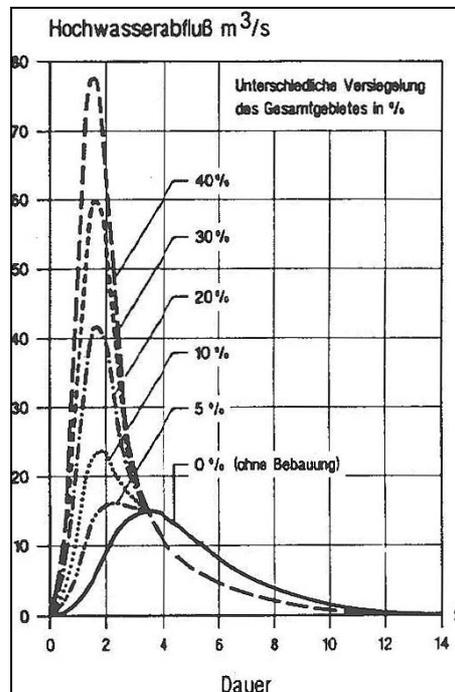


Abbildung 1.3-2: Form und Größe von Hochwasserwellen in verschieden stark versiegelten Gebieten⁹

Eine weitere Folge der zunehmenden Versiegelung von städtischen Flächen ist eine verminderte Verdunstung.

Die Abnahme der Verdunstungsmöglichkeiten beeinträchtigt das Mikroklima und das Wohnumfeld, die Staubbindung und den Temperaturengleich.

Grundwasser- Neubildung

Neben der Scheitelkappung von Hochwasserspitzen und der Förderung der Verdunstung haben entsiegelte Flächen den Vorteil, dass das Erdreich in Abhängigkeit des Versickerungsvermögens in der Lage ist, einen großen Anteil des Niederschlagswassers aufzunehmen. Das Wasser wird in dem Boden als natürlichen Speicher zurückgehalten, durch belebte Bodenzonen in bedingtem Maße gereinigt (Puffer- und Filterfunktion) und in das Grundwasser abgegeben. Oberflächennahe Grundwasservorkommen versorgen Pflanzen mit Wasser und bilden wertvolle Feuchtbiotope, wodurch die Grundwasserneubildung zu einem wesentlichen Bestandteil zum Beibehalt des ökologischen Gleichgewichtes wird, das durch die

⁸ Mahabadi, Mehdi 2001, S. 3

⁹ Quelle: Emschergenossenschaft, Essen und Internationale Bauausstellung Emscher Park GmbH, Gelsenkirchen: Neue Wege für das Regenwasser, W. Geiger/ H. Dreiseitl, 1995

Trinkwasserentnahme aus dem Grundwasserbereich gestört wird. Die Menge an Grundwasser, die für den gewerblichen und häuslichen Gebrauch entnommen wird, übersteigt vielerorts die Möglichkeiten zur Grundwasserneubildung, während in anderen, meist städtischen Gebieten aufgrund von Trinkwassereinsparungen Brunnen stillgelegt werden und so ein Grundwasseranstieg durch die Reduzierung der Entnahme zu Problemen führen kann. Da mehr als 70% des Trinkwassers in Deutschland aus Grundwasser stammt¹⁰, ist dem Erhalt dieser ökologischen Funktionen besondere Beachtung zu schenken.

Finanzielle Einsparpotentiale

Der Aufwand der Wartung und der Instandhaltung von Regen- und Mischwasserbehandlungsanlagen schlägt sich letztendlich auf die von den Verbrauchern zu entrichtenden Abwassergebühren nieder. Hohe Investitionen sind nötig, um seitens der kommunalen Wasserversorger die Kapazitäten zur Verfügung zu stellen, die notwendig sind, um die großen Mengen an Abwasser aufzunehmen.

Das Reduzieren der Wassermengen durch dezentrale Behandlung entlastet die Kanalnetze und macht kleinere Dimensionen bei der Auslegung von Rückhalteeinrichtungen möglich.

Viele Städte und Gemeinden gehen mittlerweile dazu über, ein Gebühren-Splitting für Niederschlags- und Schmutzwasser einzuführen. Im Jahre 2000 waren es nach Angaben des ATV (Abwassertechnische Vereinigung) $\frac{1}{4}$ aller Kommunen in Deutschland, die bereits das Gebühren-Splitting eingeführt haben¹¹.

Die Niederschlagsgebühr berechnet sich so aus den Größen der überbauten und versiegelten Flächen eines Grundstückes, von denen Niederschlagswasser in die Kanalisation geleitet wird.

Dieses Splitting gewährleistet verursachergerechte Gebühren (Verursacherprinzip), die durch weitreichende Abkopplung vom öffentlichen Kanalnetz eingespart werden können.

Nicht zuletzt ermöglicht die Nutzung von Regenwasser als Toiletten- oder Waschwasser eine erhebliche Einsparung an Trinkwasser. In Abhängigkeit der Dachflächen und der Regenwasserspeicher können in Hamburg dadurch ca. 40-50% des benötigten Trinkwassers eingespart werden¹².

Im Jahre 1998 betrug der tägliche Wasserbrauch pro Person in Deutschland:

46	Liter	für Baden und Duschen
35	Liter	für Toilettenspülung
15	Liter	für Wäsche
11	Liter	für Kleingewerbe
8	Liter	für Geschirr
8	Liter	für Garten, Auto, Putzen
5	Liter	für Essen
Summe:	128	Liter

(Quelle: Bundesverband der Gas- und Wasserwirtschaft, 1998)

¹⁰ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.) 2001, S. 35

¹¹ GEOAgentur Berlin Brandenburg (Hrsg.) 2000, S.3

¹² Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (Hrsg.) 2000, S. 7

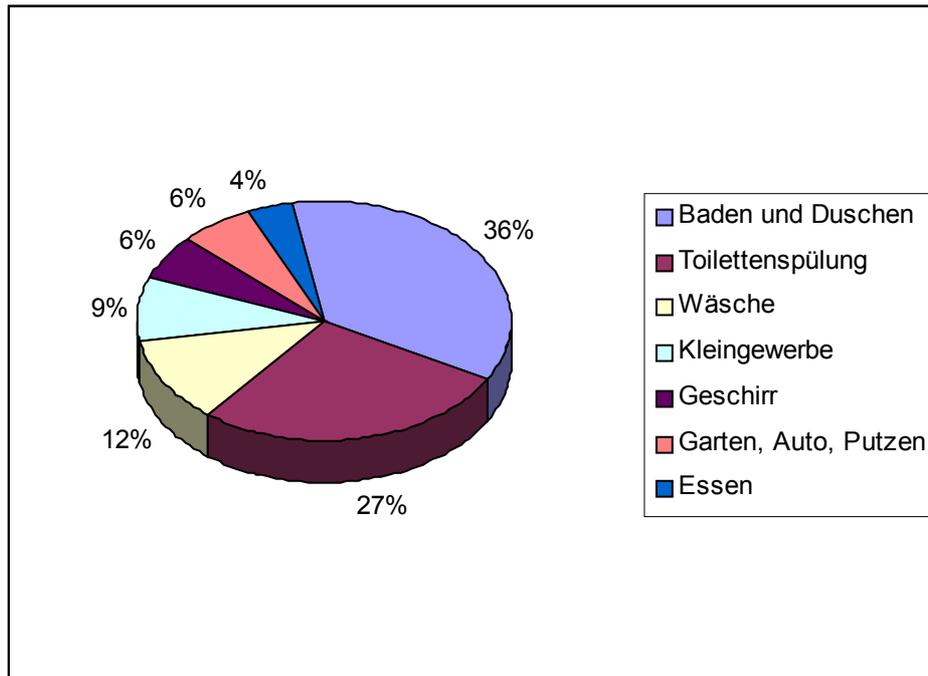


Abbildung 1.3-3: Trinkwasserverbrauch in Deutschland 1998

1.4 Alternative Regenwasser-Systeme

Die vorgenannten Vorteile lassen die dezentrale Regenwasserbehandlung als Beitrag zu einem umweltverträglichen Umgang mit der Ressource Wasser sinnvoll erscheinen.

Zur Verfügung stehen dabei verschiedene Maßnahmen:

Regenwassernutzung

Eine Maßnahme, die zusätzlich den positiven Nebeneffekt hat, dass wertvolles Trinkwasser eingespart werden kann, ist die Regenwassernutzungsanlage.

Hierbei wird das anfallende Dachablaufwasser in Wasserspeichern aufgefangen und steht über getrennte Leitungen für die Toilettenspülung, Waschmaschinen oder zur Gartenbewässerung zur Verfügung.

Regenwasserversickerung

Einrichtungen zur Regenwasserversickerung ermöglichen das Belassen des Niederschlagswassers auf dem Grundstück. Die Leitungen des Dachablaufwassers werden hierbei an ober- oder unterirdische Systeme angeschlossen, die das Wasser vorübergehend speichern und an das Erdreich zur Versickerung abgeben. Eine zusätzliche sinnvolle Maßnahme ist der Einsatz von wasserdurchlässigen Belägen, erreichbar durch drainagefähiges Material oder hohen Fugenanteil.

Dadurch wird eine Entsiegelung erreicht und eine Versiegelung ermöglicht.

Regenwasserrückhalt

Retentionssysteme sind in der Lage, das Wasser vorübergehend zurückzuhalten, bevor es versickert oder dem Kanalnetz zugeführt wird.

So kann eventuellen hydraulischen Überlastungen des Bodens oder des Kanalsystems entgegengewirkt werden.

Gründächer dienen primär dem Rückhalt des Wassers. Niederschlagswasser kann in den Substratschichten über einen längeren Zeitraum gespeichert werden, ein nicht unerheblicher Anteil verdunstet wieder (Evapotranspiration). Der Abfluss des Regenwassers wird stark verzögert und tritt gegenüber einer nicht begrünten Dachhaut nur zu einem Bruchteil auf.

B Projekt: Planung Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

2 Grundlagen des Projektes

2.1 Anlass der Untersuchung

Angesichts einer zunehmenden Verstädterung der Weltbevölkerung in den kommenden Jahren und der Prognose, dass der Anteil der Stadtbevölkerung im Jahre 2025 zwischen 60% (UN) und 80% (Weltbank)¹³ liegen werde, konzentriert sich die Dissertation von Dipl.-Ing.(Arch.) Thorsten Schütze unter anderem auf dezentrale Abwasserinfrastruktursysteme im großstädtischen Wohnungsbau am Beispiel von Hamburg¹⁴. Die Anwendung von Planungshilfen zur Realisierung von derartigen Vorhaben in Hamburg und Seoul, Süd-Korea, bilden ein zentrales Thema dieser Ausarbeitung.

Übergreifendes Ziel ist es, Möglichkeiten der Abwasserbewirtschaftung beispielhaft auszuarbeiten und die positiven Veränderungspotentiale für die städtischen Räume und die Umwelt zu beschreiben und zu bewerten.

Im Rahmen dessen erfolgt hier als Baustein dieser Untersuchung in einer Diplomarbeit die modellhafte Betrachtung einer hierfür exemplarisch ausgewählten Blockrandbebauung, für die unter Beachtung der örtlichen Gegebenheiten ein Regenwassertankkonzept erarbeitet wird.

Den verschiedenen zugrundegelegten Modellen zu einer zukunftsfähigen Regenwasserbewirtschaftung folgt eine Beurteilung der Maßnahmen, die Aussagen treffen über die Möglichkeiten zur technischen Umsetzung, die dafür aufzuwendenden Mittel und die Zweckmäßigkeit dieses Unternehmens im Hinblick auf ökologische Ausgleichspotentiale.

¹³ zitiert nach Dipl.-Ing.(Arch.) Thorsten Schütze 2002, S. 3

¹⁴ Dissertationsthema: Potenziale und Integrationsmöglichkeiten dezentraler Wasserinfrastruktursysteme im verdichteten Wohnungsbau internationaler Großstädte, am Beispiel der Städte Hamburg (Deutschland) und Seoul (Süd-Korea); Fachbereich Architektur der Universität Hannover

2.2 Vorstellung des Projektgebietes

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird als Siedlungsgebiet beispielhaft eine Blockrandbebauung im Hamburger Karolinenviertel zugrunde gelegt, die von der Feldstrasse, der Turnerstrasse, der Mathildenstrasse und der Glashüttenstrasse umschlossen ist.

Auf dem Standort befindet sich eine lückenlose Randbebauung, die einen in sich geschlossenen, zusammenhängenden Innenhof hergibt, der, neben privaten Zugängen, über eine geschlossene Durchfahrt in der Mathildenstr.2 erreichbar ist.

Die Bebauung besteht neben zwei eingeschossigen Flachdachbauten überwiegend aus vier- bis fünfgeschossigen Wohnhäusern mit Kleingewerbe in den Erdgeschossen.



Abbildung 2.2-1: Lageplan Projektgebiet¹⁵

Der Block besteht aus 16 Gebäuden, die, bis auf wenige Ausnahmen, zwischen den Jahren 1900 und 1930 in Massivbauweise errichtet wurden, überwiegend unterkellert sind und in den letzten Jahren zum Teil grundsaniert worden sind.

Als Dachkonstruktionen wurden in der Regel Satteldächer verwandt, die in weiten Bereich an den Giebelseiten aneinander anschließen. Einige Dächer verfügen über einen für dieses Gebiet typischen Flachdachanteil zwischen den geneigten Anteilen.



Abbildung 2.2-2: Ansicht Feldstrasse

¹⁵ Quelle: STEG/ Stadterneuerungs- und Stadtentwicklungsgesellschaft Hamburg mbH; Plangrundlage: Amt für Geoinformation und Vermessung



Abbildung 2.2-3: Schrägluftaufnahme¹⁶



Abbildung 2.2-4: Luftaufnahme von oben¹⁷

¹⁶ Quelle: Matthias Friedel – Luftbildfotografie/ Internetadresse: www.luftbilder.de

¹⁷ Freie und Hansestadt Hamburg, Landesbetrieb Geoinformation und Vermessung; WWW- Dokument (Adresse: <http://stadtplan.hamburg.de>)

2.3 Projektbezogene Problemstellungen

Grundwasser- Neubildung

Häufig verursacht die Entnahme großer Trinkwassermengen aus dem Grundwasser ein Absenken des Grundwasserspiegels, eine Neubildung wird durch den Abfluss großer Regenwassermengen von versiegelten Flächen in das Kanalnetz behindert.

Mit Hilfe von geeigneten Maßnahmen kann diesem Effekt entgegengewirkt werden, indem das Wasser dezentral dem Boden zugeführt wird.

Im Hamburger Gebiet tritt in einigen Regionen das Phänomen des Grundwasseranstiegs auf, das durch eine Senkung der Grundwasserentnahmen und eine Verlagerung der Förderung in Gebiete außerhalb der Stadtgrenzen (im Zeitraum 1980-1985)¹⁸ verursacht wird.

Die weitere Entwicklung des Grundwasserpegels muss in der Planung von Versickerungsanlagen, aber auch beim Einbau von Regenwasserzisternen in das Erdreich berücksichtigt werden.

Versiegelungsanteile

Städte sind im allgemeinen durch einen hohen Versiegelungsanteil geprägt.

Bedingt durch enge und lückenlose Bebauung in den Zentren beträgt der Versiegelungsgrad im Stadtkern oftmals bis zu 100% und nimmt in Richtung der Vorstädte und Randgebiete meist soweit ab, dass in Siedlungsgebieten mit lockerer Bebauung und ländlichem Charakter nur noch zwischen 20-50% erreicht werden.

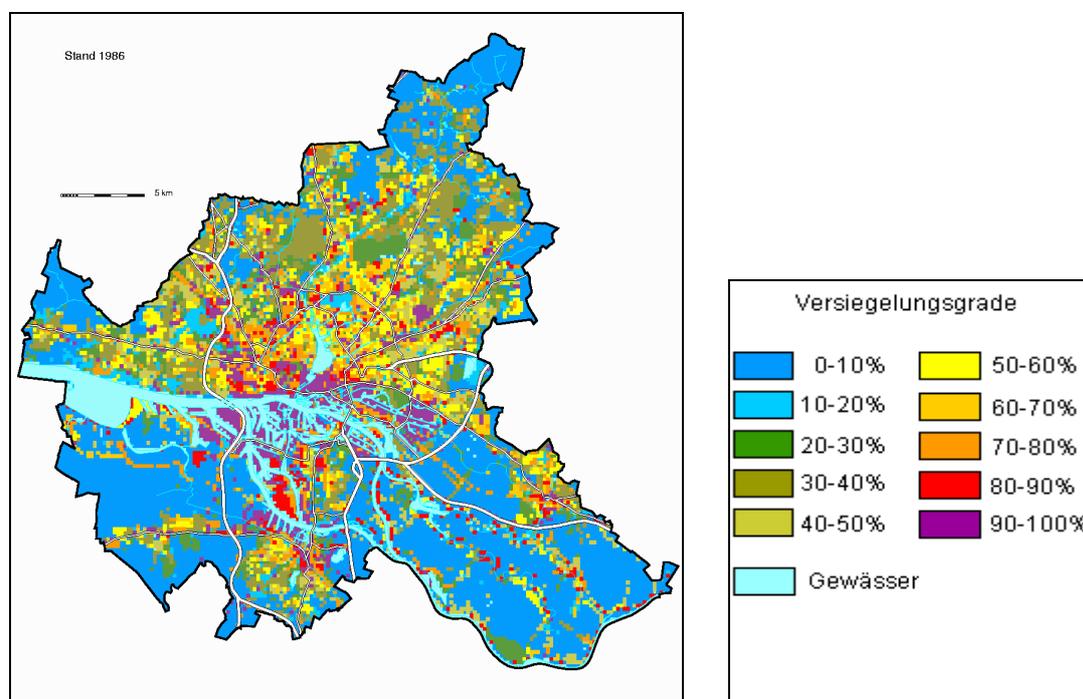


Abbildung 2.3-1: Versiegelungsanteile in Hamburg¹⁹

¹⁸ Kofod, M. 2001, S. 357

¹⁹ Quelle: Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg; WWW- Dokument vom 20. 07.2003: Digitaler Umweltatlas (Adresse: <http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/duawww/dea8/home.htm>)

Die Abbildung 2.3-1 zeigt die Verteilung der Versiegelung im Hamburger Gebiet. Deutlich zu erkennen ist eine konzentrische Abnahme der Versiegelung vom Stadtzentrum ausgehend.

Der Bereich des Projektgebietes, das dem Kerngebiet zuzuordnen ist, weist einen Versiegelungsgrad zwischen 70-100% auf (Abb. 2.3-2). Das auf den versiegelten Flächen anfallende Regenwasser wird dem Mischsystem zugeführt und an die Kläranlagen weitergeleitet.

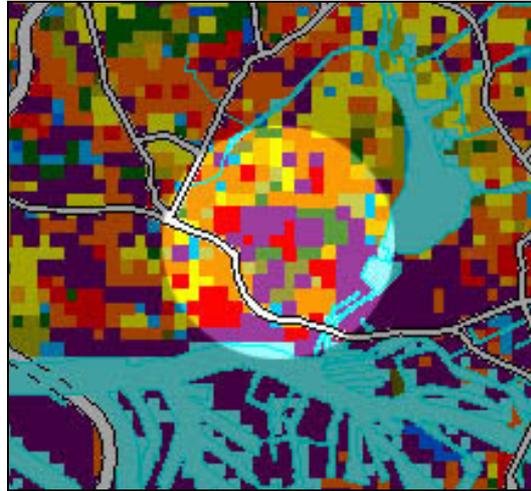


Abbildung 2.3-2: Versiegelungsanteile im Karolinenviertel²⁰

Abwassersituation im Projektgebiet

Das in dem Projektgebiet anfallende Abwasser gelangt in das öffentliche Abwassernetz.

Die Abflüsse werden je nach Intensität über den Silbersackstollen oder die Stammsiele zum Pumpwerk Hafenstrasse geleitet, von wo aus das gesamte Abwasser des Isebek- und des Geeststammsiels zum Klärwerk Köhlbrandhöft südlich der Elbe gepumpt werden muss. Am Pumpwerk befinden sich zwei Auslässe, die bei drohender Überlastung geöffnet werden.

²⁰ Quelle: Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg; WWW- Dokument vom 20. 07.2003: Digitaler Umweltatlas (Adresse: <http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/duawww/dea8/home.htm>)

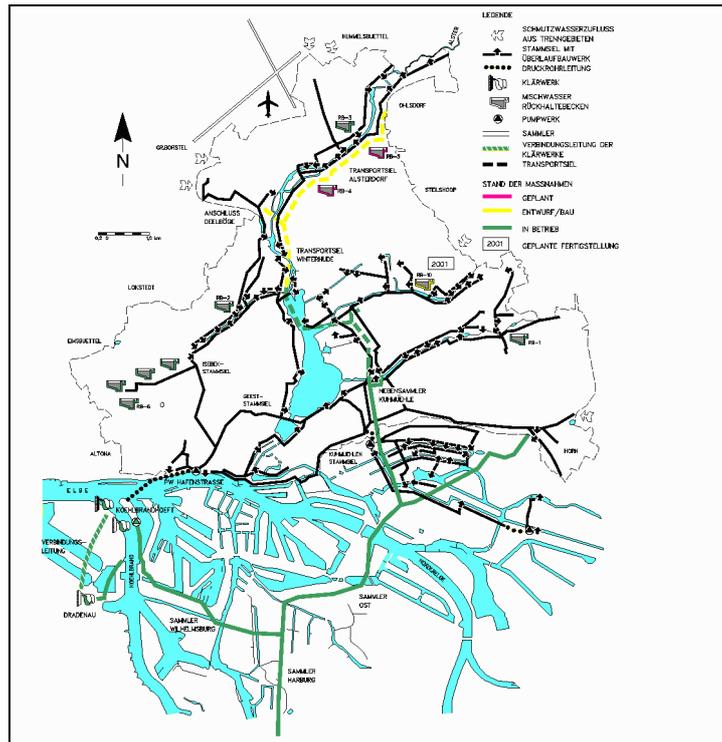


Abbildung 2.3-3: Klärwerksübersicht Hamburg²¹

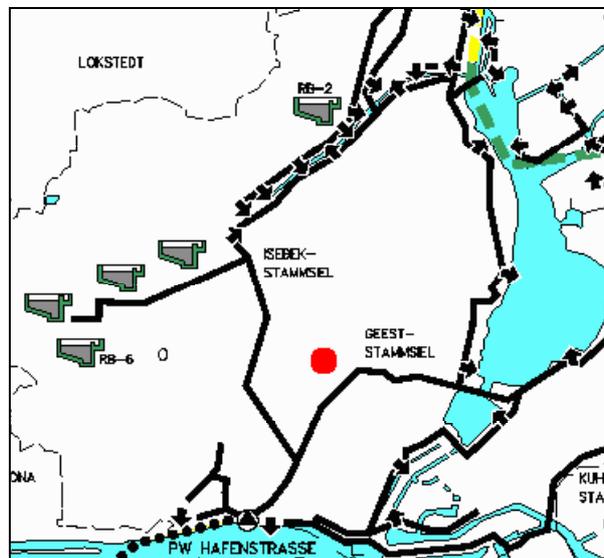


Abbildung 2.3-4: Klärwerksübersicht Karolinenviertel²²

Der rote Punkt in der Abbildung 2.3-4 kennzeichnet den Standort des Projektgebietes.

²¹ Quelle: Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg; WWW- Dokument vom 20. 07.2003: Digitaler Umweltatlas (Adresse: <http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/duawww/dea8/home.htm>)

²² ebd.

Mischsystem

Bezüglich des Kanalnetzes besteht zu diesem Zeitpunkt keine dringende Sanierungsbedürftigkeit²³.

Leichte Überlastungen, die jedoch nicht oft auftreten, können nicht gleich zu Reglementierungen führen, um die Abwassermengen zu reduzieren.

Allgemein kann jedoch gesagt werden, dass aufwendige technische Maßnahmen notwendig sind, um die immensen Wassermengen zu bewältigen.

Eine steigende Versiegelung führt unweigerlich zu der Notwendigkeit, neue technische Einrichtungen wie Entlastungsbauwerke herzustellen, die einen hohen finanziellen Aufwand erfordern.

Prinzipiell ist eine Reduzierung der Abwassermengen auch seitens der Entsorger wünschenswert, um die Dimensionen neu zu verlegender Leitungen einzugrenzen und Überlaufereignisse zu vermeiden.

Bislang werden jährlich ca. fünf bis zehn mal die Auslässe (2 x DN 2000) des Stammsiels bei Starkregenereignissen geöffnet, um ungeklärtes Abwasser in die Elbe abzuschlagen²⁴.

2.4 Zielvorgaben

Eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im Hamburger Karolinenviertel kann einen Beitrag zur Entschärfung vorgenannter Problembereiche leisten.

Anlass, Maßnahmen zu ergreifen, bietet in erster Linie die Tatsache, dass große Mengen ungeklärten Abwassers bei starken Regenereignissen über Auslässe in die Elbe gelangen und das Gewässer belasten.

Es wird daher im folgenden geprüft, ob dieses Ziel im Projektgebiet mit Hilfe von dezentralem Rückhalt des Regenwassers über eine gedrosselte Abgabe bis hin zu einer Bewirtschaftung der Regenwassermengen auf dem Grundstück, auf dem es anfällt, erreichbar wird

²³ telefonische Auskunft von Herrn Grosskopf, Hamburger Stadtentwässerung (HSE; Konzeptionelle Planung) am 16.07.2003

²⁴ ebd.

3 Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung

3.1 Regenwassernutzung

Der Einbau von Regenwassernutzungsanlagen bietet die Möglichkeit, den Trinkwasserverbrauch und gleichzeitig die Grundwasserentnahme zu mindern.

In Deutschland wurden in den neunziger Jahren mehrere hunderttausend Regenwassernutzungsanlagen gebaut. Mit einer steten Verbesserung der Anlagenkomponenten wird die Regenwassernutzung als eine fortschrittliche, ökologische und dauerhaft betriebssichere Anlagentechnik allgemein anerkannt²⁵.

Der Einsatz dieser Systeme hat gegenüber der Regenwasserversickerung zwar keinen direkten Einfluss auf die Grundwasserneubildung, verringert jedoch die Grundwasserentnahme und kann so einer möglichen Überlastung des Kanalnetzes entgegenwirken.

Ein finanzieller Anreiz wird im Stadtgebiet Hamburg dadurch geboten, dass seitens der Abwasserentsorgung keine gesplittete Abwassergebühr erhoben wird, sondern eine einheitliche Sielbenutzungsgebühr. In diesem Beitragssatz, der in Hamburg momentan 2,58 €/m³ bezogenen Trinkwassers beträgt, ist ein Anteil für das in das öffentliche Kanalnetz eingeleitete Regenwasser pauschal enthalten und wird unabhängig von der auf einem Grundstück anfallenden Menge an Regenwasser berechnet.

Ein Anteil des Betriebswasserbedarfs, der mit Trinkwasser gedeckt und somit nach dem Frischwassermaßstab verrechnet wurde, kann durch Regenwasser ersetzt werden, was zur Folge hat, dass sowohl die Trinkwasser- als auch die Sielbenutzungsgebühr eingespart werden kann.

Zur Veranschaulichung möglicher Einsparungen gibt die folgende Tabelle beispielhaft einen Überblick über die Kostenverteilung bei konventioneller Versorgung der Betriebswasserverbrauchsstellen mit Trinkwasser und bei Substitution durch Regenwasser.

Zur einfachen Handhabung wird in der Gebührenrechnung ein Wasserverbrauch von 100 m³ zugrundegelegt.

Der Einheitspreis setzt sich aus den aktuellen Beitragssätzen (Stand: Juli 2003) der Hamburger Wasserwerke und der Hamburger Stadtentwässerung zusammen:

$$1,47 \text{ €/m}^3 \text{ Trinkwassergebühr} + 2,58 \text{ €/m}^3 \text{ Sielbenutzungsgebühr} = 4,05 \text{ €/m}^3$$

	Verbrauch	konventionelle Versorgung	Verbrauch	Regenwassernutzungsanlage
Wasserkosten		4,05 €/m ³		4,05 €/m ³
Trinkwasser	100 m ³	405,00 €	40 m ³	162,00 €
Regenwasser	0 m ³	0,00 €	60 m ³	0,00 €
Summen		405,00 €		162,00 €

Tabelle 3.1-1: Beispiel Gebührenrechnung

²⁵ fbr, Marktübersicht Regenwassernutzung und Regenwasserversickerung 2003/ 2004, S. 3

3.1.1 Rechtliche Vorgaben

AVBWasserV § 3.1:

"Das Wasserversorgungsunternehmen hat dem Kunden im Rahmen des wirtschaftlich Zumutbaren die Möglichkeit einzuräumen, den Bezug auf den von ihm gewünschten Verbrauchszweck oder auf einen Teilbedarf zu beschränken. Der Kunde ist verpflichtet, seinen Wasserbedarf im vereinbarten Umfang aus dem Verteilungsnetz des Wasserversorgungsunternehmens zu decken."

Bei Nichtentgegenstehen öffentlicher Belange und wirtschaftlicher Zumutbarkeit sind die Wasserversorgungsunternehmen gehalten, dem Verbraucher eine Teilbefreiung vom Benutzungszwang zu ermöglichen.

Regenwassernutzungsanlagen sind in Hamburg auf privaten Grundstücken genehmigungsfrei. Es ist ausreichend, den Einbau der Anlage bei der Bauprüfungsabteilung des zuständigen Bezirkes anzumelden²⁶.

Eine Kopie der Anzeige als Anlage zu einem formlosen Schreiben an die Abgabenteilung der Hamburger Stadtentwässerung, indem um Befreiung von der Regenwasseranschlussgebühr gebeten wird, schließt den Verwaltungsweg ab.

3.1.2 Technik der Regenwassernutzung

Funktionsweise allgemein

Das anfallende Dachablaufwasser wird abgezweigt und gefiltert, bevor es in den Regenwasserspeicher (Zisterne) geleitet wird, der am unteren Teil des Gebäudes entweder im Kellergeschoss oder unterirdisch im Außengelände angeordnet ist. Mittels einer Pumpe wird das gesammelte Wasser über separate Brauchwasserleitungen zu den Verbrauchsstellen wie Toilette oder Waschmaschine gepumpt.

Die Versorgung mit Wasser wird in dem Falle des Leerlaufens des Speichers durch eine automatische Einspeisung mit Trinkwasser sichergestellt.

Eine Regenwassernutzungsanlage wird im Regelfall mit zwei Reinigungsstufen versehen, die dafür sorgen, dass das Regenwasser beim Verlassen des Speichers weitestgehend unbelastet und gereinigt ist.

Der dem Speicher vorgeschaltete Filter (1. Reinigungsstufe) hält Blätter und ähnliches zurück. Danach gelangen noch feine Schmutzanteile in den Speicher, die aufgrund ihres spezifischen Gewichtes sedimentieren oder aufschwimmen. Die Sedimentation von Partikeln (2. Reinigungsstufe) lässt einen Biofilm auf dem Grund der Zisterne entstehen, der unter Anwesenheit von Sauerstoff eine biologische Reinigung fördert.

Die Regenzisterne ist mit einem Überlauf ausgestattet, der im Abwasserkanal oder in einer Versickerungsmulde mündet. Überlaufereignisse treten bei einer übermäßigen Füllung ein und dienen dem Ableiten des überschüssigen Wassers.

Die DIN 1989-1:2002-04 fordert die Sicherstellung regelmäßigen Überlaufens in den Fällen, in denen mit regelmäßigem Eintrag von Blütenpollen in größeren Mengen zu rechnen ist²⁷. Der Überlauf sorgt hier für das Abführen dieser Blütenpollen und Schmutzpartikeln, die sich an der Oberfläche gesammelt haben.

Dies wird auch als dritte Reinigungsstufe bezeichnet.

²⁶ Umweltbehörde Hamburg 2000, S. 37

²⁷ DIN 1989-1:2002-04, S. 13

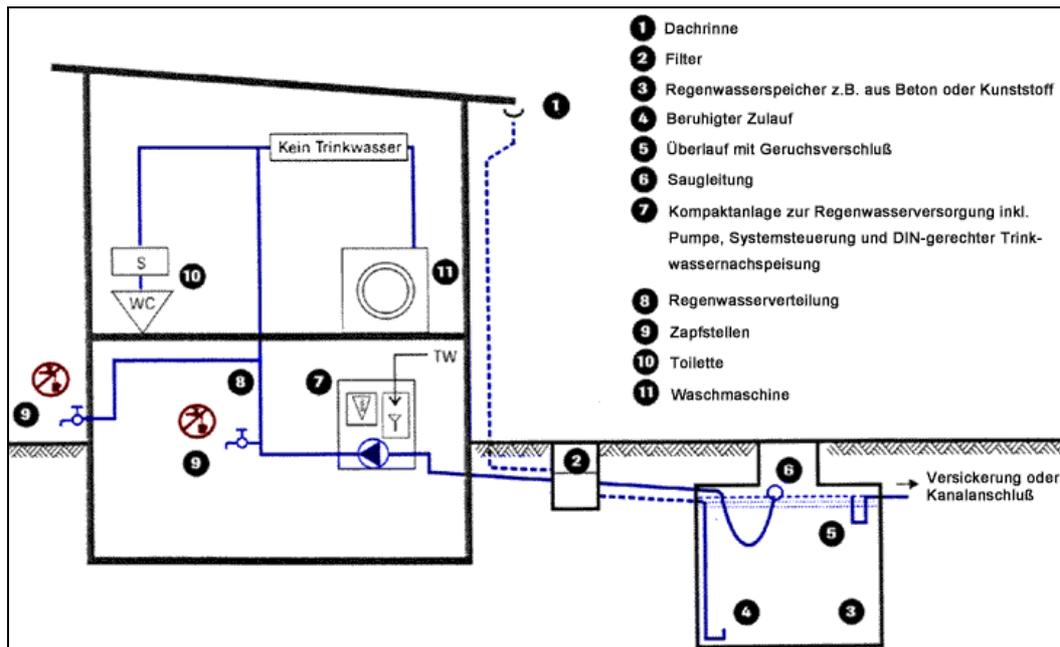


Abbildung 3.1-1: Funktionsprinzip Regenwassernutzungsanlage²⁸

Filter

Ein weiterer Gesichtspunkt ist die Wahl des Filters, der dazu dient, anfallende Schmutzpartikel abzufangen. Man unterscheidet in ihrer Bauart und Funktion Filter mit und ohne Schmutzabtrennung. Der Filter mit Schmutzabtrennung trennt einen ersten Anteil des Regens, der besonders mit Schmutzpartikeln angereichert ist, von der Zuleitung des Vorratsbehälters ab, wodurch ein Wasserverlust von ca. 10% auftritt.

Die Filter ohne Schmutzabtrennung fangen das Filtergut im Verlauf der Zu- oder Entnahmeleitung direkt ab und bedürfen somit höheren Wartungs- und Reinigungsaufwandes.

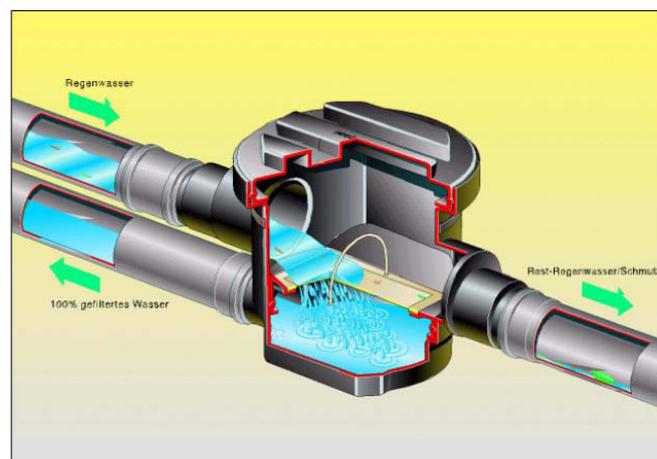


Abbildung 3.1-2: Filter mit Schmutzabtrennung²⁹

²⁸ Quelle: Marktübersicht Regenwassernutzung. Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V., 2001

Zulauf

Der Zulauf in den Speicher muss beruhigt erfolgen, um das Aufwirbeln der Sedimentationsschicht und absinkender Teilchen zu verhindern. Ein Zulauf von unten begünstigt die Anreicherung mit Sauerstoff und gewährleistet eine aerobe mikrobiologische Reinigung, die in der sich bildenden Sedimentationsschicht erfolgt.

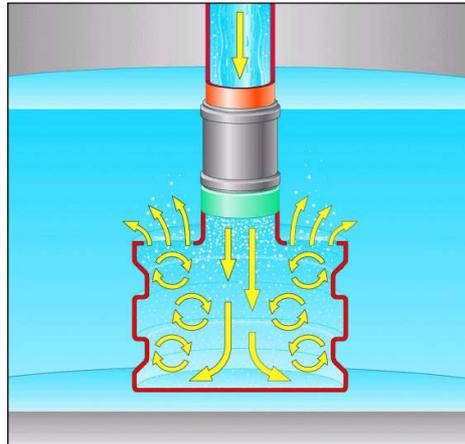


Abbildung 3.1-3: Beruhigter Zulauf³⁰

Speicher

Der Regenwasserspeicher muss sicher und dauerhaft in den Grund eingelassen werden. Setzrisse sowie ein Aufschwimmen durch Grundwasser müssen vermieden werden.

Speicher werden auf dem Markt als Beton- oder Kunststoffspeicher angeboten und liegen üblicherweise in einem Größenbereich von ca. 1 – 10 m³. Größer dimensionierte Speicher sind ebenfalls erhältlich, werden jedoch meist in Großprojekten verwendet. Während Kunststoffspeicher sich durch ihr geringes Gewicht und eine daraus einhergehende leichte Handhabung auszeichnen, sind Betonspeicher meist kostengünstiger in der Anschaffung, belastbarer und in allen Größen erhältlich.

Bei der Wahl des richtigen Materials sollte der jeweilige Aufwand beim Einbau berücksichtigt werden.

Bezüglich der Qualität des gespeicherten Wassers sind keine gravierenden Unterschiede zwischen den Materialien festzustellen, so dass keine Auswirkungen auf die vorgesehene Nutzung zu erwarten sind.

²⁹ Quelle: Profirain, Modulare Regenwassernutztechnik für Haus und Garten, Wohnanlagen, Gewerbe und Industrie; WWW- Dokument vom 23.07.2003 (Adresse: http://www.profirain.de/de/einzelprodukte_privat.htm)

³⁰ Quelle: Profirain, Modulare Regenwassernutztechnik für Haus und Garten, Wohnanlagen, Gewerbe und Industrie; WWW- Dokument vom 23.07.2003 (Adresse: http://www.profirain.de/de/einzelprodukte_privat.htm)

Überlauf

Gemäß DIN 1989/1 vom April 2002 (Regenwassernutzungsanlagen/ Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung) werden Überläufe mit einem Geruchsverschluss und einer Kleintiersperre hergestellt.

Bei starken Regenfällen kann sich der Speicher so weit füllen, dass es erforderlich wird, Regenwasser überlaufen zu lassen. Der Überlauf kann im Kanalsystem münden, eine Versickerung dieses Wassers ist ebenfalls möglich. Für eine gezielte Versickerung überschüssigen Wassers werden auf dem Markt kombinierte Komplettsysteme angeboten.

Die Reinigungsleistung wirkt sich günstig aus, wenn das Überlaufrohr abgeschrägt ist. Dies bewirkt zu Beginn eines Überlaufereignisses eine erhöhte Strömungsgeschwindigkeit, durch die die schwimmenden Partikel besser abgeführt werden (sog. Skimmereffekt).

Bei einem Anschluss an den Kanal sollte die Rohrsohle des Ablaufes oberhalb der Rückstauenebene des Kanals liegen, um einen Schutz vor Rückstau in den Speicher zu gewährleisten. Die Oberkante Strasse/ Kanalschachtabdeckung bildet die maßgebliche Rückstauenebene, wenn in der Entwässerungssatzung der Betreiber der Abwasseranlagen nicht anderes angegeben ist.



Abbildung 3.1-4: Regenwasserüberlauf³¹

Pumpen

Neben der Dimensionierung des Vorratsbehälters in Abhängigkeit des Betriebswasserbedarfes und des regional anfallenden Niederschlagswassers unterscheiden sich die Anlagensysteme im wesentlichen durch den Einsatz der Pumpentechnik. Hinsichtlich des benötigten Wasserdruckes und der Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen stehen heutzutage verschiedenartige Techniken zur Verfügung, deren Einsatz den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden kann.

³¹ Quelle: Profirain, Modulare Regenwassernutztechnik für Haus und Garten, Wohnanlagen, Gewerbe und Industrie; WWW- Dokument vom 23.07.2003 (Adresse: http://www.profirain.de/de/einzelprodukte_privat.htm)

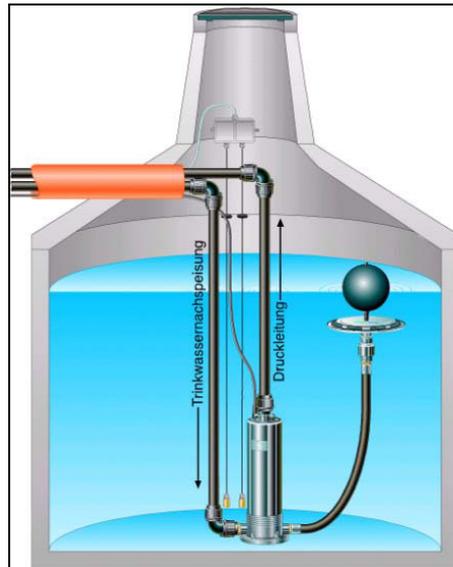


Abbildung 3.1-5: Schnitt Regenwasserzisterne mit Pumpe³²

Trinkwassernachspeisung

Trockenperioden können zu einem Regenwassermangel führen, so dass die Versorgung über eine Einspeisung von Trinkwasser sichergestellt werden muss.

Seit Beginn der Entwicklung von Regenwassernutzungsanlagen wird Trinkwasser in Bedarfsfällen direkt dem Speicher zugeführt. Unter Beachtung der DIN 1988 darf dies nur als „freier Auslauf“ geschehen, durch den eine direkte Verbindung der Trinkwasser- und Regenwasserleitungen vermieden wird. Die Trinkwasserübergabe muss stets so installiert sein, dass ein Rückstau von der Zisterne zum Gebäudeinneren unterbunden wird.

In den letzten Jahren führte der Bedarf an technischen Neuerungen zu der Entwicklung der Modultechnik, die, dem jeweiligen Bedarf angepasst, mittlerweile in jedem Anwendungsfall eingesetzt werden kann.

Trinkwassernachspeisemodule werden im Gebäudeinneren eingesetzt und bestehen aus einem Vorlagebehälter, der Anlagensteuerung, einer für die Druckerhöhung zuständigen Kreiselpumpe und dem geforderten freien Auslauf nach DIN 1988.

In dieser Bauweise werden mehrere Komponenten der Anlage zusammengefasst und kompakt angeboten. Dies führt zu einem geringeren Planungsaufwand, Installationsfehler können im Vorwege vermieden werden.

³² Quelle: Profirain, Modulare Regenwassernutztechnik für Haus und Garten, Wohnanlagen, Gewerbe und Industrie; WWW- Dokument vom 23.07.2003 (Adresse: http://www.profirain.de/de/einzelprodukte_privat.htm)

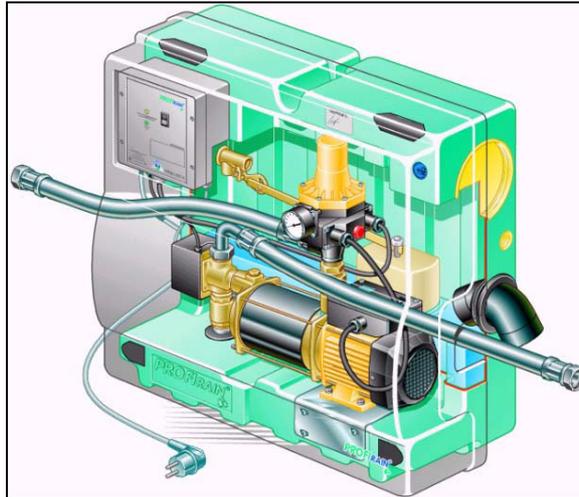


Abbildung 3.1-6: Regenwassermodul³³

Anlagensteuerung

Die Steuerung der Pumpentechnik sowie der Schutz vor Trockenlaufen der Pumpen sind heutzutage vollautomatisiert und meist in den Trinkwassernachspeisemodulen enthalten. Es wird ebenfalls die erforderliche Menge an Trinkwasser reguliert und über Magnet-Ventile abgegeben.

Eine automatische Anlagensteuerung, die zusätzlich eine optische Füllstandsanzeige aufweist und mit Sicherheitseinrichtungen ausgestattet ist, die einen übermäßigen Verbrauch, verursacht durch technische Störungen, verhindert, ist empfehlenswert.

Sammelflächen

Im Vorwege ist die Qualität des Dachablaufwassers, die im wesentlichen von der Verunreinigung des Wasser vor dem Auftreffen auf das Dach und der Oberflächenbeschaffenheit der Dachhaut selbst abhängt, zu beurteilen.

Vorwiegend in städtischen Bereichen befinden sich in der Luft Schmutzpartikel, die im Falle eines Regenereignisses von Wassertropfen aufgenommen werden und somit das Wasser verunreinigen.

Als Dachdeckungen werden glatte und chemisch neutrale Flächen als ideal angesehen, da sich auf ihnen, im Gegensatz zu rauen Oberflächen (z.B. Betondachsteine) weitaus weniger Staub aus der Luft ablagern kann, der vom Regen in den Regenwasserspeicher gespült wird³⁴.

Das Einbeziehen von Hof- und Verkehrsflächen ist aufgrund andersartiger Verunreinigungsformen, verursacht durch KfZ oder auch Tierkot, nur bedingt möglich und erfordert in Abhängigkeit der Nutzung meist aufwändigere Reinigungsstufen.

³³ Quelle: Profirain, Modulare Regenwassernutztechnik für Haus und Garten, Wohnanlagen, Gewerbe und Industrie; WWW- Dokument vom 23.07.2003 (Adresse: http://www.profirain.de/de/produkte_privat.htm)

³⁴ König, K. 1996, S.39f

3.1.3 Anwendbarkeit auf das Projektgebiet

Ziel dieser Untersuchung ist es, ein Regenwassernutzungskonzept zu entwerfen, das den Anforderungen an eine wartungsarme, energiesparende, effiziente und finanzierbare Anlage gerecht wird.

Eine ganze Reihe von Faktoren geben den Ausschlag für die Wahl des richtigen Systems, so dass eine Gegenüberstellung vorgewählter Anlagen zweckmäßig erscheint. Die Betrachtung dieser Anlagen in der vorliegenden Blockrandbebauung, wie in der folgenden Gegenüberstellung dargestellt, erfolgt individuell für dieses Projektgebiet, d.h. das Übertragen der behandelten Kriterien auf andere Projekte ist nur in den Fällen möglich, in denen sich die Geometrien sowie andere örtliche Gegebenheiten ähneln.

Erste Kenntnisse über das betrachtete Gebiet lassen schon Aussagen darüber zu, ob der Bau einer Regenwassernutzungsanlage überhaupt möglich ist.

Da die technischen Möglichkeiten für eine Umsetzung in der heutigen Zeit auch für umfangreiche Projekte gegeben sind und die Voraussetzungen und Anforderungen mittlerweile in DIN-Normen und Merkblättern (DIN 1988, DIN 1989, DIN 2001, TWV, AVBWasserV) zusammengefasst und festgelegt worden, werden in technischer Hinsicht keine ausschlaggebenden Probleme auftreten.

Daher erfolgt im ersten Schritt eine kritische Betrachtung des zur Verfügung stehenden Platzes für die Sammelbehälter einerseits und die technischen Anlagen innerhalb der Gebäude andererseits.

Parallel dazu müssen die vorhandenen Auffangflächen in ihrer Art und ihrer Größe dazu geeignet sein, das Regenwasser nicht in besonderem Maße zu verunreinigen und eine sinnvolle Dimensionierung der Anlage zu gewährleisten.

Im Anschluss erfolgt eine Gegenüberstellung verschiedener Varianten, die sich in der Größe der angeschlossenen Fläche, in der Anzahl der angeschlossenen Verbraucher und letztendlich in der Lage des Regenspeichers unterscheiden.

Nach einer Beurteilung der Varianten werden die erforderlichen Speichergrößen mit Hilfe der EDV dimensioniert, so dass ein technisches Konzept entwickelt werden kann, in dem alle Komponenten, die den Weg des Regenwassers vom Dach bis zur Verbrauchsstelle sichern, berücksichtigt werden.

Die Betrachtung eines Systems wird mit einer Mengenermittlung und einer Materialliste abgeschlossen, mit deren Hilfe Kostenschätzungen vorgenommen werden.

Darüber hinaus erfolgt eine Bewertung der Investitionsvolumina und der Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Umgebung.

Platzbedarf



Abbildung 3.1-7: Lageplan Innenhof

Der Innenhof erstreckt sich über eine Gesamtlänge von ca. 75m und einer Breite an der schmalsten Stelle von ca. 11m.

Der verfügbare Platz begünstigt den Bau eines Erdspeichers im Innenhof, auf die Betrachtung einer vollständigen Regenwasserspeicherung innerhalb der Gebäude wird daher verzichtet. In diesem Fall würde ein unverhältnismäßig hoher Aufwand entstehen, der durch den Bau des Speichers und die notwendigen Anschlüsse an andere Gebäude verursacht würde.

Erdspeicher, ob aus Beton oder Kunststoff benötigen in der Regel einen Raum im Boden mit einem Durchmesser von bis zu 3m und einer Tiefe bis zu 3m. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass unter Berücksichtigung von Mindestabständen ausreichend Raum zur Verfügung steht.

Die zur Regenwassernutzung ausgewählten Gebäude benötigen gegebenenfalls innenseitig eine Freifläche zur Bereitstellung der Anlagensteuerung, der Pumpentechnik und eventueller Vorratsbehälter.

Dieser Raum muss sich innerhalb der Unterkellerung bzw. im Erdgeschoss befinden. In der Regel wird hierfür ein Platz von ca. 3-5 m² beansprucht, es besteht also vielfach die Möglichkeit, diese Systemkomponenten in einen Raum zu integrieren, der für anderweitige Nutzung, wie z.B. Heizraum o.ä., vorgesehen ist.

Eignung der Ablaufflächen

Entscheidend für eine sinnvolle Dimensionierung einer Regenwassernutzungsanlage ist neben dem Regenenertrag die Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen.

Eine Großzahl der Dächer sind als Satteldächer ausgebildet, was dazu führt, dass ein Anteil des Regenwassers straßenseitig, der andere Anteil innenhofseitig abgeführt wird.

Die Dacheindeckungen bestehen im wesentlichen aus Betondachsteinen, vereinzelt sind Bitumenbahnen oder Bitumenschindeln vorhanden.

Hinsichtlich des Verschmutzungspotentials von Bitumendächern wird von einer ausreichenden Wasserqualität aller Dachflächen ausgegangen.

3.1.4 Methodik der Untersuchung

Die Auslegung der Regenwassernutzungsanlage wird für zwei verschiedene Grundmodelle erfolgen.

In einem ersten Schritt werden für den Block zwei voneinander unabhängige Systeme gewählt (Modell 1), die jeweils eine Hälfte des Gebäudebestandes in das Anlagensystem integrieren.

Auf dieser Grundlage werden zwei Fallunterscheidungen vorgenommen. Die eine beinhaltet sämtliche geeignete Dachflächen als Ablaufflächen (Modell 1.1), die andere lediglich die im Innenhof entwässerten (Modell 1.2).

Die anschließende Ermittlung der Verbrauchsstellen wird sich nach dem reell auftretenden Betriebswasserbedarf einerseits (Modell 1.1.1 und Modell 1.2.1) und einem optimierten andererseits richten (Modell 1.1.2 und Modell 1.2.2).

Darauffolgend wird der Block als Gesamteinheit betrachtet (Modell 2), in der die Regenwassernutzungsanlage als zentrales System dimensioniert wird.

Die Fallunterscheidungen verlaufen analog zu dem Modell 1, durch die Betrachtung des Gesamtsystems werden sich die Eingangsdaten verändern.

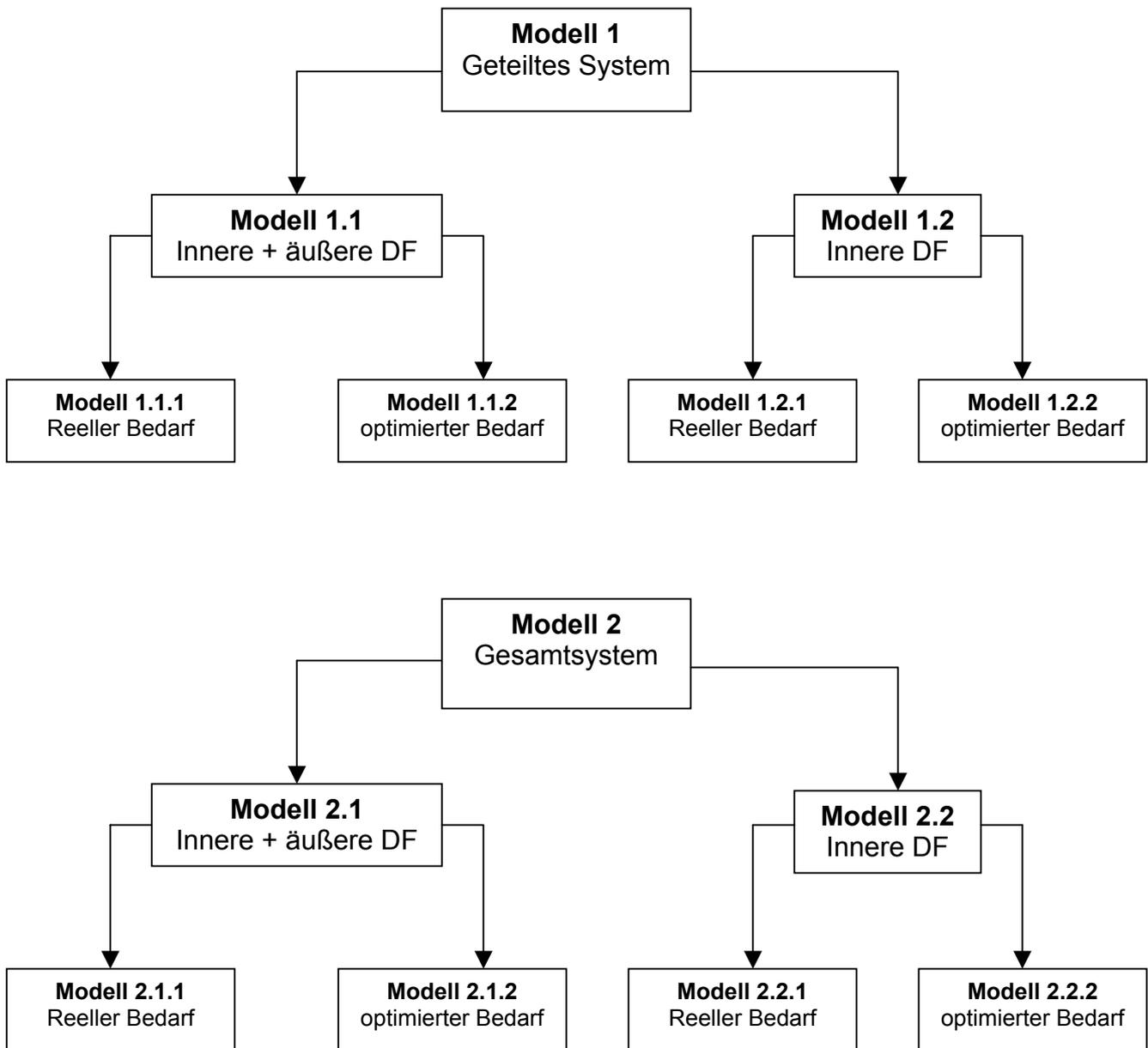


Abbildung 3.1-1: Modellaufteilung Regenwassernutzung

3.1.5 Berechnungsgrundlagen

Software

Die Software „Rainplaner“ in der Version 6.1b ist ein von der Softwareentwicklung Feriani entworfenes Programm und dient der Bemessung von Regenwasserspeichern und der damit verbundenen Pumpenleistung sowie verschiedenen Möglichkeiten der Regenwasserversickerung.

In Anlehnung an die DIN 1989/1 vom April 2002 wird die Speichergröße nach dem differenzierten Verfahren ermittelt, in dem individuelle Verbrauchscharakteristiken und tägliche Niederschlagsmengen berücksichtigt werden. Dies ermöglicht eine Simulation des Anlagenbetriebes mit einer theoretischen Simulationszeit von bis zu 100 Jahren.

Sämtliche berechnungsrelevante Parameter können individuell angepasst werden. So kann eine projektbezogene Berechnung durchgeführt und vorherrschende Verbrauchsstrukturen einbezogen werden.

In diesem Fall erfolgt die Berechnung für eine 10-jährige Simulationszeit von 1980-1989. Die täglichen Niederschlagswerte dieses Zeitraumes sind für den Bereich Hamburg bereits im Programm enthalten.

Regenertrag

Der Regenertrag ist eine maßgebliche Größe zur Dimensionierung von Regenwasserzisternen.

Er ist abhängig von der Größe der gewählten Auffangflächen.

Auffangflächen

		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	Dachflächen gesamt
Adresse		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	37a	83,70	240,90	324,60 ¹
	39	0,00	251,60	251,60 ¹
	40	0,00	123,70	123,70 ¹
	42	49,40	49,30	98,70 ¹
	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse	2	29,96	113,28	143,24 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
	8-12	195,80	193,40	389,20 ¹
	14	74,50	132,90	207,40 ¹
Summen		1326,17	1830,30	3156,47

Tabelle 3.1-1: Dachflächen

¹Datenerfassung über Nemetschek

²Datenerfassung über Planvermessung

³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung

Niederschlagsdaten

Für die Berechnung nach dem differenzierten Verfahren der DIN 1989/1 müssen tägliche Niederschlagshöhen erfasst werden, die sich über einen Zeitraum von mindestens 5 Jahren erstrecken sollten. Die Daten für den Bereich Hamburg stehen für einen 10-jährigen Simulationszeitraum im Programm Rainplaner zur Verfügung und werden als Vorgabe herangezogen. Auf eine Auflistung der Parameter wird daher an dieser Stelle verzichtet, der jährliche Niederschlagsverlauf in graphischer Darstellung kann Anhang I entnommen werden.

Ermittlung der Anschlussstellen

Die Größe der Dachfläche steht in einem mehrstöckigen Wohngebäude in einem schlechten Verhältnis zu der Anzahl der Verbraucher, so dass davon ausgegangen werden kann, dass nur ein Teil der Gebäude an die Nutzung angeschlossen werden kann. Im Falle einer realen Umsetzung würde die Wahl unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien verlaufen. Herrscht unter den beteiligten Eigentümern Einigkeit darüber, wer für eine Regenwassernutzung vorgesehen wird, kann beispielweise die Sanierungsbedürftigkeit von Gebäuden eine Rolle spielen. Sind Erneuerungsmaßnahmen in naher Zukunft geplant, bietet sich eine Integration der Regenwassernutzungstechnik an, der im Erd- oder Kellergeschoss verfügbare Platz kann ebenfalls ausschlaggebend sein.

Eine andere Betrachtungsweise, die genaue Ergebnisse liefert, legt bei der Wahl der anzuschließenden Verbrauchsstellen ein rechnerisch günstiges Verhältnis der Dachflächengröße zu der Anzahl der Verbraucher zugrunde, so dass die Wahl auf die Gebäude fallen kann, die in der Summe der gewünschten Verbraucheranzahl entsprechen.

Vereinfacht gesagt gibt es folgende Möglichkeiten:

- Entscheidungen der Eigentümer, gestützt auf persönliche Belange, Sanierungsbedarf, Raumverfügbarkeit, Installationsaufwand
- Darauf folgende Dimensionierung des Speichers (bei Vergrößerung des Speichervolumens nur bedingt möglich)

Oder:

- Rechnerische Optimierung des Deckungsgrades durch Ermitteln der günstigsten Verbraucherzahl
- Anschließende Wahl der Gebäude mit der entsprechenden Verbraucherzahl

Betriebswasserbedarf

Der tägliche Wasserverbrauch jedes einzelnen Bewohners richtet sich in der Regel nach statistischen Werten, die auch in der DIN 1989/1 aufgeführt werden.

Ein Vergleich des tatsächlichen Verbrauchs mit den statistischen Werten hat gezeigt, dass diese großen Schwankungen unterliegen.

Zukünftige Veränderungen in der Verbrauchsstruktur sind nur schwer abzuschätzen, ebenso ist es schwierig, eine Annahme darüber zu treffen, in welchen Zeitabständen ein Mieteraustausch stattfindet, aus dem ebenfalls Veränderungen hervorgehen können.

Jedoch wird bei den vorliegenden Verbrauchszahlen, die überwiegend höher liegen als die statistischen, davon ausgegangen, dass neben einem verbrauchertypischen Umgang mit Wasser technische Einrichtungen zur Einsparung von Trinkwasser von entscheidender Bedeutung sind.

Gegenüber veralteter Technologien, die zur Toilettenspülung 9-14 Liter Wasser vorsehen, können wassersparende Toiletten, moderne Wasch- und Spülmaschinen oder der Einbau von Durchflussbegrenzern den Verbrauch deutlich reduzieren.

Um dem Umstand Rechnung zu tragen, dass technische Neuerungen im Gebäudebestand erst im Laufe der Zeit eingebaut werden und viele Wohnbereiche noch mit veralteten Technologien ausgestattet sind, werden die weit über dem Mittelwert liegenden Verbrauchszahlen mit einem Korrekturfaktor versehen (s.u.).

Die Bedarfswerte, die der Berechnung als Eingangswerte dienen, sind gebäudebezogen in der folgenden Tabelle dargestellt.

Der Korrekturfaktor wird mit 0,8 angenommen, was bedeutet, dass eine zukünftige Wassereinsparung von 20% durch technische Maßnahmen im Haus und Mieterwechsel mit dadurch verbundenen Verbrauchsänderungen geschätzt wird.

Zur Abschätzung der Korrektur sei an dieser Stelle auf eine Arbeitsstudie des Fraunhofer- Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung hingewiesen³⁵, in dem eine Abschätzung der Einsparung an Trinkwasser vorgenommen wird. Der Vergleich bezieht sich auf die konventionelle Spartechnologie gegenüber der veralteten und hat zum Ergebnis, dass für einen 4-Personen-Haushalt 28% an Trinkwasser für Toilette und Bad gegenüber dem statistischen Verbrauch eingespart werden kann.

Die Nutzung von Toilette und Bad macht im Jahr 2000 63% des Trinkwasserverbrauchs aus, woraus folgende Einsparmöglichkeit am Gesamt- Trinkwasserverbrauchs hervorgeht:

$$63\% \quad \bullet \quad 28\% \quad = 17,64 \%$$

Anteil Toilette und Bad am Gesamt-Trinkwasserverbrauch	Einsparmöglichkeit	Einsparung am Gesamt- Trinkwasserverbrauch = Korrektur
--	--------------------	--

Aus der möglichen Einsparung von 17,64 % ergibt sich der gerundete Korrekturfaktor von 0,8, der zusätzlich eine Veränderung der Nutzungsgewohnheiten der Bewohner berücksichtigt und somit als ausreichend genau angesehen werden kann.

Die Daten für einen optimierten Betriebswasserbedarf sind in einer beispielhaften Auslegung verschiedener Wassersparmaßnahmen in der Feldstr. 47 von Indo Dhingra in einer Diplomarbeit in Hamburg erarbeitet worden und werden in dieser Untersuchung übernommen.

Die Werte des optimierten täglichen Bedarfs ergeben sich aus der Überlegung, dass urinseparierende Toiletten zur Anwendung kommen, die einen täglichen Spülwasserbedarf von 6l pro Person haben. Hinzu kommt der statistische Verbrauch für Waschmaschinen mit dem der DIN 1989/1 entnommenen Wert von 10 l/d.

³⁵ Fraunhofer- Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.), Arbeitsstudie 1999; Kapitel 3.2.1

Adresse				Trinkwasserbedarf			Betriebswasserbedarf				
				jährlich	tägl. / p.P. / reell		tägl. / p.P. / reell/ teils korrigiert		tägl. / p.P. / optimiert ⁴	jährlich/ reell	jährlich/ optimiert
					privat	gewerbl.	privat	gewerbl.	privat+ gewerbl.		
privat	gewerbl.	m ³ /a	l/d	l/d	l/d	l/d	m ³ /a	m ³ /a			
Feldstrasse	37a	37	12 ⁶	1591	114	4	45	4	16	619	286
	39	0	10 ⁶	73	0	20	0	12	6	44	22
	40	0	5 ⁶	37	0	20	0	12	6	22	11
	42	10 ⁴	0	471	129	0	129	0	16	471	58
	44	13	0	1156	244	0	76 ¹	0	16	361	76
	45	12	4	650	141	21	55 ²	12	16	259	93
	46	11	0	967	241	0	75 ¹	0	16	302	64
	47	25	8	1918	204	20	64 ¹	20	16	638	193
Glashüttenstrasse	1	30	0	1413	129	0	50 ³	0	16	551	175
	2	12	0	565	129	0	50 ³	0	16	220	70
	3	23	3	1083	129	0	50 ³	12	16	435	152
Mathildenstrasse	2	15	0	989	181	0	70 ²	0	16	386	88
	4	8	0	683	234	0	73 ¹	0	16	213	47
	6	14	0	447	87	0	34 ²	0	16	174	82
	8-12	43 ⁴	0	2025	129	0	50 ³	0	16	785	251
	14	14 ⁴	0	659	129	0	50 ³	0	16	256	82
Summen		224	42	14726	2091	86	822	72	236	5735	1750

Tabelle 3.1-2: Wasserbedarf im Projektgebiet 2002

¹ 39% des reellen Trinkwasserverbrauchs inkl. Faktor 0,8

² 39% des reellen Trinkwasserverbrauchs ohne Faktor 0,8

³ nach personenbezogenem Tagesbedarf der DIN 1989/1

⁴ geschätzter Wert (Anzahl WE x 1,8)

⁵ geschätzter Wert (Anzahl WE x 1,2)

⁶ geschätzter Wert

3.1.6 Modell 1 – RWNA des geteilten Systems

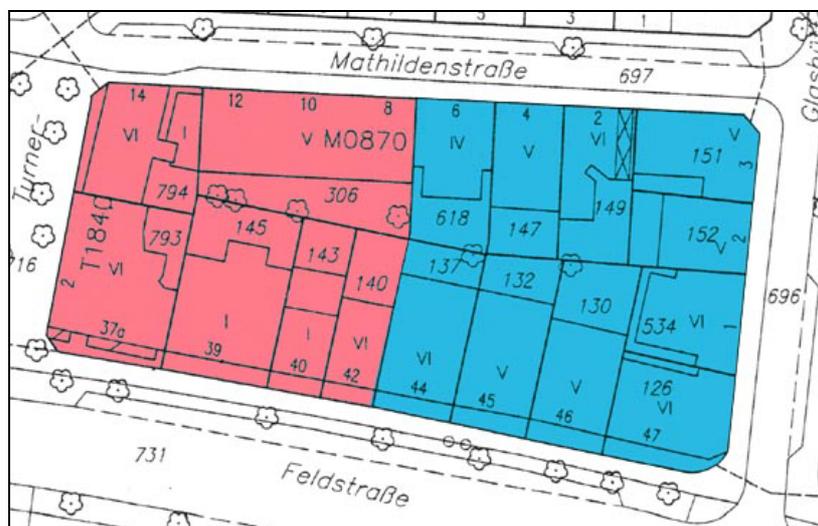


Abbildung 3.1-2: Lageplan Modell 1 RWNA des geteilten Systems

Unabhängig von installations- und bautechnischen Gesichtspunkten bietet der Typ des Modells 1 den Vorteil, dass die zusammengefassten Gebäude relative wenige verschiedene Eigentümer haben.

Bei einer Betrachtung der rechtlichen Situation dieser eigentumsübergreifenden Lösungen ist es wünschenswert, wenige Eigentümer zu involvieren, um den Verwaltungsweg möglichst einfach zu gestalten.

In der weiteren Vorgehensweise können jedoch nur rechtliche Hinweise gegeben werden, eine tiefere Erörterung dieser Aspekte kann im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht stattfinden.

Die modellhafte Betrachtung dieser Systeme verschafft Klarheit über die Anwendbarkeit in diesem Umfang, über die Einsparpotentiale und den ökologischen Nutzen.

Die technische Umsetzung mit effizienten und energiesparenden Komponenten langer Lebensdauer wird hier geplant und optimiert, indem eine Gegenüberstellung und Beurteilung verschiedener Varianten stattfindet.

Die Notwendigkeit, den Block in zwei Teile zu splitten, kann schon daraus hervorgehen, dass störende Bauwerke im Innenhofbereich einer sinnvollen Auslegung für den gesamten Gebäudebestand entgegenstehen.

Neben diesem Aspekt erscheint eine Übertragung der ermittelten Daten auf andere Projekte, die über ähnliche Rahmenbedingungen verfügen, zweckmäßig und realitätsnah.

Die Lösung der technischen Problemstellungen stellt angesichts der mittlerweile weit fortgeschrittenen Entwicklung diverser Anlagenkomponenten unter Berücksichtigung des Platzbedarfes kein Problem dar, welches eine Umsetzung in Frage stellen würde.

Ziel ist vielmehr die Beurteilung, welche Hindernisse bei der Integration einer Regenwassernutzungsanlage in einen Gebäudebestand dieser Art auftreten und mit welchen Umständen und Schwierigkeiten zu rechnen ist.

Weitergehend sind die mit der Trinkwassersubstitution und somit einer verminderten Grundwasserentnahme einhergehenden Auswirkungen auf die Wasserbilanz von ausschlaggebender Bedeutung und sollen abschließend abgeschätzt werden.

Letztendlich ist die Akzeptanz der Eigentümer zum Bau einer Regenwassernutzungsanlage neben einem ökologischen Bewusstsein eng verknüpft mit der Finanzierbarkeit und Amortisation des Projektes, die sich in einem angemessenen Zeitraum einstellen sollte.

Die Auslegung erfolgt im weiteren Verlauf zunächst für die blau hinterlegte Fläche (siehe Abbildung 3.1-2). Aufgrund sehr ähnlicher Randbedingungen kann bei Bedarf mit geringfügiger Modifizierung der Daten eine Übertragung der Ergebnisse auf die andere Hälfte (rot hinterlegt) erfolgen.

Vorgehensweise

Die Datenermittlung basiert darauf, die einbezogenen Dachflächen zu variieren, wodurch sich die Werte des Regenertrags ändern.

Die Dimensionierung des Speichers wird in einem ersten Schritt für sämtliche Dachflächen vorgenommen. Da die Bemessung unter Berücksichtigung der Anzahl der angeschlossenen Verbraucher erfolgt, wird als weiterer Unterpunkt zwischen dem reell vorhandenen und einem mittels moderner Spartechnologie erreichbaren optimierten Betriebswasserbedarf unterschieden.

Im zweiten Schritt werden alle im Innenhof entwässerten Dachanteile der Berechnung zugrundegelegt, was unmittelbare Auswirkungen auf die Speichergröße und die Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen haben wird.

Man erhält somit eine Spanne der Ablaufflächen zwischen 800-1500 m².

Über den Zusammenhang zwischen Dachablauffläche und den angeschlossenen Verbrauchsstellen können Aussagen darüber getroffen werden, welche Auswirkungen zu erwarten sind, wenn aufgrund technischer oder andersartiger Umstände einzelne Dachflächenanteile vom System ausgeschlossen werden müssen.

3.1.6.1 Modell 1.1 – RWNA aller Dachflächen

Es werden alle im Innenhof und zur Strasse entwässerten Dachflächenanteile der Berechnung zugrundegelegt. Mit Hilfe des auf diese Weise ermittelbaren Regenertrages wird EDV-gestützt die Anzahl der Verbraucher variiert, um sich einem günstigen Deckungsgrad anzunähern.

Das Umleiten des straßenseitig abgeführten Regenwassers in den Innenhof bedeutet zusätzlichen Aufwand. Die Möglichkeiten dieser Umsetzung werden in Kapitel 3.1.7.5.1 behandelt.

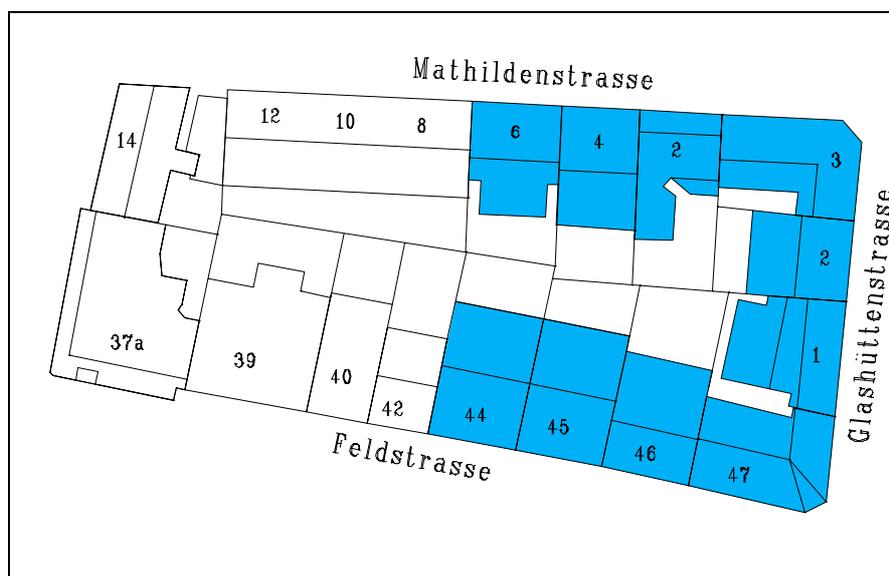


Abbildung 3.1-3: Modell 1.1 Regenwassernutzungsanlage aller Dachflächen

3.1.6.1.1 Eingangsdaten**Auffangflächen**

Adresse		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	Dachflächen gesamt
		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse	2	29,96	143,24	173,20 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
Summen		922,78	868,47	1791,24

Tabelle 3.1-3: Modell 1.1 Dachflächengrößen¹Datenerfassung über Nemetschek²Datenerfassung über Planvermessung³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung**Betriebswasserbedarf**

Der jährliche Betriebswasserbedarf hängt von der Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen ab. Die Größenordnung der Verbrauchsstellen wird im Vorwege nicht festgelegt, sondern zusammen mit verschiedenen Speichergrößen variiert.

Die Ergebnisse werden in dem folgenden Abschnitt ermittelt.

3.1.6.1.2 Berechnungsgang

Im Folgenden werden diverse Speichergrößen zugrundegelegt. Die Volumina zwischen 5 – 70 m³ bieten einen ausreichenden Spielraum für die Ermittlung einer optimalen Speichergröße und überspannen den Bereich, in dem eine wirtschaftliche Dimensionierung zu erwarten ist.

Mit Hilfe der EDV werden diesen Speichergrößen verschiedene Betriebswasserverbrauchsgrößen (150 – 1048 m³/a) zugeordnet, um auf die jeweiligen Deckungsgrade der Kombinationen zu schließen.

Der Deckungsgrad bezeichnet die prozentuale Einsparung an Trinkwasser und stellt eine maßgebliche Größe bei der Speicheroptimierung dar.

jährl. Betriebswasserbedarf in m³	Speichergrößen in m³								
	5	10	15	20	25	30	35	50	70
	Deckungsgrad in %								
150	95,8	99,9	100	100	100	100	100	100	100
299	81,7	93,6	97,6	99,3	99,9	100	100	100	100
449	70	83,9	90,7	94,7	97,1	98,5	99,3	100	100
599	61,6	75,3	83,2	87,8	91,0	93,6	95,4	98,6	100
748	55,1	68,0	75,9	81,3	84,8	87,4	89,7	94,8	97,9
898	49,9	62,0	69,3	74,7	78,6	81,5	83,8	89,4	94,2
1048	45,4	57,0	63,7	68,8	72,6	75,6	77,8	83,4	87,7

Tabelle 3.1-4: Modell 1.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

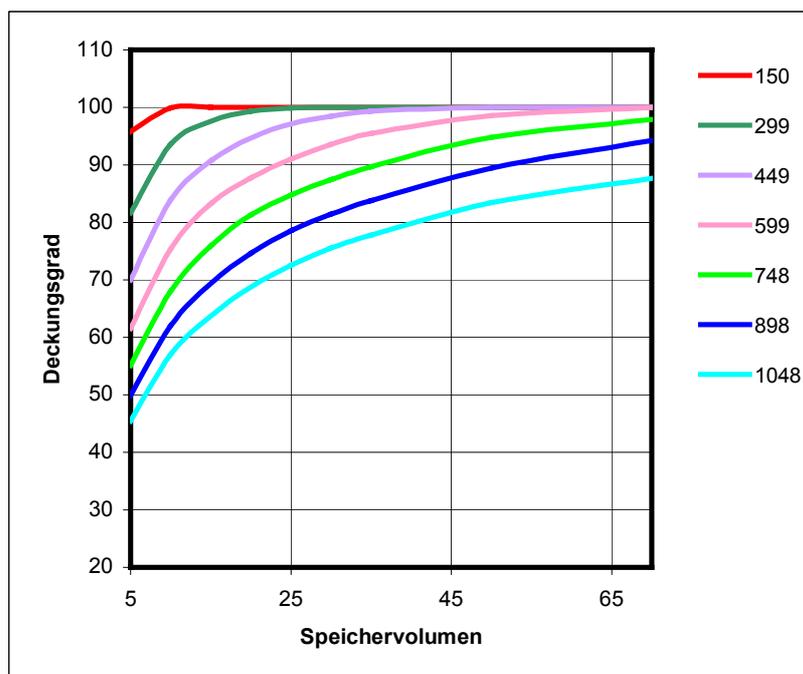


Abbildung 3.1-4: Modell 1.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

3.1.6.1.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen

Ziel dieser Berechnung ist es, einer Verbrauchszahl eine möglichst günstige Speichergröße zuzuordnen zu können. Es sollen bei der Dimensionierung möglichst viele Verbrauchsstellen angeschlossen werden, die über ein wirtschaftlich bemessenes Regenwasserreservoir verfügen. Zu berücksichtigen ist bei der Iteration neben der Trinkwassereinsparung auch die Menge des Wassers, die bei Überlaufereignissen der Nutzung verloren geht. Dieser Anteil sollte ein regelmäßiges Überlaufen zur Selbstreinigung gewährleisten, jedoch wäre bei einer übermäßigen Menge der Grad der Ausnutzung des Regenwassers zu gering.

Eine Regenwassernutzungsanlage sollte in der Regel einen Deckungsgrad zwischen 60-80 % erreichen.

Die Verbrauchszahlen 150 m³/a, 299 m³/a und 449 m³/a weisen zwar sehr hohe Deckungsgrade auf, der Verlust an übergelaufenem Regenwasser wäre allerdings zu hoch, zudem können bei höherem Verbrauch noch sehr ausreichende Deckungsgrade erreicht werden.

Gut zu erkennen ist der Verlauf der drei übrigen Kurven, die zunächst fast linear ansteigen und bei einer Speichergröße zwischen 10-15 m³ einen Knick erfahren. Bei weiterem Ansteigen der Speichergröße erhöht sich der Deckungsgrad nichtlinear, die Steigung sinkt stetig und strebt bei sehr großen, hier nicht mehr aufgezeigten Speichervolumina gegen Null.

Daher kann der Bereich um den Knickpunkt als derjenige betrachtet werden, in dem der Speicher bezogen auf den Betriebswasserbedarf eine wirtschaftlich günstige Größe erreicht hat.

Somit werden im weiteren Verlauf diejenigen Kurven betrachtet, deren Knickpunkt sich im Bereich eines Deckungsgrades zwischen 60-90 % befindet.

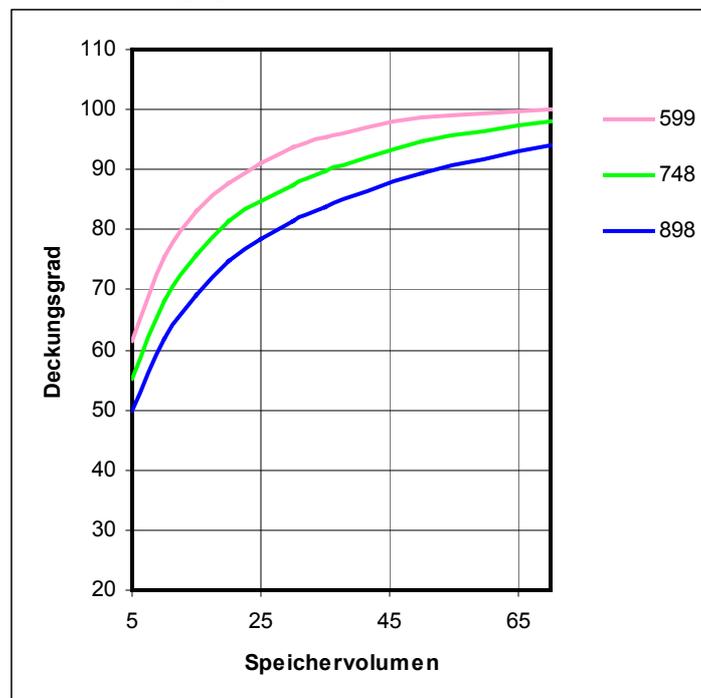


Abbildung 3.1-5: Modell 1.1 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen

Günstige Speichergrößenbereiche der drei selektierten Verbrauchsgrößen:

	Speichergrößenbereich in m ³	Deckungsgrad in %
jährl. Betriebswasserbedarf		
in m ³		
599	12-17	78-86
748	12-17	71-78
898	10-17	62-72

Tabelle 3.1-5: Modell 1.1 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen

Für einen gewählten Speicher von 17 m³ Größe kann bei einem jährlichen Betriebswasserbedarf von 700-900 m³ ein Deckungsgrad zwischen 72-82% erreicht werden.

3.1.6.1.4 Modell 1.1.1 - RWNA aller DF für den realen Bedarf

3.1.6.1.4.1 Verbrauchsstellen

Der Bereich des Deckungsgrades zwischen 72-82% wird für die weitere Bemessung als ausreichend angesehen, so dass nun eine Gebäudekombination beispielhaft ausgewählt werden kann, die einen realen jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 700-900 m³ aufweist.

Adresse		Jährlicher Betriebswasserbedarf m ³ /a	Anzahl Bewohner	
			privat	gewerblich
Feldstrasse	44	361	13	0
	45	259	12	4
	46	302	11	0
Σ		922	36	4

Tabelle 3.1-6: Modell 1.1.1 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 922 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 73% erreicht werden.

Da in dem Verbrauch der Feldstr. 44 und Feldstr.46 der Korrekturfaktor für übermäßigen Wasserverbrauch enthalten ist, liegt der tatsächliche Deckungsgrad zu Beginn des Einsatzes noch unter 70%, kann allerdings durch schwer abschätzbare Veränderungen der technischen Sparmaßnahmen und Nutzungsverhalten durchaus einen Wert von 80% erreichen.

3.1.6.1.4.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	922 m ³ /a
Auffangflächen:	1730 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen/ 80% aussen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	40
Speichervolumen:	17 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	71,0 %
Betriebwasserbedarf*:	9220,00 m ³
Zulauf*:	10662,43 m ³
Überlauf*:	4188,92 m ³
Anzahl der Überläufe*:	550

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Neben dem Deckungsgrad als entscheidenden Ausgangswert ist ein Blick auf die Anzahl der Überläufe während der Simulationszeit empfehlenswert.

Es treten jährlich im Durchschnitt 55 Überläufe auf, was ca. einem Überlaufereignis in der Woche entspricht.

Diese Häufigkeit ist als ausreichend anzusehen. Da in dieser Berechnung lange Trockenperioden nicht ersichtlich sind, wird bei der vorhandenen Häufigkeit von einer Überbrückung dieser Phasen ausgegangen.

Es wird aufgrund großer Dachflächen von der Bildung einer Schwimmschicht im Speicher ausgegangen, der Überlauf entspricht somit der dritten Reinigungsstufe³⁶.

Die Abbildung 3.1-6 zeigt zur Verdeutlichung in einem graphischen Verlauf das niederschlagsärmste Jahr der Untersuchung (Ø 665 mm/a).

Kennzeichnend für die Niederschlagsverteilung in diesem Jahr sind periodisch wiederkehrende Regenereignisse, die neben kleinen Niederschlagshöhen von kurzer Dauer, aber großer Intensität sind.

Da parallel dazu die kleinen Regenereignisse regelmäßig auftreten, kann von einem steten Auffüllen der Zisterne bis hin zu dem Eintreten regelmäßiger Überlaufereignissen ausgegangen werden.

³⁶ vgl. DIN 1989-1:2002-04, S. 13

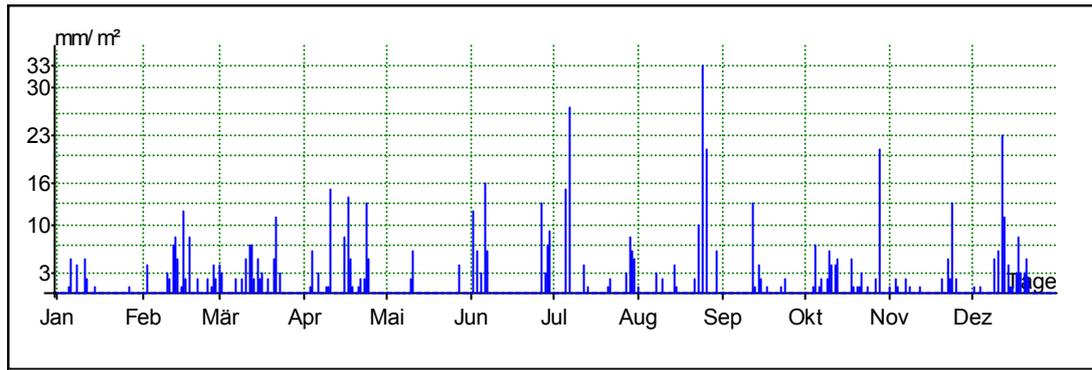


Abbildung 3.1-6: Niederschlagsverteilung in Hamburg 1986³⁷

Ein andere Verteilung des Niederschlages zeigt Abbildung 3.1-7 mit den Tagesniederschlägen von 1984. Anstelle ausgeprägter periodischer Regenereignisse sorgen häufigere kleinere Niederschläge für eine ausreichende Befüllung des Regenspeichers.

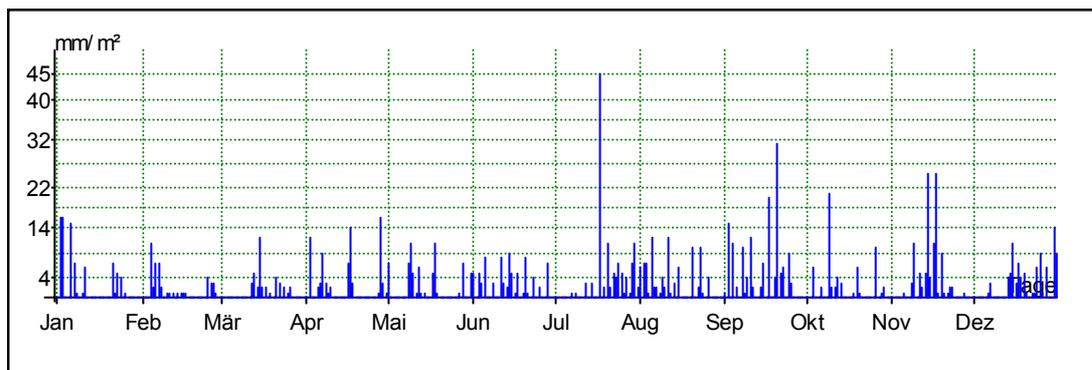


Abbildung 3.1-7: Niederschlagsverteilung in Hamburg 1984³⁸

Filterwirkungsgrad

Der hydraulische Filterwirkungsgrad wird mit 90% im Innenhofbereich und 80% im Straßenbereich angenommen. Je nach Art des Filters, Schmutzanfall und Niederschlagsverteilung können Filterwirkungsgrade stark variieren und schwanken demnach zwischen 70-100%.

Hier wird im Vorwege von einer Lösung ausgegangen, die imstande ist, den angenommenen Wert zu erreichen.

³⁷ Quelle: Software "Rainplaner"

³⁸ ebd.

Verbraucherzahl

Die der Berechnung zugrundegelegte Verbraucherzahl entspricht der Bewohnerzahl der Feldstr. 44-46. Sie erscheint, bezogen auf die angeschlossene Dachfläche, vorerst niedrig, was mit dem überdurchschnittlichen Verbrauch zu begründen ist. Die Modellrechnung 1.1.2 mit optimiertem Betriebswasserbedarf wird eine Gegenüberstellung ermöglichen, die den direkten Zusammenhang erkennen lässt.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Die Wahl der Lage des Regenwasserspeichers ist in erster Linie abhängig von den örtlichen Gegebenheiten wie Baumbestand, Bebauung im Innenhof u.ä.

Eine Zugänglichkeit zu der Zisterne sollte stets gewährleistet werden, in bautechnischer Hinsicht gibt es wenige Beschränkungen.

Die Nähe zu den für die Nutzung vorgesehenen Gebäuden ist jedoch empfehlenswert, um Leitungswege für die Versorgung kurz zu halten.

Unter Berücksichtigung rechtlicher Belange wird die Zisterne auf dem Grundstück der Feldstr. 45 positioniert.

Der Höhenunterschied der Geländeoberkanten von den Gebäuden der Feldstrasse zu denen der Mathildenstrasse beträgt ca. 0,5m, abfallend zur Mathildenstrasse.

Daher ist die Wahl auf dem höher gelegenen Grundstück nicht die günstigste Lösung, dennoch sollte der Regenspeicher dort vorgesehen werden, wo er auch genutzt wird.

3.1.6.1.4.3 Systemdarstellung

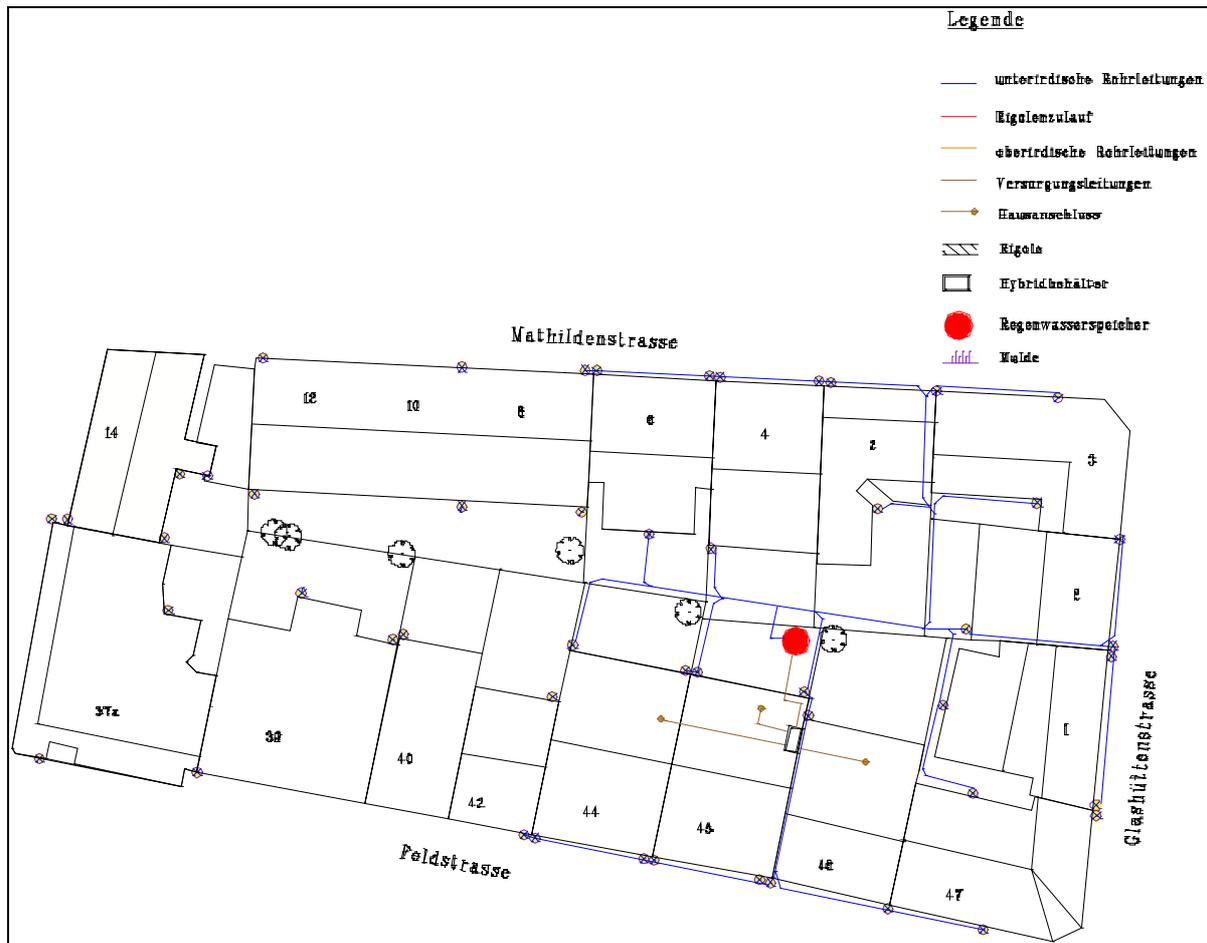


Abbildung 3.1-8: Modell 1.1.1 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.6.1.5 Modell 1.1.2 - RWNA aller DF für den optimierten Bedarf

3.1.6.1.5.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem optimierten jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 700-900 m³:

		Jährlicher Betriebswasserbedarf	Anzahl Bewohner
		m ³ /a	/
Feldstrasse	44	76	13
Feldstrasse	45	93	16
Feldstrasse	46	64	11
Feldstrasse	47	193	33
Mathildenstrasse	2	88	15
Mathildenstrasse	4	47	8
Mathildenstrasse	6	82	14
Glashüttenstrasse	2	70	12
Σ		712,4	122

Tabelle 3.1-7: Modell 1.1.2 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 712 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 80% erreicht werden.

Der Ansatz eines Betriebswasserbedarfes an der unteren ermittelten Grenze des Bedarfes erfolgt unter der Annahme, dass die Anwendung der Spartechnologie nicht immer gemäß den Herstellervorgaben entspricht und der Bedarf sich somit leicht erhöhen kann.

Die Wahl eines Deckungsgrades von 83% bietet die Möglichkeit, Schwankungen des Wasserbedarfes, die praktisch nur noch nach oben erfolgen können, zu puffern.

Ein Einsatz der konventionellen Spartechnologie z.B. in der Feldstrasse 45, mit einem annähernd durchschnittlichen Verbrauch, würde den Deckungsgrad auf 76% absenken, so dass auch bei dieser Konstellation ein wirtschaftlicher Einsatz nicht gefährdet wäre.

3.1.6.1.5.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	712 m ³ /a
Auffangflächen:	1760 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen/ 80% aussen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	122
Speichervolumen:	17 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	82,4 %
Betriebwasserbedarf*:	7125,00 m ³
Zulauf*:	12796 m ³
Überlauf*:	6933 m ³
Anzahl der Überläufe*:	818

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Die Anzahl der Überlaufereignisse ist mit 81 pro Jahr ausreichend.

Verbraucherzahl

Angeschlossen werden in der Berechnung 110 Verbraucher. Durch den hohen Ansatz des Deckungsgrades kann es durchaus sinnvoll sein, ein weiteres mit moderner Spartechnologie ausgestattetes Gebäude in das System zu integrieren. Mit Rücksichtnahme auf das individuelle Nutzungsverhalten, wie bei der Wahl der Verbrauchsstellen schon beschrieben, wird mit den angenommenen Werten eine Pufferwirkung erzielt.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Integriert werden in diesem Fall 2 Gebäudereihen, die sich unmittelbar gegenüberstehen.

Da diese Gebäude alle für die Nutzung vorgesehen werden, kann in erster Linie bautechnischen Einschränkungen Beachtung geschenkt werden. In ausreichender Entfernung zum Baumbestand wird der Speicher auf dem Grundstück der Mathildenstr. 4 eingebaut.

3.1.6.1.5.3 Systemdarstellung

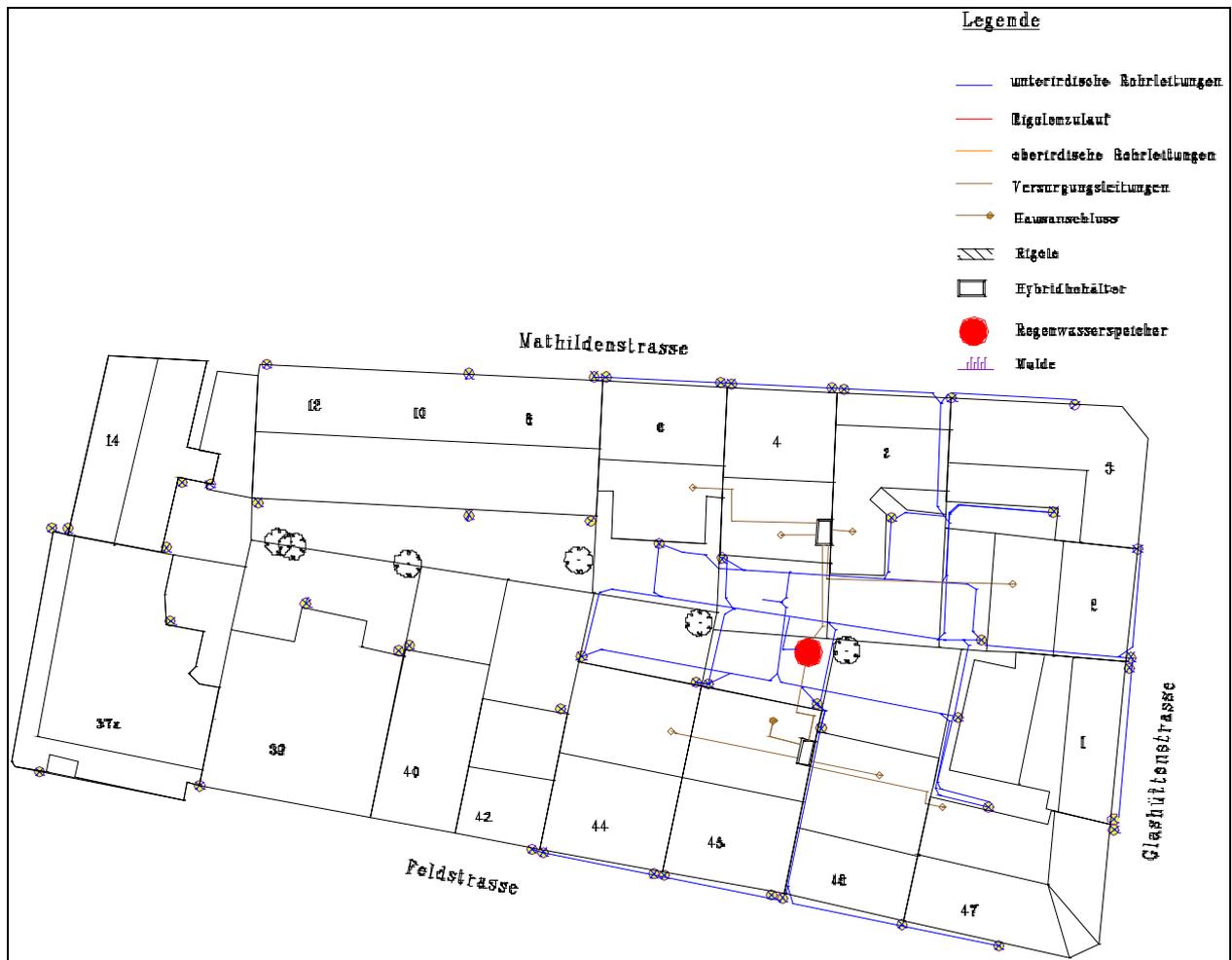


Abbildung 3.1-9: Modell 1.1.2 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.6.2 Modell 1.2 - RWNA der inneren Dachflächen

Es werden alle im Innenhof entwässerten Dachflächenanteile der Berechnung zugrundegelegt. Mit Hilfe des auf diese Weise ermittelbaren Regenertrages wird EDV-gestützt die Anzahl der Verbraucher variiert, um sich einem günstigen Deckungsgrad anzunähern.

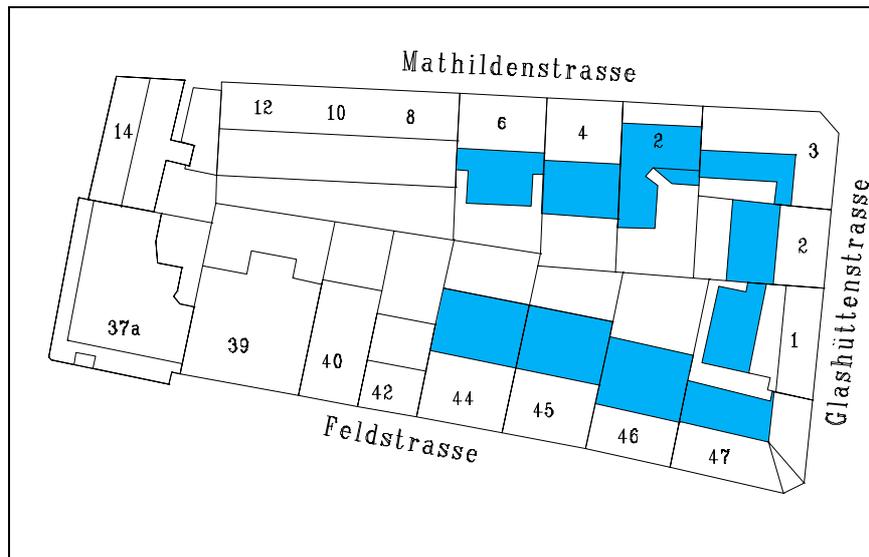


Abbildung 3.1-10: Modell 1.2 Regenwassernutzungsanlage der inneren Dachflächen

3.1.6.2.1 Eingangsdaten**Auffangflächen**

Adresse		Dachflächen innenhofseitige Entwässerung
		m ²
Feldstrasse	44	106,38 ²
	45	97,35 ³
	46	105,45 ²
	47	74,48 ¹
Glashüttenstrasse	1	66,30 ¹
	2	69,67 ²
	3	58,00 ³
Mathildenstrasse	2	143,24 ²
	4	80,10 ²
	6	67,50 ³
Summen		868,47

Tabelle 3.1-8: Modell 1.2 Dachflächengrößen¹Datenerfassung über Nemetschek²Datenerfassung über Planvermessung³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung**Betriebswasserbedarf**

Der jährliche Betriebswasserbedarf hängt von der Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen ab. Die Größenordnung der Verbrauchsstellen wird im Vorwege nicht festgelegt, sondern zusammen mit verschiedenen Speichergrößen variiert. Die Ergebnisse werden in dem folgenden Abschnitt ermittelt.

3.1.6.2.2 Berechnungsgang

Im folgenden werden diverse Speichergrößen zwischen 5 – 50 m³ zugrundegelegt. Mit Hilfe der EDV werden diesen Speichergrößen verschiedene Betriebswasserverbrauchsgrößen (150 – 1048 m³/a) zugeordnet, um auf die jeweiligen Deckungsgrade der Kombinationen zu schließen.

Der Deckungsgrad bezeichnet die prozentuale Einsparung an Trinkwasser und stellt eine maßgebliche Größe bei der Speicheroptimierung dar.

	Speichergrößen in m ³							
	5	10	15	20	25	30	35	50
jährl. Betriebswasserbedarf								
in m ³	Deckungsgrad in %							
150	94,2	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
299	76,7	89,0	94,7	97,6	99,1	99,7	100,0	100,0
449	63,7	76,7	83,6	87,9	91,3	93,9	95,7	98,5
599	54,5	64,9	72,8	77,1	80,4	83,2	85,0	88,5
748	47,6	57,6	63,3	67,1	69,8	71,9	73,4	75,7
898	42,1	50,8	55,4	58,4	60,6	62,3	63,3	64,7
1048	37,7	45,4	49,3	51,6	53,3	54,6	55,3	55,8

Tabelle 3.1-9: Modell 1.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

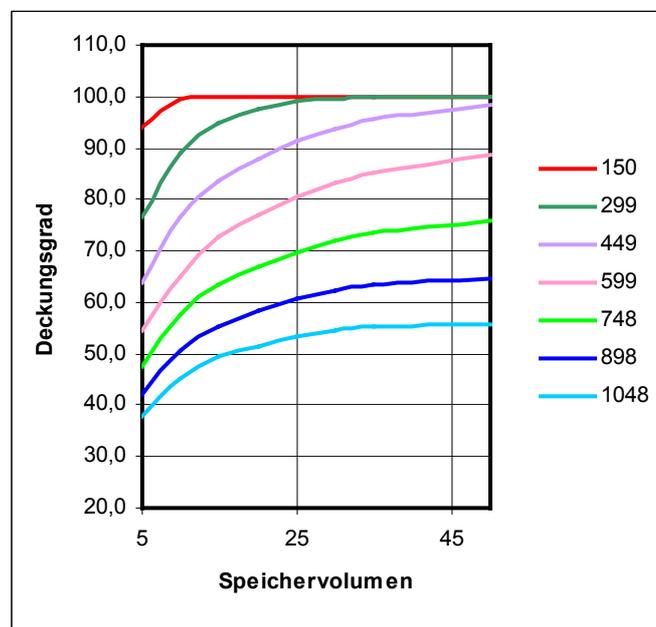


Abbildung 3.1-11: Modell 1.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

3.1.6.2.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen

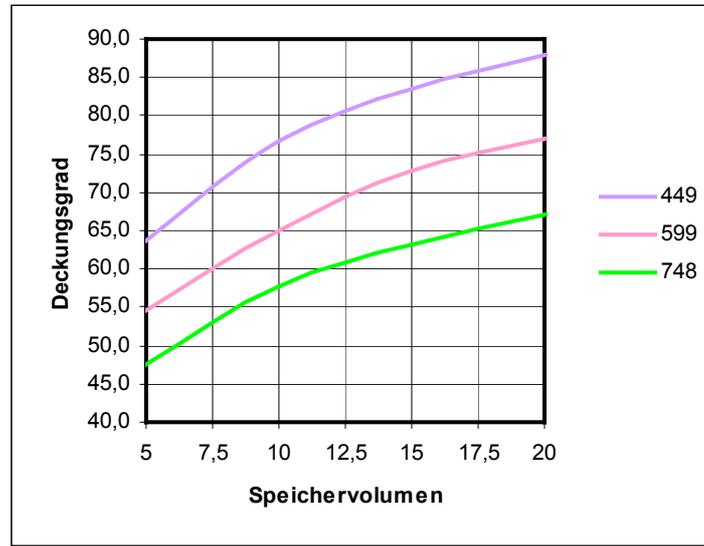


Abbildung 3.1-12: Modell 1.2 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen

Günstige Speichergrößenbereiche der drei selektierten Verbrauchsgrößen:

	Speichergrößenbereich in m³	Deckungsgrad in %
jährl. Betriebswasserbedarf in m³		
449	10-15	77-83
599	13-15	70-73
748	10-15	58-63

Tabelle 3.1-10: Modell 1.2 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen

Für einen gewählten Speicher von 15 m³ Größe kann bei einem jährlichen Betriebswasserbedarf von 500-600 m³ ein Deckungsgrad erreicht werden, der sich zwischen 73-80% befindet.

3.1.6.2.4 Modell 1.2.1 - RWNA der inneren DF für den realen Bedarf

3.1.6.2.4.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 500-600 m³ :

Adresse	Jährlicher Betriebswasserbedarf m ³ /a	Anzahl Bewohner		
		privat	gewerblich	
Mathildenstrasse	2	386	15	0
	4	213	8	0
Σ	599	23	0	0

Tabelle 3.1-11: Modell 1.2.1 Wahl der Verbrauchsstellen

Beispielhaft werden nun die Gebäude der Mathildenstr. 2 und der Mathildenstr. 4 für die Nutzung des aufgefingenen Regenwassers vorgesehen.

Der zusammengefasste Betriebswasserbedarf von 599 m³/a bedeutet vorerst eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 73%.

Der Wasserverbrauch von Mathildenstr. 4 wurde mit dem Korrekturfaktor versehen, ein Absinken des Wasserverbrauchs ist zu erwarten.

3.1.6.2.4.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	601,9 m ³ /a
Auffangflächen:	838 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	98%
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	23
Speichervolumen:	15 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	72,6 %
Betriebswasserbedarf*:	6018,85 m ³
Zulauf*:	5904,46 m ³
Überlauf*:	1542,38 m ³
Anzahl der Überläufe*:	390

*für den Zeitraum von 10 Jahren

Überlaufereignisse

Statistisch gesehen läuft der Speicher in der Woche 0,75 mal über. Diese Häufigkeit ist für die Reinigung ausreichend.

Filterwirkungsgrad

Der hydraulische Filterwirkungsgrad wird mit 98 % angenommen. Dies entspricht einer für Filter hoch angesetzten Zahl, die durch entsprechende Systeme erreicht werden kann.

Vertretbar wäre die Realisierung eines Filterwirkungsgrades von gängigen 90 %, was den Deckungsgrad lediglich um 2,6% absinken lassen würde.

Verbraucherzahl

Die der Berechnung zugrundegelegte Verbraucherzahl entspricht der Bewohnerzahl der Mathildenstr. 2 und Mathildenstr. 4. Sie erscheint, bezogen auf die angeschlossene Dachfläche, vorerst niedrig, was mit dem überdurchschnittlichen Verbrauch zu begründen ist.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Der Höhenunterschied der Geländeoberkanten von den Gebäuden der Feldstrasse zu denen der Mathildenstrasse beträgt ca. 0,5m, abfallend zur Mathildenstrasse, was den Einbau des Speichers auf dem Grundstück der Mathildenstrasse 4 begünstigt.

Zur Einrichtung des richtigen Gefälles der Regenrohrleitungen zum Speicher kann so, gegenüber den Grundstücken der Feldstrasse, eine geringere Einbautiefe angenommen werden.

3.1.6.2.4.3 Systemdarstellung

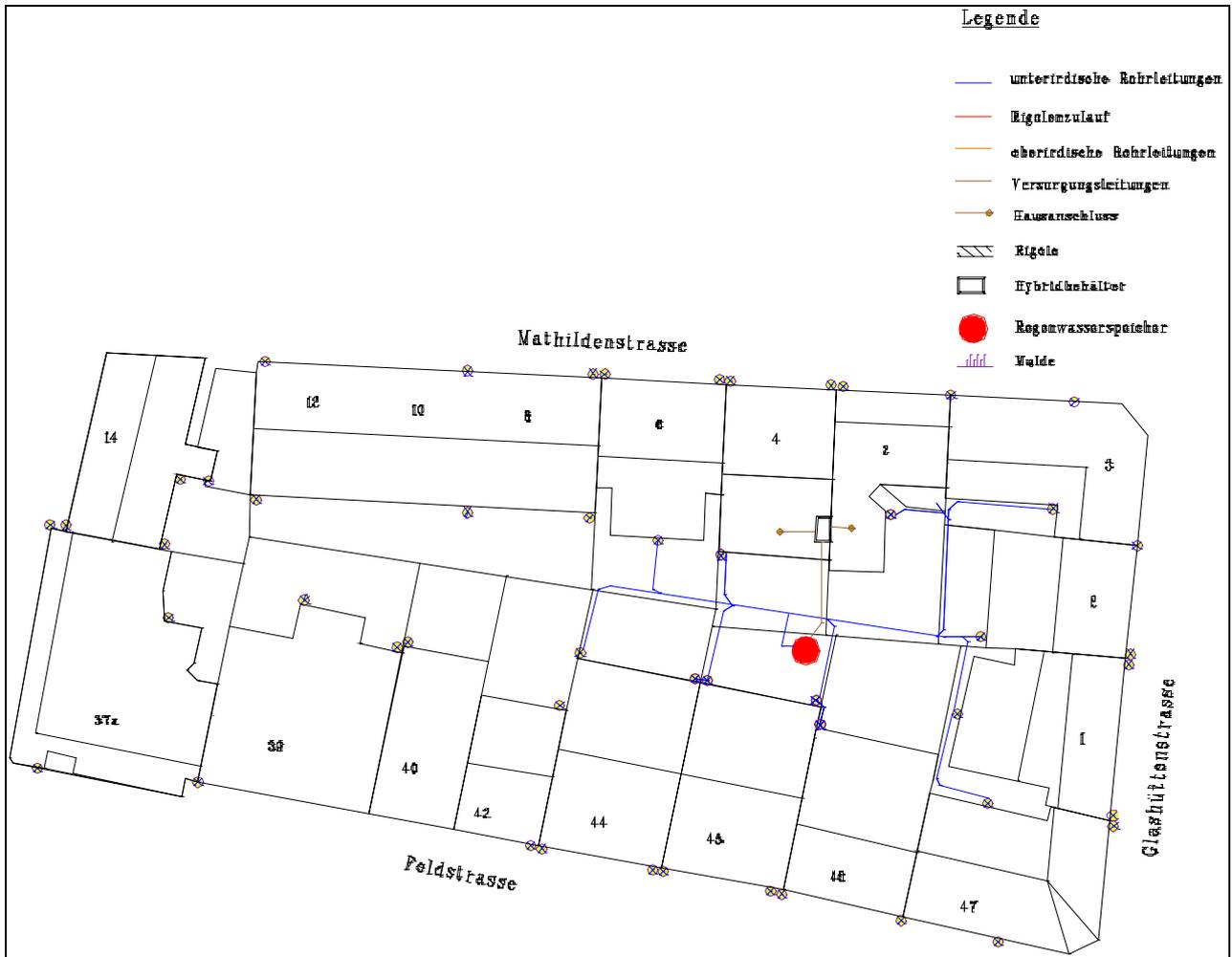


Abbildung 3.1-13: Modell 1.2.1 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.6.2.5 Modell 1.2.2 - RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf

3.1.6.2.5.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem optimierten jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 500-600 m³.

		Jährlicher Betriebswasserbedarf	A - wohner
		m ³ /a	/
Feldstrasse	46	64	11
Feldstrasse	47	193	33
Glashüttenstrasse	1	175	30
Glashüttenstrasse	2	70	12
Σ		502	86

Für einen optimierten jährlichen Betriebswasserbedarf von 502 m³/a wird ein Deckungsgrad von ca. 78% erreicht.

3.1.6.2.5.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	502,2 m ³ /a
Auffangflächen:	838 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90%
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	86
Speichervolumen:	15 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	77,8 %
Betriebswasserbedarf*:	5022,4 m ³
Zulauf*:	5422,5 m ³
Überlauf*:	1522,2 m ³
Anzahl der Überläufe*:	413

*für den Zeitraum von 10 Jahren

Überlaufereignisse

Statistisch gesehen läuft der Speicher in der Woche 0,8 mal über. Diese Häufigkeit ist für die Reinigung ausreichend.

Verbraucherzahl

Es werden 86 Verbraucher an die Regenwassernutzungsanlage angeschlossen. Durch den günstigen Deckungsgrad wird ebenfalls dem Umstand Rechnung getragen, dass der Betriebswasserbedarf durch das Nutzungsverhalten auch bei der Einrichtung moderner Spartechnologie variieren kann.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Der Regenspeicher wird auf dem Grundstück der Feldstr. 47 positioniert.

3.1.6.2.5.3 Systemdarstellung

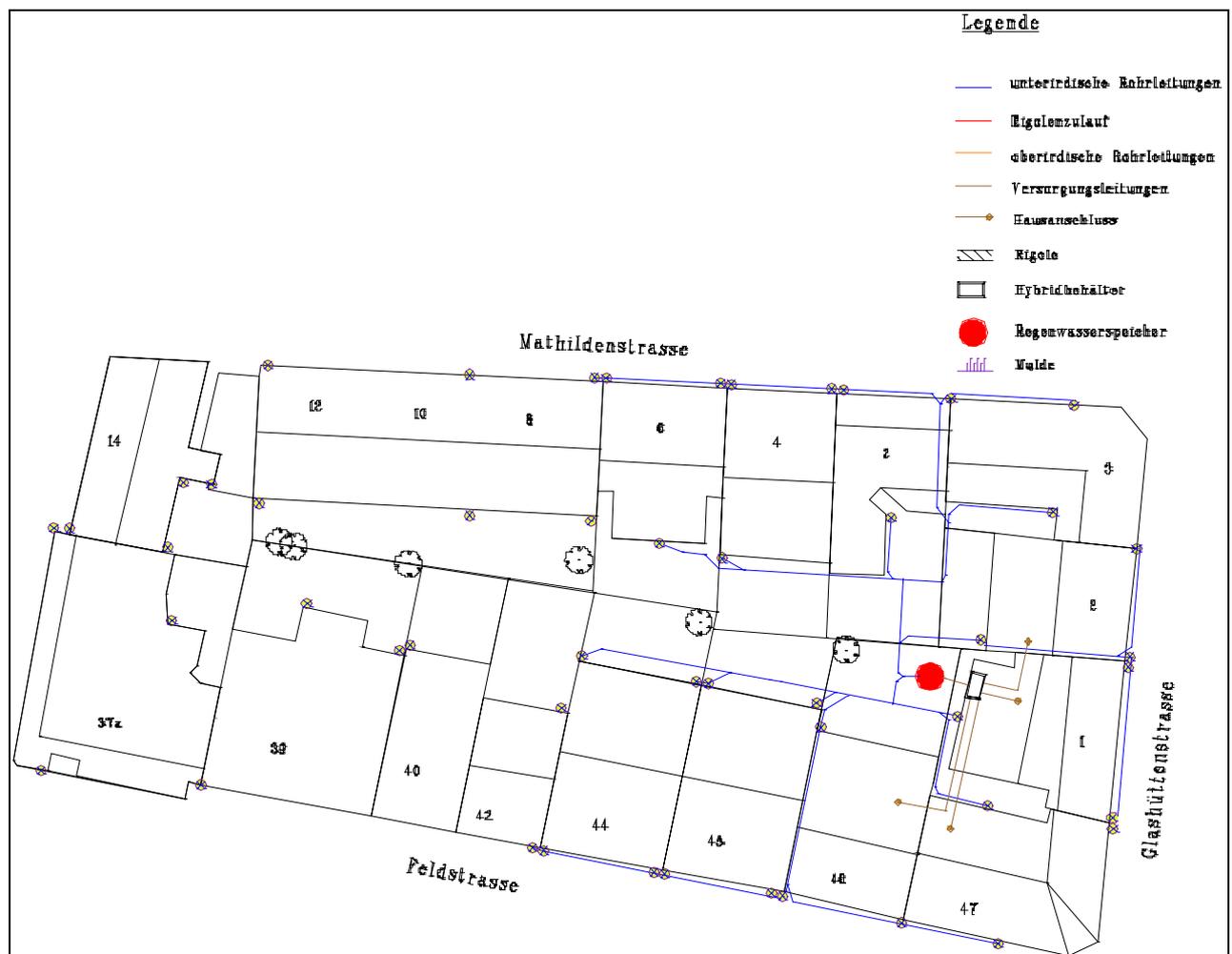


Abbildung 3.1-14: Modell 1.2.2 Systemdarstellung

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.7 Modell 2 – Regenwassernutzungsanlage des Gesamtsystems

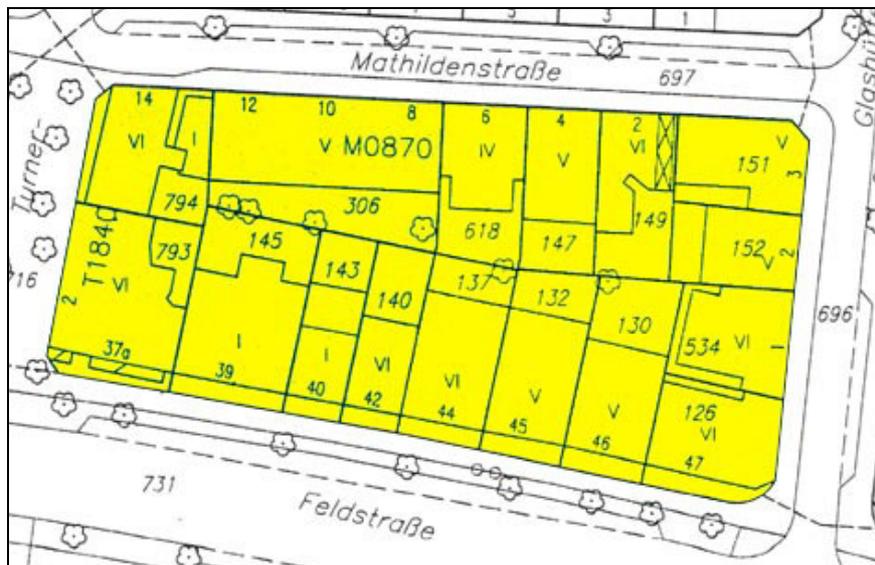


Abbildung 3.1-15: Lageplan Modell 2 RWNA des geteilten Systems

Die Integration der gesamten Blockbebauung in ein Regenwassernutzungssystem ist, wie auch schon in dem Modell 1 beschrieben, gerade in rechtlicher Hinsicht mit Problemen verbunden, deren Lösung eine Grundvoraussetzung für die technische Auslegung der Anlage darstellt.

Stellen sich Probleme, die mit eigentümerbezogenen Interessen einhergehen können, als unüberwindbar heraus, kann die Dimensionierung den jeweiligen Umständen angepasst werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Systeme so auszulagern, dass auch zu einem späteren Zeitpunkt neue Verbrauchsstellen oder gesamte Gebäude an die Nutzung angeschlossen werden. Zu berücksichtigen ist dabei jeweils ein angemessener Deckungsgrad, der sich nur einstellt, wenn der Betriebswasserbedarf, die Zisternengröße und der Regenertag im richtigen Verhältnis zueinander stehen.

Vorgehensweise

Die Dimensionierung erfolgt zunächst für die gesamte in diesem Gebiet vorhandene Dachfläche (Modell 2.1). Analog zu den Fallunterscheidungen des Modells 1 besteht in der Vorgehensweise kein Unterschied, Änderungen werden sich durch die Zugrundelegung einer größeren Gesamt-Dachfläche und einer Mehrzahl an Verbrauchern ergeben.

Des Weiteren werden die tatsächlich vorhandenen Verbrauchsmengen in die Berechnung einfließen und zur Gegenüberstellung ein optimierter Betriebswasserbedarf angesetzt.

Im Anschluss wird die Zweckmäßigkeit einer Regenwassernutzungsanlage beim Ansatz der im Innenhof entwässerten Dachflächen betrachtet.

Die kleinere Auffangfläche steht bei dieser Variante konstruktiven Vereinfachungen gegenüber, da kein straßenseitiges Wasser in den Innenhof geführt werden muss.

3.1.7.1 Modell 2.1 – RWNA aller Dachflächen

Es werden alle im Innenhof und zur Strasse entwässerten Dachflächenanteile der Berechnung zugrundegelegt. Mit Hilfe des auf diese Weise ermittelbaren Regenertrages wird EDV-gestützt die Anzahl der Verbraucher variiert, um sich einem günstigen Deckungsgrad anzunähern.

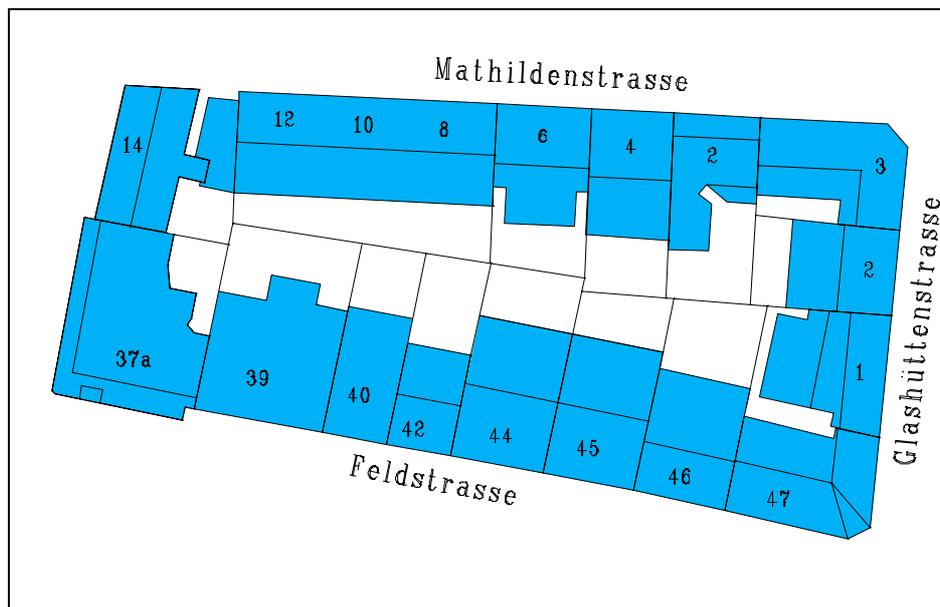


Abbildung 3.1-16: Modell 2.1 Regenwassernutzungsanlage aller Dachflächen

3.1.7.1.1 Eingangsdaten**Auffangflächen**

Adresse		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	Dachflächen gesamt
		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	37a	83,70	240,90	324,60 ¹
	39	0,00	251,60	251,60 ¹
	40	0,00	123,70	123,70 ¹
	42	49,40	49,30	98,70 ¹
	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse	2	29,96	113,28	143,24 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
	8-12	195,80	193,40	389,20 ¹
	14	74,50	132,90	207,40 ¹
Summen		1326,17	1830,30	3156,47

Tabelle 3.1-12: Modell 2.1 Dachflächengrößen¹Datenerfassung über Nemetschek²Datenerfassung über Planvermessung³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung**Betriebswasserbedarf**

Der jährliche Betriebswasserbedarf hängt von der Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen ab. Die Größenordnung der Verbrauchsstellen wird im Vorwege nicht festgelegt, sondern zusammen mit verschiedenen Speichergrößen variiert.

Die Ergebnisse werden in dem folgenden Abschnitt ermittelt.

3.1.7.1.2 Berechnungsgang

Im folgenden werden diverse Speichergrößen zwischen 10 – 80 m³ zugrundegelegt. Mit Hilfe der EDV werden diesen Speichergrößen verschiedene Betriebswasserverbrauchsgrößen (599 – 1796 m³/a) zugeordnet, um auf die jeweiligen Deckungsgrade der Kombinationen zu schließen.

Der Deckungsgrad bezeichnet die prozentuale Einsparung an Trinkwasser und stellt eine maßgebliche Größe bei der Speicheroptimierung dar.

	Speichergrößen in m ³							
	10	20	30	40	50	60	70	80
jährl. Betriebswasserbedarf in m ³	Deckungsgrad in %							
599	80,1	92,6	97,1	99	99,7	100	100	100
748	73,6	87,3	93,6	96,9	98,7	99,4	99,8	99,9
898	68,2	82,4	89,4	93,7	96,3	98	99	99,5
1048	63,6	77,9	85,5	89,9	93,2	95,4	97	98,2
1197	59,8	73,5	81,6	86,3	89,5	92,3	94,3	95,9
1347	56,4	69,5	77,7	82,9	86,3	88,9	91,3	93,2
1497	53,3	66,1	73,9	79,4	83,1	85,9	88,2	90,3
1646	50,5	62,8	70,3	75,9	79,7	82,6	85	87,1
1796	48,1	60	67,2	72,5	76,4	79,3	81,7	83,9

Tabelle 3.1-13: Modell 2.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

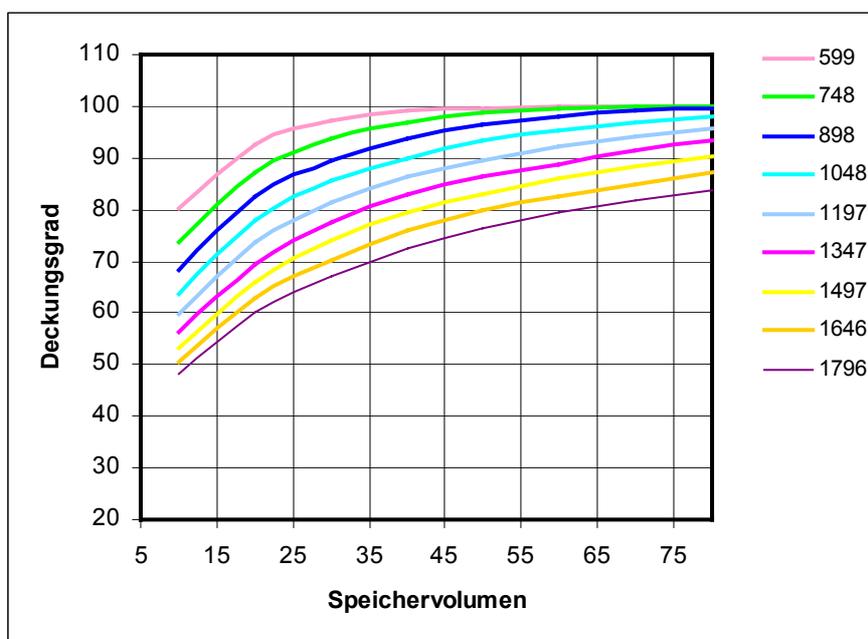


Abbildung 3.1-17: Modell 2.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

3.1.7.1.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen

Der genaueren Ermittlung werden die Betriebswassergrößen zwischen 898-1347 m³/a zugrundegelegt.

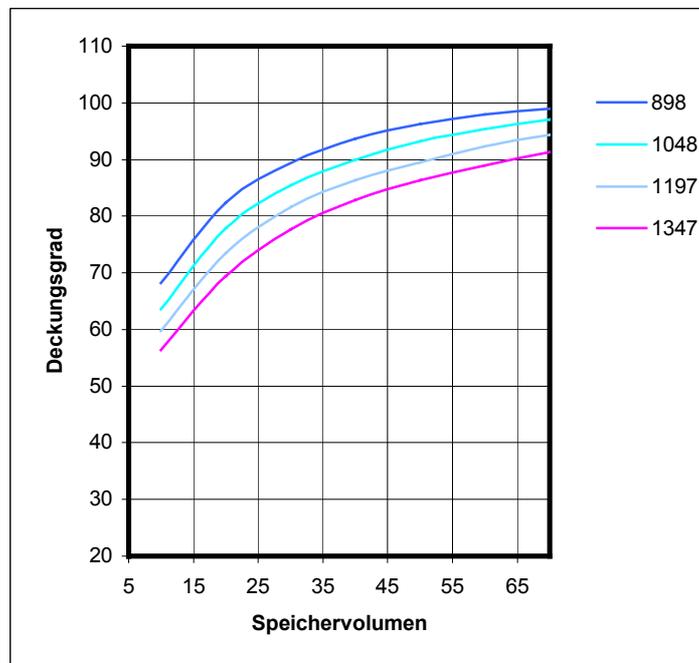


Abbildung 3.1-18: Modell 2.1 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen

Günstige Speichergrößenbereiche der drei selektierten Verbrauchsgrößen:

	Speichergrößenbereich in m ³	Deckungsgrad in %
jährl. Betriebswasserbedarf in m ³		
898	20-30	82-90
1048	20-30	78-86
1197	20-30	74-82
1347	20-30	70-78

Tabelle 3.1-14: Modell 2.1 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen

Für einen gewählten Speicher von 25 m³ Größe kann bei einem jährlichen Betriebswasserbedarf von 1000-1350 m³ ein Deckungsgrad erreicht werden, der sich zwischen 74-83% befindet.

3.1.7.1.4 Modell 2.1.1 – RWNA aller DF für den realen Bedarf

3.1.7.1.4.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 1000-1350 m³:

Adresse		Jährlicher Betriebswasserbedarf m ³ /a	Anzahl Bewohner	
			privat	gewerblich
Feldstrasse	44	361	13	0
	45	259	12	4
	46	302	11	0
Glashüttenstrasse	3	435	23	3
Σ		1357	59	7

Tabelle 3.1-15: Modell 2.1.1 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 1357 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 74% erreicht werden.

Da in dem Verbrauch der Feldstr. 44 und Feldstr.46 der Korrekturfaktor für übermäßigen Wasserverbrauch enthalten ist, liegt der tatsächliche Deckungsgrad zu Beginn des Einsatzes noch unter 74%, kann allerdings durch schwer abschätzbare Veränderungen der technischen Sparmaßnahmen und Nutzungsverhalten durchaus einen Wert erreichen, der über die errechneten 74% hinausgeht.

3.1.7.1.4.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	1357 m ³ /a
Auffangflächen:	3156 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen/ 80% aussen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	66
Speichervolumen:	25 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	73,9 %
Betriebswasserbedarf*:	13570 m ³
Zulauf*:	19832 m ³
Überlauf*:	9838 m ³
Anzahl der Überläufe*:	752

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Die Anzahl der Überläufe beträgt 75 pro Jahr. Für eine ausreichende Reinigungsleistung würde eine geringere Anzahl an Überlaufereignissen ausreichen. Das Verändern der Speichergröße oder das Anheben des Betriebswasserbedarfes beeinflussen zwar die Überläufe, aber stehen dem dadurch entstehenden zusätzlichen finanziellen Aufwand ungleich gegenüber.

Verbraucherzahl

Es werden 59 private und 7 gewerbliche Verbraucher angeschlossen. Durch die korrigierten Verbrauchszahlen bleibt ein Spielraum im Deckungsgrad vorhanden. Dieser erstreckt sich von geschätzten 70% bei dem tatsächlich vorhandenen Bedarf bis ca. 80% bei dem Einsatz von Spartechnologien und bewussterem Umgang mit Wasser.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Die anzuschließenden Gebäude wurden bewusst zusammenhängend gewählt, um technische Probleme bei der Installation der Pumpenanlage und Versorgungsleitungen zu vermeiden.

Bei der Positionierung des Speichers auf dem Grundstück der Feldstr. 45 werden Saug- oder Druckleitungen kurz gehalten, es ist außerdem bei der Verlegung auf kurzen Strecken mit wenig Hindernissen zu rechnen.

3.1.7.1.4.3 Systemdarstellung

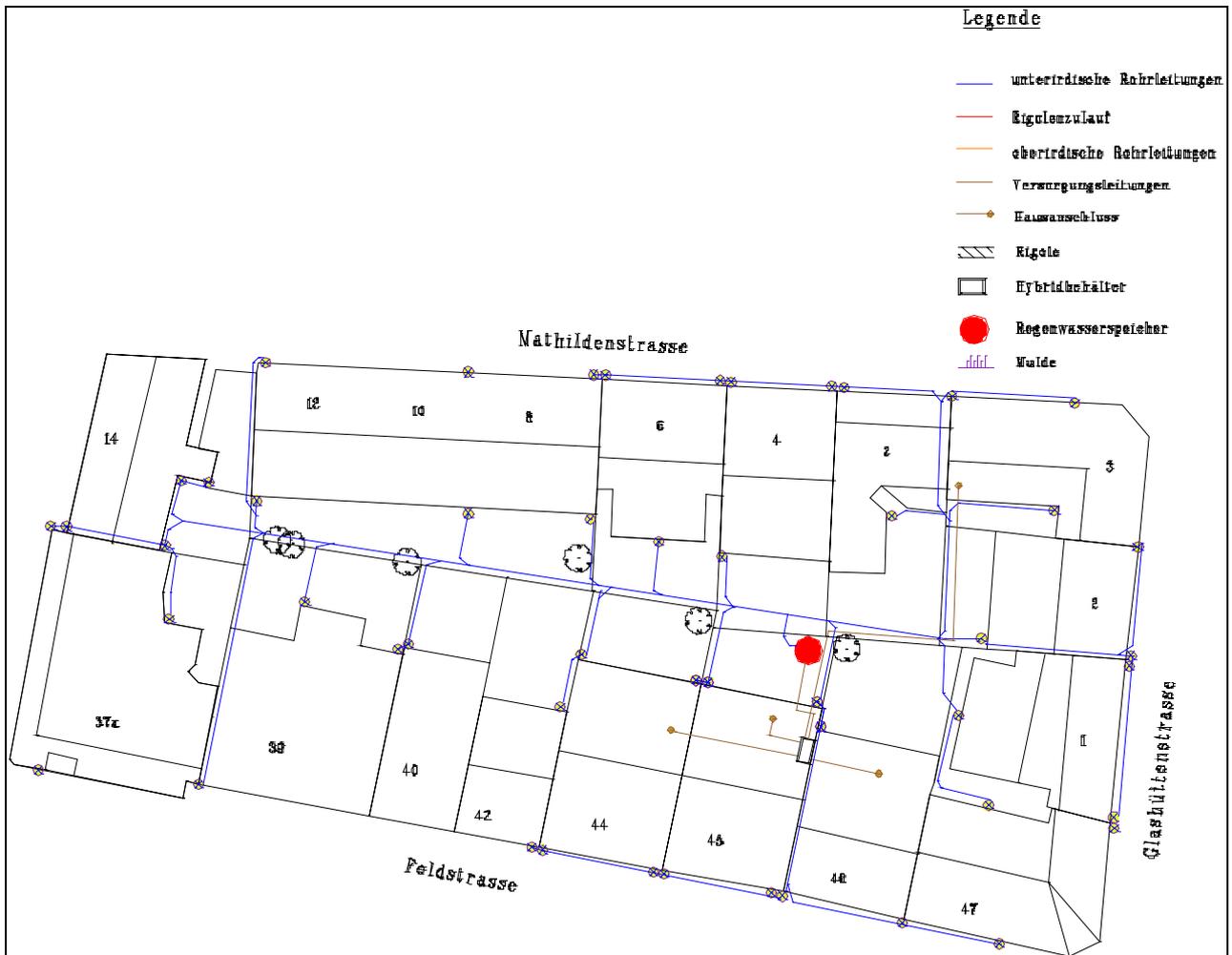


Abbildung 3.1-19: Modell 2.1.1 Systemdarstellung

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.7.1.5 Modell 2.1.2 - RWNA aller DF für den optimierten Bedarf

3.1.7.1.5.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 1000-1350 m³:

Adresse		Jährlicher Betriebswasserbedarf m ³ /a	Anzahl Bewohner	
			privat	gewerblich
Feldstrasse	44	76	13	0
	45	93	12	4
	46	64	11	0
	47	193	25	8
Glashüttenstrasse	1	175	30	0
	2	70	12	0
	3	152	23	3
Mathildenstrasse	2	88	15	0
	4	47	8	0
	6	82	14	0
Σ		1040	163	15

Tabelle 3.1-16: Modell 2.1.2 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 1040 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 83% erreicht werden.

Auch hier erfolgt der Ansatz des Betriebswasserbedarfes an der oberen Grenze des Deckungsgrades, um bei erhöhtem Verbrauch eine angemessene Trinkwassereinsparung beizubehalten.

3.1.7.1.5.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	1040 m ³ /a
Auffangflächen:	3156 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen/ 80% aussen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	178
Speichervolumen:	25 m ³

Simulation mit Trinkwassernachspeisung

Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)

Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	80,7 %
Betriebswasserbedarf*:	10400 m ³
Zulauf*:	19832 m ³
Überlauf*:	11263 m ³
Anzahl der Überläufe*:	843

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Die Anzahl der Überlaufereignisse sind mit 84 pro Jahr ausreichend.

Verbraucherzahl

Angeschlossen werden in der Berechnung 178 Verbraucher. Das Modell 2.1.2 gibt mit der Kombination aller Dachflächen und einem optimierten Betriebswasserbedarf den größtmöglichen Anschlussgrad des Blocks in der wirtschaftlichen Betrachtung aus.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Die angeschlossenen Verbrauchsstellen sind in diesem Fall nicht zusammenhängend gewählt worden. Die Anschlüsse zur Feldstr. 37a werden über eine längere Distanz geführt. Die übrigen Verbrauchsstellen aber liegen, ähnlich wie in der Ausführung des Modells 1, nah beieinander, so dass sich der zentrale Speicher in diesem Bereich anbietet.

Der Speicher wird auf dem Grundstück der Mathildenstr. 4 angeordnet.

3.1.7.1.5.3 Systemdarstellung

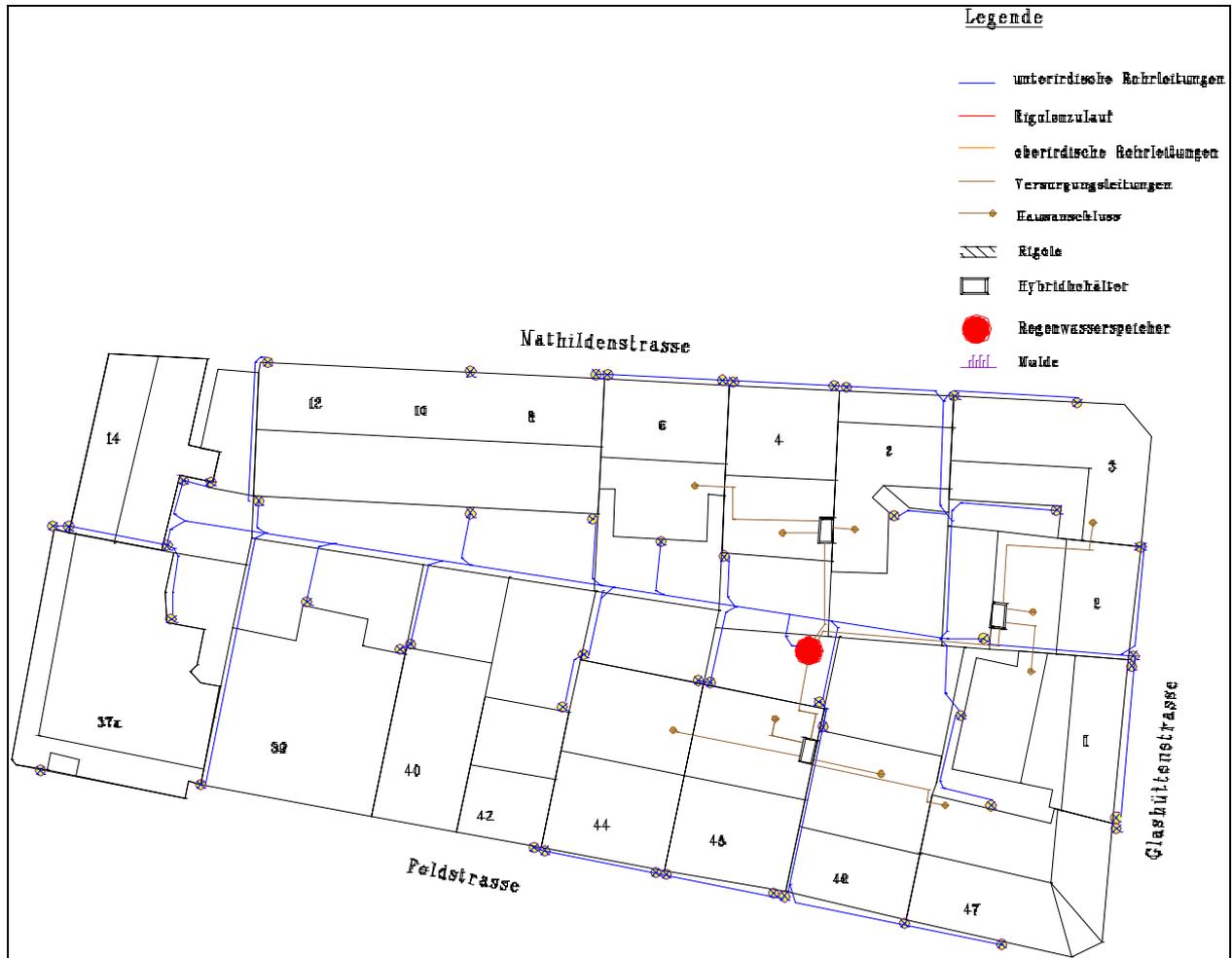


Abbildung 3.1-20: Modell 2.1.2 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.7.2 Modell 2.2 - RWNA der inneren Dachflächen

Es werden alle im Innenhof entwässerten Dachflächenanteile der Berechnung zugrundegelegt.

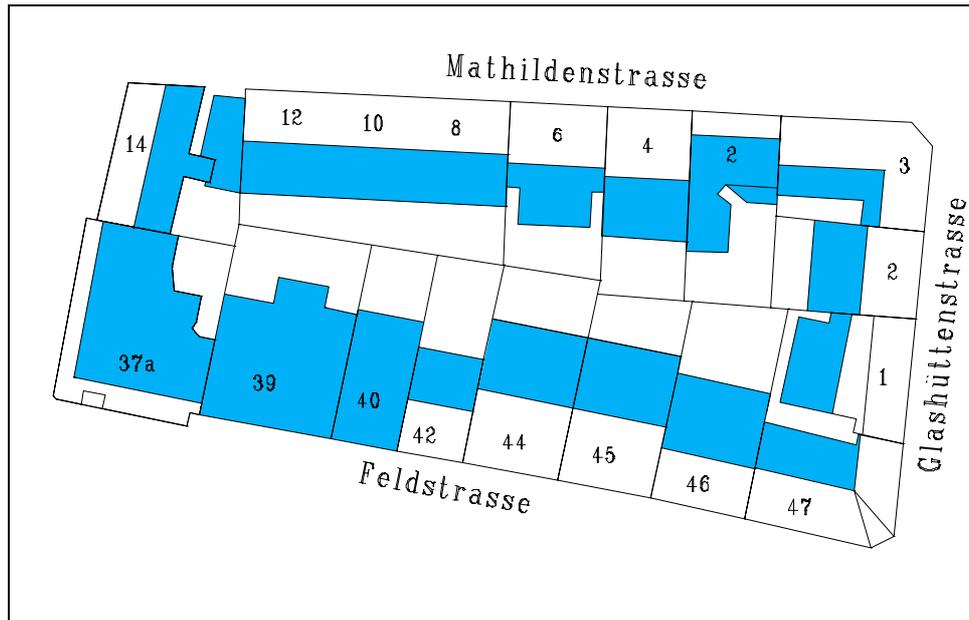


Abbildung 3.1-21: Modell 2.2 Regenwassernutzungsanlage der inneren Dachflächen

3.1.7.2.1 Eingangsdaten**Auffangflächen**

Adresse		Dachflächen innenhofseitige Entwässerung
		m ²
Feldstrasse	37a	240,90
	39	251,60
	40	123,70
	42	49,30
	44	106,38
	45	97,35
	46	105,45
	47	74,48
Glashüttenstrasse	1	66,30
	2	69,67
	3	58,00
Mathildenstrasse	2	113,28
	4	80,10
	6	67,50
	8-12	193,40
	14	132,90
Summen		1830,30

Tabelle 3.1-17: Modell 2.2 Dachflächengrößen¹Datenerfassung über Nemetschek²Datenerfassung über Planvermessung³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung**Betriebswasserbedarf**

Der jährliche Betriebswasserbedarf hängt von der Anzahl der angeschlossenen Verbrauchsstellen ab. Die Größenordnung der Verbrauchsstellen wird im Vorwege nicht festgelegt, sondern zusammen mit verschiedenen Speichergrößen variiert. Die Ergebnisse werden in dem folgenden Abschnitt ermittelt.

3.1.7.2.2 Berechnungsgang

Im folgenden werden diverse Speichergrößen zwischen 10 – 60 m³ zugrundegelegt. Mit Hilfe der EDV werden diesen Speichergrößen verschiedene Betriebswasserverbrauchsgrößen (599 – 1497 m³/a) zugeordnet, um auf die jeweiligen Deckungsgrade der Kombinationen zu schließen.

Der Deckungsgrad bezeichnet die prozentuale Einsparung an Trinkwasser und stellt eine maßgebliche Größe bei der Speicheroptimierung dar.

jährl. Betriebswasserbedarf in m ³	Speichergrößen in m ³					
	10	20	30	40	50	60
	Deckungsgrad in %					
599	75,6	88,3	94,2	97,3	99,0	99,7
748	68,3	82,0	88,3	92,6	95,5	97,2
898	62,5	75,8	83,0	87,4	90,8	93,5
1048	57,6	70,0	77,3	81,9	85,5	88,4
1197	53,5	65,1	72,1	76,5	79,9	82,8
1347	49,9	60,8	67,2	71,4	74,5	76,8
1497	46,7	56,9	62,7	66,6	69,4	71,6

Tabelle 3.1-18: Modell 2.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

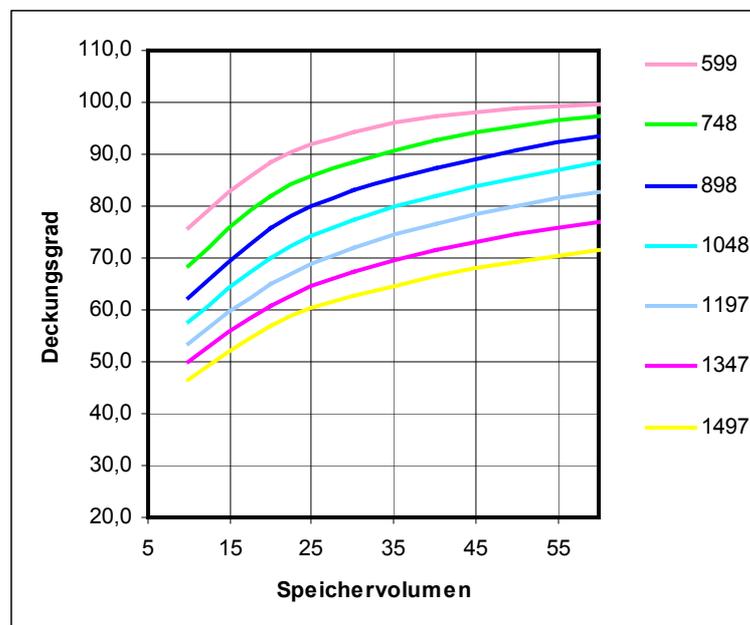


Abbildung 3.1-22: Modell 2.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße

3.1.7.2.3 Drei gewählte Betriebswassergrößen

Der genaueren Ermittlung werden die Betriebswassergrößen zwischen 898-1347 m³/a zugrundegelegt.

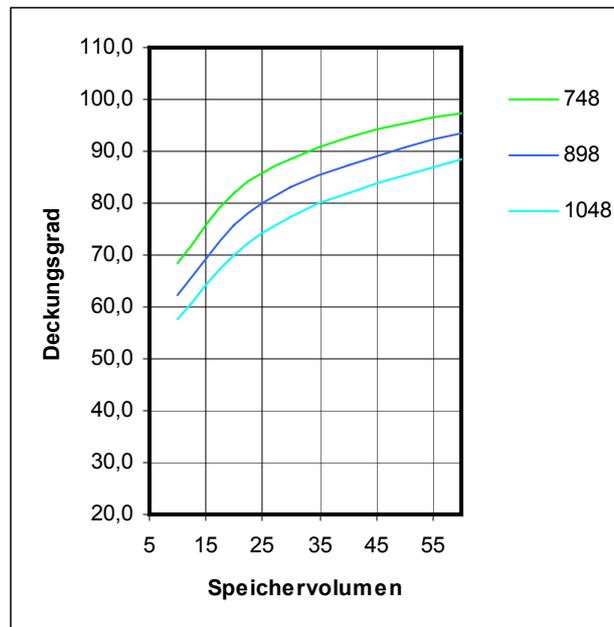


Abbildung 3.1-23: Modell 2.2 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen

Günstige Speichergrößenbereiche der drei selektierten Verbrauchsgrößen:

	Speichergrößenbereich in m ³	Deckungsgrad in %
jährl. Betriebswasserbedarf in m ³		
748	20-30	82-88
898	20-30	76-83
1048	20-30	70-77

Tabelle 3.1-19: Modell 2.2 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen

Für einen gewählten Speicher von 20 m³ Größe kann bei einem jährlichen Betriebswasserbedarf von 748 - 1048 m³ ein Deckungsgrad erreicht werden, der sich zwischen 70-82% befindet.

3.1.7.2.4 Modell 2.2.1 - RWNA der inneren DF für den reellen Bedarf

3.1.7.2.4.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 748 - 1048 m³:

Adresse		Jährlicher Betriebswasserbedarf	Anzahl Bewohner	
		m ³ /a	privat	gewerblich
Feldstrasse	44	361	13	0
	45	259	12	4
Mathildenstrasse	4	213	8	0
	6	174	14	0
Σ		1007	47	4

Tabelle 3.1-20: Modell 2.2.1 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 1007 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 72% erreicht werden.

Sowohl in der Feldstr. 44 als auch in der Mathildenstr. 4 liegt der tatsächliche Verbrauch weit über dem statistischen Mittel, so dass für die Berechnung eine Korrektur nach unten notwendig war. Die korrigierten Werte überschreiten den durchschnittlichen Verbrauch weiterhin um ca. 30 %, so dass in Zukunft von Einsparmaßnahmen auszugehen ist, die eine Trinkwassersubstitution von 80 % ermöglichen.

3.1.7.2.4.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	1007 m ³ /a
Auffangflächen:	1830 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	51
Speichervolumen:	20 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	71,5 %
Betriebwasserbedarf*:	10070 m ³
Zulauf*:	11856 m ³
Überlauf*:	4665 m ³
Anzahl der Überläufe*:	535

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Die Anzahl der Überläufe ist mit 53 pro Jahr ausreichend.

Verbraucherzahl

Es werden 47 private und 4 gewerbliche Verbraucher angeschlossen. Durch die korrigierten Verbrauchszahlen bleibt ein Spielraum im Deckungsgrad vorhanden. Dieser erstreckt sich von geschätzten 68 % bei dem tatsächlich vorhandenen Bedarf bis ca. 82 % bei dem Einsatz von Spartechnologien und bewussterem Umgang mit Wasser.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Die Nutzung des Regenwassers findet auf vier zusammenhängenden Grundstücken statt. Es kann wieder das Grundstück der Mathildenstr. 4 für den Einbau des Regenspeichers genutzt werden.

3.1.7.2.4.3 Systemdarstellung

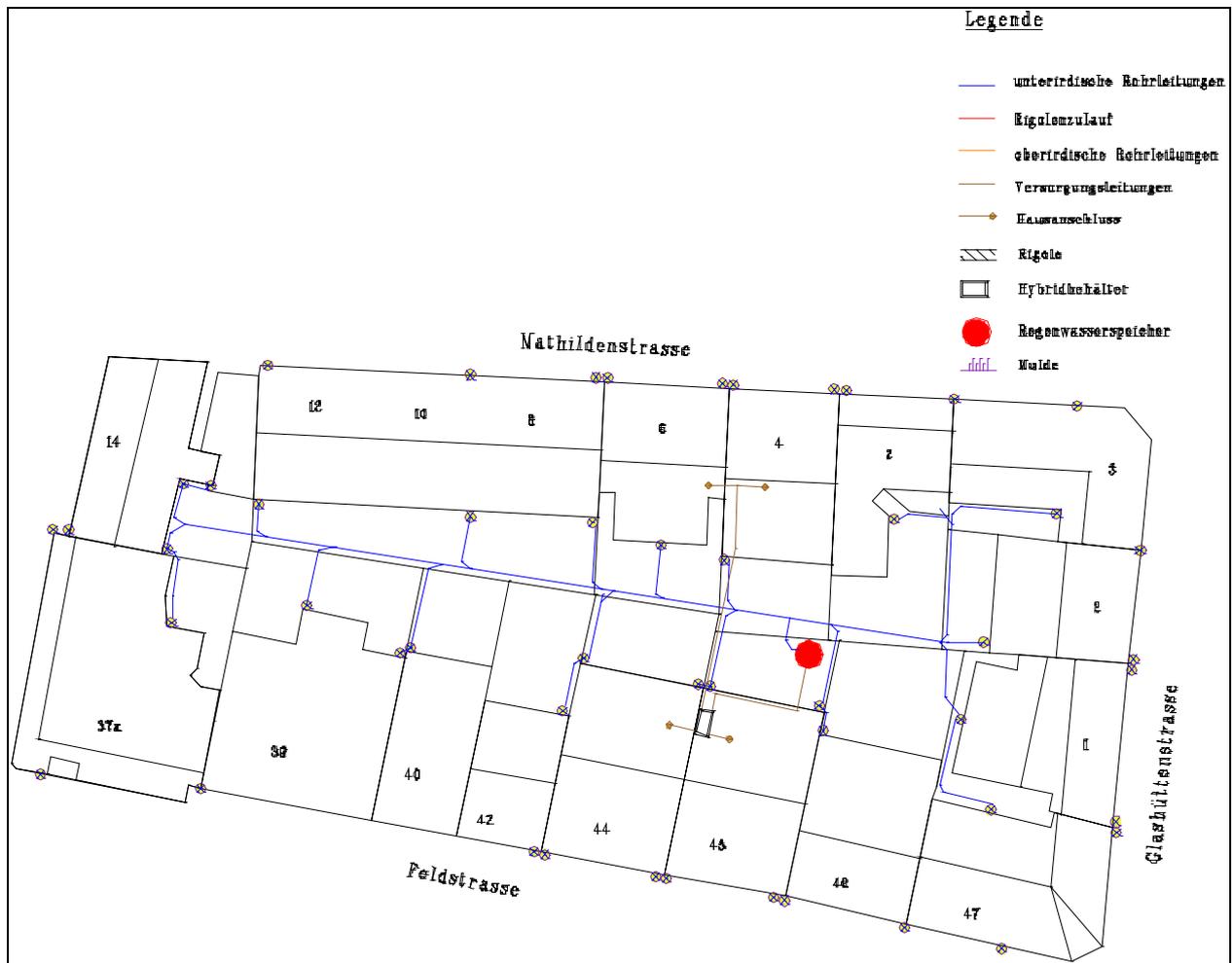


Abbildung 3.1-24: Modell 2.2.1 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.7.2.5 Modell 2.2.2 - RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf

3.1.7.2.5.1 Verbrauchsstellen

Wahl der Verbrauchsstellen mit einem jährlichen Betriebswasserbedarf zwischen 748 - 1048 m³:

Adresse		Jährlicher Betriebswasserbedarf	Anzahl Bewohner	
		m ³ /a	privat	gewerblich
Feldstrasse	45	93	12	4
	46	64	11	0
	47	193	25	8
Glashüttenstrasse	1	175	30	0
	2	70	12	0
	3	152	23	3
Σ		748	113	15

Tabelle 3.1-21: Modell 2.2.2 Wahl der Verbrauchsstellen

Mit einem Betriebswasserbedarf von 748 m³/a kann eine Einsparung an Betriebswasser von ca. 82 % erreicht werden.

Auch hier erfolgt der Ansatz des Betriebswasserbedarfes an der oberen Grenze des Deckungsgrades, um bei erhöhtem Verbrauch eine angemessene Trinkwassereinsparung beizubehalten.

3.1.7.2.5.2 Betrachtung der Ergebnisse

Die Berechnung der Speicherdimensionierung mit Hilfe der EDV liefert folgende Ergebnisse:

Eingangsdaten

Simulationszeitraum:	10 Jahre (1980-1989)
Niederschlagsdaten:	tägliche Höhen
Betriebswasserjahresbedarf:	748 m ³ /a
Auffangflächen:	1830 m ²
Hydraulischer Filterwirkungsgrad:	90% innen
Anzahl angeschlossener Verbraucher:	128
Speichervolumen:	20 m ³
Simulation mit Trinkwassernachspeisung	
Simulierte Gartenbewässerung nur bei Trockenheit (unter 0,5 mm Niederschlag)	
Retentionsvermögen der Dachflächen differenziert nach DIN 1989/1	

Ausgangsdaten

Deckungsgrad:	82,1 %
Betriebwasserbedarf*:	7480 m ³
Zulauf*:	11856 m ³
Überlauf*:	5727 m ³
Anzahl der Überläufe*:	718

*für den Zeitraum von 10 Jahre

Überlaufereignisse

Die Anzahl der Überlaufereignisse sind mit 72 pro Jahr ausreichend.

Verbraucherzahl

Angeschlossen werden in der Berechnung 128 Verbraucher in 6 Gebäuden. Das entspricht in diesem Fall ca. 1/3 des Gebäudebestandes des Blockes. Eine Übertragung dieser Aussage scheint jedoch problematisch, da die Anzahl der Bewohner leicht verzerrt werden kann. Durch das Vorhandensein von z.T. sehr großen Wohnungen, in denen beispielsweise 1-6 Bewohner leben könnten, muss möglichst immer die tatsächliche Zahl der Bewohner bekannt sein, um Übertragungen vorzunehmen.

Lageoptimierung des Regenwasserspeichers

Die Positionierung des Speichers auf den Grundstücken der Feldstr. 47 und Glashüttenstr.1-3 ist aufgrund Platzmangels im Vorwege ausgeschlossen. Daher wird für den Einbau das Grundstück der Feldstr. 45 gewählt.

3.1.7.2.5.3 Systemdarstellung

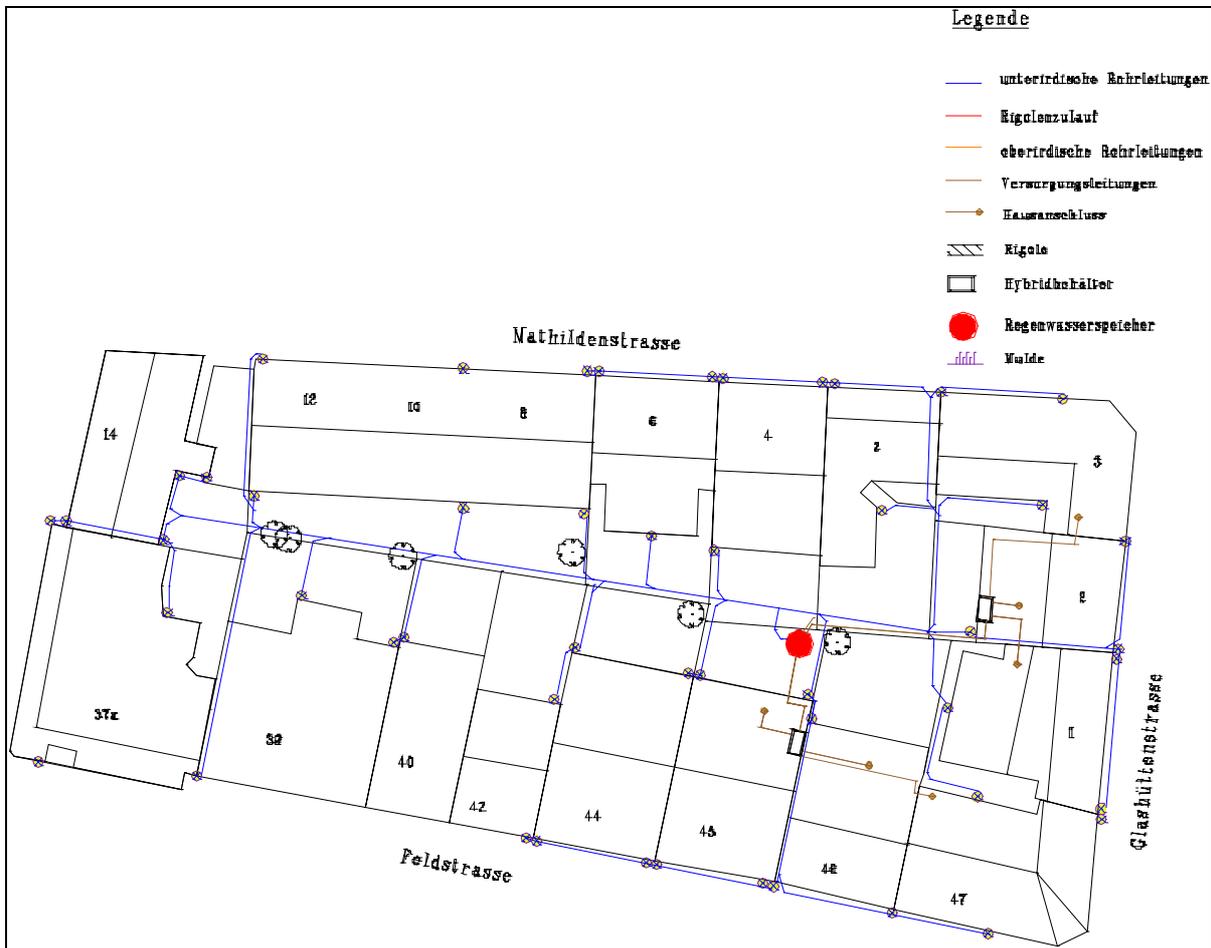


Abbildung 3.1-25: Modell 2.2.2 Systemdarstellung
(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.1.7.3 Zusammenfassung der Modellergebnisse3.1.7.4 Übersicht der ermittelten Parameter

		Modell 1 - Geteiltes System				Modell 2 - Gesamtsystem			
		Modell 1.1 – innere+äußere DF		Modell 1.2 – innere DF		Modell 2.1 – innere+äußere DF		Modell 2.2 – innere DF	
		Modell 1.1.1 – reeller Bedarf	Modell 1.1.2 – optimiert. Bedarf	Modell 1.2.1 – reeller Bedarf	Modell 1.2.2 – optimiert. Bedarf	Modell 2.1.1 – reeller Bedarf	Modell 2.1.2 – optimiert. Bedarf	Modell 2.2.1 – reeller Bedarf	Modell 2.2.2 – optimiert. Bedarf
Auffangflächen	m ²	1760	1760	838	838	3156	3156	1830	1830
Anzahl angeschlossener Gebäude		3	8	2	4	4	10	4	6
Anzahl angeschlossener Verbraucher	-	40	122	23	86	66	189	51	128
Speichervolumen	m ³	17	17	15	15	25	25	20	20
Hydraulischer Filterwirkungsgrad	innen/ außen %	90/80	90/80	90	90	90/80	90/80	90	90
Zulauf	m ³ /a	1280	1280	591	591	1983	1983	1186	1186
Überlauf	m ³ /a	419	693	154	152	984	1093	467	573
Anzahl der Überläufe	-	550	818	390	413	752	824	535	718
genutztes Regenwasser	m ³ /a	647	587	437	390	999	890	719	613
Betriebswasserjahresbedarf	m ³ /a	913	712	602	502	1357	1104	1007	748
Deckungsgrad:	%	71,0	82,4	72,6	77,8	73,9	80,7	71,5	82,1

3.1.7.5 Konstruktionswahl und –beschreibung

Nach der Dimensionierung der Regenspeichers sind die übrigen Anlagenkomponenten zu wählen. Entscheidend ist:

- eine störungsarme Versorgung aller angeschlossenen Haushalte
- hohe Wasserqualität durch die drei Reinigungsstufen
- geringe Wasserverluste
- hoher Wirkungsgrad der Anlage
- energiesparende und effiziente Pumpentechnik

Um eine einwandfreie Versorgung der Haushalte mit Regenwasser zu gewährleisten, wird auf die Technik der Hybridanlage zurückgegriffen.

Das wesentliche Merkmal einer Hybridanlage besteht darin, dass ein zusätzlicher Vorratsbehälter zwischen die Zisterne und die Verbrauchsstellen geschaltet wird.

Diese Zwischenspeicher befinden sich innerhalb des Gebäudes und dienen der direkten Versorgung der Verbrauchsstellen mit Regenwasser.

Die Zisterne übernimmt die Aufgabe, mittels einer Ladepumpe die Innenspeicher zu befüllen, das Nachspeisen geschieht automatisch bei Erreichen eines minimalen Wasserstandes.

Die verschiedenen Gebäudeparteien können auf diese Weise unabhängig voneinander versorgt werden. Die Ladepumpe in der Zisterne wird durch gezieltes Nachspeisen der Innenspeicher energiesparend und schonend betrieben, kleiner dimensionierte Versorgungspumpen stellen die Nachspeisung zu den Verbrauchsstellen sicher.

Das Hybridanlagensystem wird an einem freien Platz im Erd- oder Kellergeschoss der Gebäude installiert, von wo aus der Anschluss an das Leitungssystem erfolgt.

Die übrigen notwendigen Komponenten werden unter Beachtung wirtschaftlicher Gesichtspunkte, praktischer Einsatzgebiete und Qualität ausgewählt.

Pumpenspezifikation

Die Pumpen zur Versorgung der Verbrauchsstellen müssen über eine zu berechnende Leistungsaufnahme verfügen.

Hierfür werden die Volumenströme aller Verbraucher, Toiletten und Waschmaschinen, zusammengefasst, aus denen ein Summenvolumenstrom ermittelt wird. Aus diesem ergibt sich unter Multiplikation mit einem Gleichzeitigkeitsfaktor, zur Berücksichtigung des gleichzeitigen Verbrauchsgrades, ein Spitzenvolumenstrom, den die Pumpe abdecken können muss.

Zusätzlich muss sie in der Lage sein, eine bestimmte Förderhöhe zu überwinden.

Die Berechnung wird an dem Beispiel eines Gebäudes mit Hilfe des Programms „Rainplaner“ durchgeführt und der erforderliche Volumenstrom in die Leistungsverzeichnisse aufgenommen.

3.1.7.5.1 Problembereiche

Umleitung des straßenseitig abgeführten Regenwassers

Die vorliegende Blockbebauung ist im wesentlichen als lückenlos zu betrachten. Das Umleiten von Fallrohrleitungen in den Innenhof über die Giebelseiten, also nur im Außenbereich, kann nur sehr begingt erfolgen. Daher muss auf die Alternativen, die Rohre durch das Gebäude, unterhalb des Gebäudes oder in Bereichen von Durchfahrten zu verlegen, zurückgegriffen werden.

Die Möglichkeit, mittels einer Horizontalbohrung die Gebäude zu unterlaufen, wird in dieser Untersuchung ausgeschlossen, die Kosten und der erforderliche Aufwand wären unverhältnismäßig hoch.

In der Mathildenstr.2 existiert eine Durchfahrt zum Innenhof mit gepflastertem Boden. In diesem Bereich besteht die Möglichkeit, mehrere umliegende Fallrohre zusammenzufassen, um sie unterhalb der Durchfahrt in den Innenhof zu führen.

Ist die Möglichkeit von Durchgängen nicht gegeben, können die Rohrleitungen mit relativ geringem Aufwand durch die Gebäude geführt werden.

Hierzu gibt es verschiedene Lösungsansätze:

1. Das Fallrohr wird möglichst im unteren Bereich umgelenkt und mit gleicher Nennweite durch das Gebäude geführt. Dies wäre in einem unbewohnten Bereich empfehlenswert, aber nicht dringend notwendig.
2. Die Fallrohre mehrerer nebeneinanderliegender Gebäude werden unterirdisch gebündelt und unterhalb der Straßenoberkante durch ein Gebäude geführt.
3. An das Fallrohr wird ein Sammelrohrfilter angeschlossen, der gefiltertes Wasser in ein HT - Rohr ableitet, überschüssiges Wasser gelangt weiterhin über das Fallrohr in das Kanalsystem. Aus Wartungsgründen sollte der Filter bodennah angebracht werden, um ihn leicht zugänglich zu machen, stehen jedoch Gründe entgegen, kann der Filter auf beliebiger Höhe angebracht werden.
Das HT - Rohr wird, auf beliebiger Höhe, durch die Wände in den Innenhof geleitet.

Der Ansatz der Bündelung mehrerer Fallrohre wird hier weiter verfolgt und in die Auslegung einbezogen. Bei Bedarf oder unüberwindbaren Hindernissen kann auf einer gebäudeseparate Durchführung zurückgegriffen werden.

Zisterneneinbau

Der Einbau von Regenwasserzisternen für Neubauten, Siedlungsgebiete und im gewerblichen Bereich stellt in den meisten Fällen technisch kein Problem dar. Der Ort des Einbaus ist zumeist gut zugänglich, so dass der Aushub maschinell und somit wirtschaftlich erfolgen kann.

Das Absetzen der Beton-Erdspeicher geschieht dann direkt vom Transportwagen aus und nimmt wenig Zeit in Anspruch.

Aus Gewichtsgründen führt der Einbau von Kunststoff-Speichern noch zu Vereinfachungen, ein nachträgliches manuelles Ausrichten der Zisternen ist noch möglich.

Betonspeicher

Im Projektgebiet führt der Einbau von Betonspeichern zu Problemen. Der Innenhofbereich ist nicht befahrbar ausgelegt, so dass unter diesem Aspekt ein Betonspeicher nicht zwingend notwendig wäre. Da sich jedoch Beton- und Kunststoffspeicher, was ihre Leistungsfähigkeit und die Qualität des aufzunehmenden Regenwassers betrifft, nicht unterscheiden, wäre grundsätzlich ein Betonspeicher aus Kostengründen vorzuziehen.

Bei dieser Wahl sind folgende Problembereiche zu erörtern:

- Transport der Speicher in den Innenhof

Lösungswege:

- Hineinheben des Speichers über Feldstr. 39 oder Feldstr. 40 mittels Autokran
- Wahl einer Reihenschaltung von Speichern, durch die kleinere Dimensionen wäre Transport über Zufahrt de Mathildenstr. 2 möglich
- Ausführung des Speichers mit Schachtringen ($d \leq 2,00$), Transport dann über Zufahrt, ebenfalls Reihenschaltung notwendig
- Ausführung in Ortbeton

- Transport der Speicher innerhalb des Innenhofes

Lösungswege:

- Transport mit Kleinmaschinen, die über die Zufahrt in den Innenhof gelangen
- manuell mit Wagen (gewichtabhängig)

Kunststoff-Speicher

Kunststoff-Speicher werden auf dem Markt in monolithischer Bauweise oder in Einzelelementen angeboten.

Der Transport über die Gebäude der Feldstr. 39 oder Feldstr. 40 mittels Autokran würde durch das geringe Gewicht erleichtert. Bei kleineren Dimensionen (Reihenschaltung) wäre ein manuelles Überwinden der Gebäude noch möglich, wenn die Durchfahrt wegen der Größe auszuschließen ist.

Zuwegung für Baumaschinen

Lösungswege:

- Hineinheben der Baumaschinen über Feldstr. 39 oder Feldstr. 40 mittels Autokran
- Wahl von Baumaschinen, die die Zufahrt passieren können

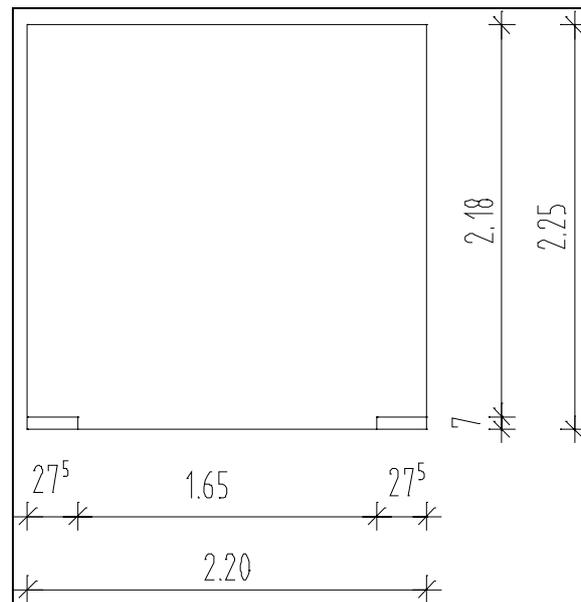


Abbildung 3.1-26: Querschnitt der Zufahrt Mathildenstr. 2

Rohrverlegung im Innenhof

Bei der Herstellung des Rohrnetzes im Innenhof sind die örtlichen Gegebenheiten zu berücksichtigen. So können Kellerniedergänge, Fahrradunterstände oder Bäume der geplanten Leitungsführung im Wege stehen, so dass mit Umwegen zu rechnen ist. Darüber hinaus sollten die Kosten berücksichtigt werden, die erforderlich sind, um nach Abschluss der Rohrverlegungen den Ausgangszustand der Grundstücke wiederherzustellen (Beläge, Pflasterungen, Einfriedungen).

3.1.8 Ergebnisbetrachtung3.1.8.1 Mengenübersicht

Titel		Modell	Modell	Modell	Modell		Modell	Modell	Modell
		1.1.1	1.1.2	1.2.1	1.2.2	2.1.1	2.1.2	2.2.1	2.2.2
		Menge							
Regenwasserspeicher 6500 l	Stck	0	0	0	0	4	4	0	0
Regenwasserspeicher 6000 l	Stck	3	3	1	1	0		2	2
Regenwasserspeicher 5000 l	Stck			2	2	0		2	2
Filterschacht	Stck	1	1	1	1	1	1	1	1
Hybrideinheit	Stck	1	2	1	1	2	3	1	2
Doppelpumpenstand	Stck	1	2	1	1	2	3	1	2
Tauchpumpe	Stck	1	1	1	1	1	1	1	1
Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung	Stck	24	24	11	11	38	38	19	19
Standrohr verschliessen	Stck	33	33	12	12	45	45	19	19
Rohrgraben	lfdm	253	253	122	122	353	353	222	222
Pflasterbelag Strassenseite	m ²	59	59	0	0	59	59	0	0
Pflasterbelag Innenhofseite	m ²	20	20	20	20	20	20	20	20
Rohrleitungen DN 100 Strassenseite	lfdm	114	114	0	0	114	114	0	0
Rohrleitungen DN 100 Innenhofseite	lfdm	109	109	68	68	84	84	127	127
Rohrleitungen DN 150 Innenhofseite	lfdm	30	30	54	54	155	155	95	95
Abzweigen DN 100	Stck	8	8	8	8	14	14	14	14
Abzweigen DN 150	Stck	8	8	2	2	5	5	5	5
Bogen DN 100	Stck	14	14	8	8	17	17	17	17
Bogen DN 150	Stck	4	4	4	4	4	4	4	4
SML- Rohrleitungen DN 150	lfdm	41	41	0	0	51	51	0	0
Wandabdichtungen	Stck	6	6	0	0	8	8	0	0
Kernbohrungen bis 24 cm	Stck	6	6	0	0	8	8	0	0
Kernbohrungen bis 48 cm	Stck	6	6	0	0	8	8	0	0

Tabelle 3.1-22: Mengenübersicht Regenwassernutzung

3.1.8.2 Wasserbilanz

Die Bilanzierung des Wasserhaushaltes bezieht sich bei der Anwendung einer Regenwassernutzungsanlage mit Anschluss des Überlaufs an den öffentlichen Kanal auf die Trinkwassersubstitution, was bedeutet, dass zum einen die Menge des genutzten Regenwassers nicht, wie bei der Verwendung von Trinkwasser als Betriebswasser, aus Grundwasserleitern bezogen werden muss, zum anderen wird die Menge des Abflusses in das Kanalnetz um genau diesen Anteil reduziert.

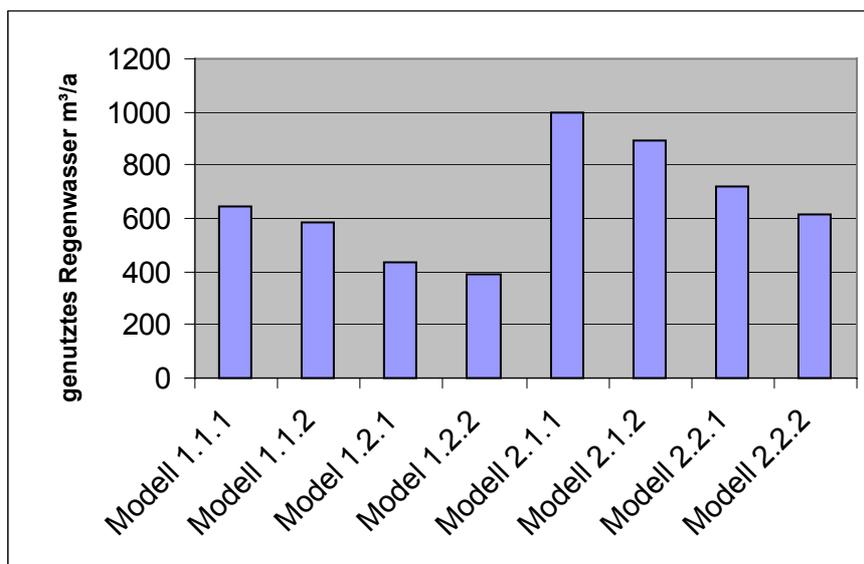


Abbildung 3.1-27: Wasserbilanz Regenwassernutzung

3.1.8.3 Bewertung des ökologischen Ausgleichspotentials

Die Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser trägt zum Beibehalt des Grundwasserpegels bei. Die Entnahme von Trinkwasser aus Grundwasserleitern wird bei Zugrundelegung der jeweiligen Modelle um die in der Tabelle 3.1-27 angegebenen Mengen reduziert.

Parallel dazu wird das öffentliche Kanalnetz um diese Beträge entlastet, im weiteren Sinne und bei großräumiger Anwendung bedarf es bei Neuplanungen von Leitungen oder Entlastungsbauwerken kleinerer Dimensionen.

Aus den Anschlussflächen der Modelle und den damit verbundenen genutzten Regenwassermengen geht das Selbstverständnis hervor, dass bei dem Ansatz größerer Dachflächen auch mehr Trinkwasser eingespart werden kann.

Ein linearer Vergleich der genutzten Regenwassermengen ist wegen verschiedener Ansätze der Zisternengrößen nicht möglich.

Geringe Unterschiede ergeben sich ebenfalls beim Ansatz gleicher Dachflächengrößen (z.B. Modell 1.1.1 und Modell 1.1.2), dies hängt mit den ungleichen Deckungsgraden zusammen.

Letztendlich kann in ökologischer Hinsicht gesagt werden, dass bei Anwendung dieser Fallbeispiele die Probleme im Zusammenhang mit dem Grundwasser sowie technischen Einrichtungen zur Bewältigung der Abwassermengen eingedämmt werden können.

3.1.8.4 Auswirkungen auf Gestaltung und Nutzung

Die Wahl von außenliegenden Erdspeichern führt zu sehr geringfügigen Nutzungseinschränkungen. Es bedarf im Innenhof lediglich einiger Revisionschächte für Zisternen bzw. Filterschacht, im Gebäudeinneren muss für die Anlagensteuerung bzw. die Hybridanlagen Platz zur Verfügung gestellt werden, während diese Komponenten zu Wartungs- und Kontrollzwecken zugänglich sein müssen.

3.1.8.5 Kostenschätzung und Einsparpotentiale

		Modell 1 - Geteiltes System							
		Modell 1.1 - innere + äußere DF				Modell 1.2 - innere DF			
		Modell 1.1.1 - reeller Bedarf		Modell 1.1.2 – optimierter Bedarf		Modell 1.2.1 - reeller Bedarf		Modell 1.2.2 - optimierter Bedarf	
Ergebnisse der Beispiel-LVs	€	44.594 €		57.094 €		28.843 €		31.843 €	
Geschätzter Kostenrahmen		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€	35.000,00 €	55,00 €	50.000,00 €	65.000,00 €	20.000,00 €	35.000,00 €	25.000,00 €	38.000,00 €
Auffangflächen	m ²	1760		1760		838		838	
Kosten pro m ² Dachfläche	€/m ²	19,89 €	0,03 €	28,41 €	36,93 €	23,87 €	41,77 €	29,83 €	45,35 €
Menge der Trinkwassersubstitution	m ³ /a	647		587		437		390	
Wasserpreis	€	4,05 €							
jährliche Einsparung	€	2.620,35 €		2.377,35 €		1.769,85 €		1.579,50 €	
Betriebskosten	€	150 €		150 €		150 €		150 €	
break-even-point	a	13	19	19	24	12	19	16	22
jährliche Preisanhebung	%	1%							
Erzielte Einsparung	€	36.187 €	56.143 €	50.621 €	67.203 €	21.687 €	36.814 €	26.554 €	38.757 €

Tabelle 3.1-23: Modell 1 Kostenschätzung und Amortisation

		Modell 2 - Gesamtsystem							
		Modell 2.1 - innere + äußere DF				Modell 2.2 - innere DF			
		Modell 2.1.1 - reeller Bedarf		Modell 2.1.2 - optimierter Bedarf		Modell 2.2.1 - reeller Bedarf		Modell 2.2.2 - optimierter Bedarf	
Ergebnisse der Beispiel-LVs	€	62.602 €		76.302 €		41.624 €		46.624 €	
Geschätzter Kostenrahmen		von	bis	von	bis	von	bis	von	bis
	€	50.000,00 €	70.000,00 €	65.000,00 €	85.000,00 €	35.000,00 €	50.000,00 €	35.000,00 €	55.000,00 €
Auffangflächen	m ²	3156		3156		1830		1830	
Kosten pro m ² Dachfläche	€/m ²	15,84 €	22,18 €	20,60 €	26,93 €	19,13 €	27,32 €	19,13 €	30,05 €
Menge der Trinkwassersubstitution	m ³ /a	999		890		719		613	
Wasserpreis	€	4,05 €							
jährliche Einsparung	€	4.045,95 €		3.604,50 €		2.911,95 €		2.482,65 €	
Betriebskosten	€	150 €		150 €		150 €		150 €	
break-even-point	a	12	16	17	21	12	16	14	20
jährliche Preisanhebung	%	1%							
Erzielte Einsparung	€	52.159 €	72.369 €	68.861 €	88.518 €	36.977 €	51.305 €	37.167 €	56.362 €

Tabelle 3.1-24: Modell 2 Kostenschätzung und Amortisation

Die Kostenangaben sind anhand von Beispiel-Leistungsverzeichnissen (siehe Anhang V) ermittelt worden. In diesen Auflistungen sind die wesentlichen, zur Herstellung von Regenwassernutzungsanlagen nötigen Positionen enthalten.

Die Einheitspreise der Entwässerungsleitungen sind dabei einer Baukostendatenbank (Sirados Baudaten; Edition Aum GmbH; Stand: Juli 2003) entnommen, es wurden die jeweils dort angegebenen mittleren Werte der Preisspannen verwandt.

Die übrigen Einheitspreise, deren Positionen in der Datenbank nicht zugeordnet werden konnten, stellen Mittelwerte aus den Ergebnissen von Befragungen unter verschiedenen Unternehmen dar.

Folgende Unternehmen wurden bei der Ermittlung von Einheitspreisen berücksichtigt (in alphabetischer Reihenfolge):

- Fa. Adam GmbH & Co KG, Heizung- Sanitär- Elektro, Hamburg
- Fa. Elwa Wassertechnik, Lingen
- Fa. Heidelberger Abwassertechnik, Langhagen
- Fa. Krebs, Tiefbau, Dägeling
- Fa. Rewalux, Regenwassernutzungsanlagen, Lemwerder
- Fa. Rusche, Regenwassernutzungsanlagen, Elmshorn

Da die Leistungsverzeichnisse nur als grobe Richtwerte dienen können, wurde für jedes Modell ein Kostenrahmen aufgestellt, in dem sich die Herstellkosten bewegen sollten.

Blau hinterlegt sind die Jahre, nachdem sich der break-even-point einstellt, nach dieser Zeitspanne hat sich demnach die Regenwassernutzungsanlage amortisiert.

Die Amortisationsraten schwanken, unabhängig von dem gewählten Modell, zwischen 12-20 Jahren und zeigen somit, dass sich die Aufrechnung in einem angemessenen Zeitrahmen bewegt.

Die Integration der straßenseitigen Dachflächen bietet die Möglichkeit, die Kosten pro m² angeschlossener Dachflächen zu senken, die damit verbundenen höheren Investitionen werden durch den Anschluss großer Flächenbereiche und einer daraus resultierenden höheren jährlichen Einsparung gleichermaßen ausgeglichen.

Die höchste Kostenintensität resultiert im wesentlichen aus den technischen Einrichtungen der Regenwassernutzungsanlage selbst. Erfolgt eine Aufrüstung aufgrund weiterer einzubeziehender Dachflächen im Vorwege, steigen die Kosten, während die Kosten pro Quadratmeter sinken.

Der Ansatz eines optimierten Bedarfs ermöglicht den Anschluss einer größeren Anzahl an Verbrauchsstellen, daher liegen die Investitionskosten gegenüber dem realen Bedarf meist höher.

Abschließend lässt sich sagen, dass Kostensprünge beim Vergleich der Modelle gleichzeitig eine höhere jährliche Einsparung nach sich ziehen, woraus folgt, dass die Systeme in der Amortisation trotz technischer Unterschiede nah beieinander liegen.

Grundsätzliches Ziel muss es sein, einen hohen Deckungsgrad zu erreichen, um so viel Trinkwasser wie möglich zu substituieren.

Ausblick auf zukünftige Gebührenregelung

Ausgegangen kann hier nur von der aktuellen Gebührenerhebung für Trink- und Abwasser, wie sie zur Zeit in Hamburg gehandhabt wird. Dabei ergeben sich für die Trinkwassersubstitution Einsparungen aus dem bezogenen Trinkwasser (1,47 €/m³) sowie aus der Abwassergebühr (2,58 €/m³), da keine gesonderte Abwassergebühr erhoben wird.

Es wurde bei dem Ansatz der Gebühren mit einer jährlichen Preisanhebung von einem Prozent ausgegangen.

Eine Änderung des Verfahrens zur Gebührenerhebung ist nicht in Sicht, so dass eine Prognose auf Veränderungen der Einsparpotentiale schwer möglich ist.

Würde eine gesplittete Wassergebühr fiktiv angesetzt werden, gäbe es eine Auswahl an verschiedenen Modellen, nach denen Wassergebühren erfasst werden.

Bei der Anwendung von Regenwassernutzungsanlagen wäre jedoch auch dann eine Amortisation wahrscheinlich, die sich in einem ähnlichen Rahmen abspielt.

3.1.9 Gesamtbetrachtung

Die Regenwassernutzungsanlagen verfügen über ein ökologisches Ausgleichspotential, das sich durch die Schonung von Trinkwasserressourcen sowie einer Entlastung der Kanalnetze auszeichnet.

Vor diesen Effekten steht jedoch die Forderung der Auftraggeber, das System in einen finanziellen Rahmen zu verpacken, der sich nach einer angemessenen Zeit ausgleicht.

Die Untersuchungsergebnisse kommen dabei zu dem Schluss, dass sich eine Amortisation der Anlage nach 12-20 Jahren einstellt.

Angesichts der örtlichen Verhältnisse, die einen erhöhten Aufwand durch die Integration einer Vielzahl von Einzeldachflächen bedingen, ist die Anzahl der Jahre bis zum break- even- point durchaus berechtigt.

Die Lebensdauer der Anlagenkomponenten und der Peripherie sollte, abgesehen von Verschleißteilen, diese Zeit bei weitem überschreiten, so dass nach dem erwarteten Ausgleich eine tatsächliche jährliche Einsparung zu spüren sein wird.

3.2 Regenwasserversickerung

Eine stetige Zunahme der Flächenversiegelung und ein hoher Versiegelungsgrad in innerstädtischen Bereichen machen die Regenwasserversickerung zu einem ökologisch sinnvollen Instrument zur „Renaturierung“ des Wasserhaushaltes.

Sie sorgt dafür, dass das auf versiegelten Flächen anfallende Niederschlagswasser nicht zentral abgeleitet und der Kanalisation zugeführt, sondern an den Boden der unmittelbaren Umgebung abgegeben wird. Auf diese Weise wird das Wasser dem natürlichen Kreislauf übergeben und das öffentliche Kanalnetz entlastet.

Die ökologischen Aspekte der Regenwasserversickerung sind in allgemeiner Form einleitend schon erläutert worden und werden im Folgenden, auf das vorliegende Projekt bezogen, dargelegt:

Entlastung der Kanalnetze und Vorfluter

Das Verringern der Abwassermengen durch das Abkoppeln der Regenleitungen vom öffentlichen Netz ermöglicht geringere Dimensionierungen der Rohrleitungen.

Entscheidend ist, dass Überlaufereignisse in den Rückhaltebecken durch die Entlastung weitestgehend vermieden werden können.

Mikroklima

Verbesserung des Klimas unmittelbar über der bewässerten Bodenzone.

Versickerungsanlagen können schon mit geringem finanziellen Aufwand realisiert werden und werden sowohl in Wohnsiedlungen, als auch in großen Gewerbebauten angewandt.

Lässt es der Grad der Verunreinigung zu, können auch Hofbeläge, Parkplätze usw. bis hin zu ganzen Straßenzügen angeschlossen werden.

3.2.1 Rechtliche Vorgaben

Die rechtliche Einordnung der Thematik „Versickern“ ergibt sich aus einer typischen Dreigliedrigkeit³⁹.

Aus Bundesebene werden in Form von Rahmengesetzen grundsätzliche Bedingungen vorgegeben, die das Einleiten von Niederschlagswasser in das Grundwasser betreffen.

Auf Länderebene werden weiterhin konkrete Vorgaben zum Genehmigungsverfahren und der rechtlichen Stellung der Versickerung festgelegt.

Die Kommunen als drittes Organ der Dreigliedrigkeit können auf der Grundlage der Landesgesetze in Satzungen festhalten, welche Techniken angewandt werden dürfen und welche Anschlussmöglichkeiten vorliegen.

³⁹ Mahabadi, M. 2001, S. 9

Bundesebene Wasserhaushaltsgesetz (WHG) Abwasserabgabengesetz (AbwAG) Baugesetzbuch (BauGB)
Landesebene Hamburger Bauordnung (HbauO) Hamburgisches Wassergesetz (HwaG) Hamburgisches Abwassergesetz (HmbAbwG) Sielabgabengesetz

Niederschlagswasser ist in rechtlicher Hinsicht als Abwasser zu verstehen.

Das Abwasserabgabengesetz gibt hierfür die Definition vor:

„Abwasser im Sinne dieses Gesetzes sind das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen und sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das beim Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen im Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser (Niederschlagswasser)“ (§2 Abs.1, Satz 1 AbwAG)

Versickerungsanlagen werden somit als Abwasserbeseitigungsanlagen verstanden und müssen demnach gemäß dem Wasserhaushaltsgesetz nach den Regeln der Technik errichtet und betrieben (§18b) sowie behördlich zugelassen werden, wenn sie „für mehr als 3000 kg/d BSB₅ (roh) oder für mehr als 1500 Kubikmeter Abwasser in zwei Stunden (ausgenommen Kühlwasser) ausgelegt“ sind (§18c).

Nach dem Abwasserabgabengesetz gilt das Versickern von Niederschlagswasser in den Untergrund als Benutzung eines Gewässers, in diesem Fall des Grundwassers, so ist auch die Notwendigkeit begründet, für das Einrichten einer Versickerungsanlage eine Erlaubnis bei der zuständigen Behörde einzuholen.

Die Regelungen nach Art und Umfang der Bewilligung und Erlaubnis sind hierbei den Ländern selbst überlassen. So können auf dieser Ebene die Voraussetzungen für eine erlaubnisfreie Benutzung gegeben werden.

In Hamburg ist grundsätzlich die Möglichkeit gegeben, ohne eine wasserrechtliche Erlaubnis Regenwasser versickern zu lassen (§32 a und b HwaG), jedoch bedingen technische Vorgaben eine Rechtsverordnung, das Einleiten ist in der Regel anzeigepflichtig.

Grundvoraussetzung für das Einleiten von Niederschlagswasser in den Untergrund ist nach §34 Absatz 1 WHG, dass eine Verunreinigung des Grundwassers oder eine sonstige nachteilige Veränderung seiner Eigenschaften ausgeschlossen ist.

3.2.2 Rahmenbedingungen

In der ATV-DVWK-A 138 sind Vorgaben enthalten, die den Einsatz von Versickerungsmaßnahmen erst ermöglichen oder ausschließen.

Unabhängig von qualitativen Untersuchungen des Niederschlagswassers und der Eignung von Dachflächen ist der Bodenaufbau und die damit verbundene Durchlässigkeit der Schichten von ausschlaggebender Bedeutung.

Darüber hinaus wird der Verlauf des Grundwassers sowie die Grundwasserstände in die Betrachtung einbezogen.

Sind die den Boden betreffenden Grundvoraussetzungen gegeben, kann die Qualität des Niederschlagswassers und die damit verbundene Oberflächenbeschaffenheit der Dachflächen untersucht werden.

Bodenverhältnisse

Das Versickerungsvermögen des Bodens ist in erster Linie abhängig von seiner Durchlässigkeit, die durch den Wasserdurchlässigkeitsbeiwert (k_f – Wert) beschrieben wird.

Die Durchlässigkeit des Sickertraumes eines Bodens wird beeinflusst durch die Korngröße, die Kornverteilung und die Lagerungsdichte.

Im Zusammenhang mit der Regenwasserversickerung wird in der ATV-DVWK-A 138 ein entwässerungstechnisch relevanter Bereich angegeben, in dem sich Böden, in denen Regenwasser versickert werden soll, befinden sollten.

Demnach sind Böden, die einen k_f – Wert zwischen 10^{-3} m/s und 10^{-6} m/s aufweisen, für eine Versickerung geeignet.

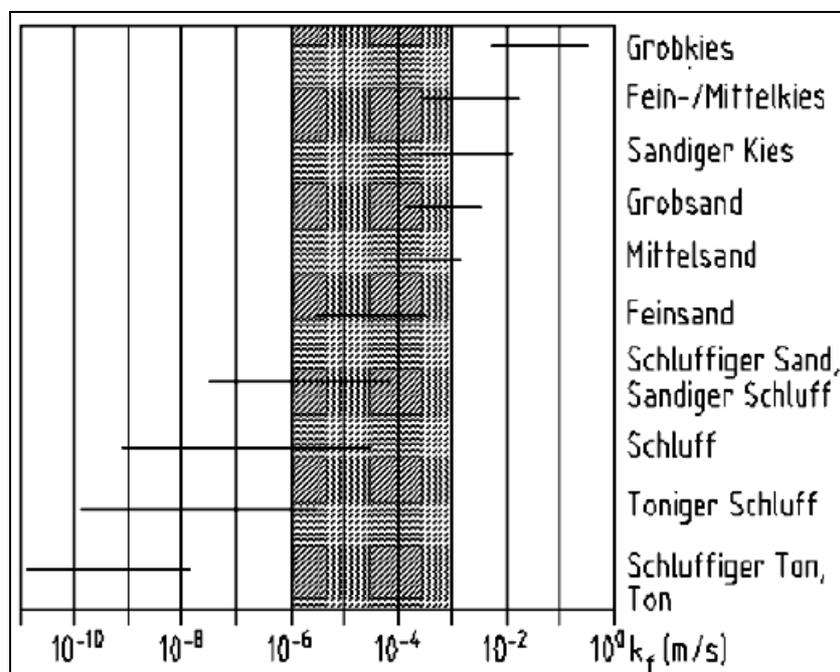


Abbildung 3.2-1: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich⁴⁰

⁴⁰ Quelle: ATV- DVWK-A138, Januar 2002, Kap. 3.1.3

Böden, die eine höhere Durchlässigkeit aufweisen, sind meist nicht in der Lage, das zu versickernde Wasser in ausreichendem Maße zwischenzuspeichern und langsam wieder abzugeben, um eine Reinigung des Wassers in dem natürlichen Bodenfilter zu ermöglichen.

Böden geringerer Durchlässigkeit jedoch, wie z. B. Ton, lassen Wasser nicht ausreichend passieren und eignen sich somit für eine Versickerung nicht.

Grundwassersituation

Die Mächtigkeit des Sickertraums sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, grundsätzlich mindestens 1 m betragen, um eine ausreichende Sickerstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten⁴¹.

In diesem Bereich finden physikalische, chemische und biologische Rückhalte- und Umwandlungsprozesse statt⁴², die erforderlich sind, um die Verunreinigung des Wasser auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren.

Angemerkt sei, dass diese Vorgänge in der belebten Bodenzone intensiver ablaufen als in den Bodenschichten, die sich darunter befinden.

Verhinderung des Grundwasseranstiegs

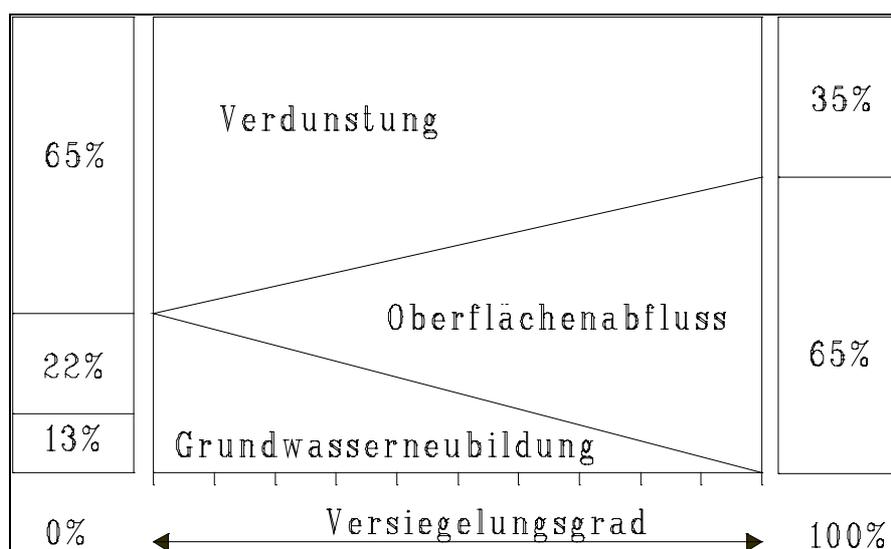


Abbildung 3.2-2: Schematische Wasserbilanz für verschiedene Nutzungsstrukturen ohne Versickerungsmaßnahmen⁴³

(prozentuale Anteile bezogen auf den mittleren Jahresniederschlag von 600 mm in Würzburg)

Die Abbildung 3.2-2 zeigt schematisch die prozentualen Anteile der Verdunstung, des Oberflächenabflusses und der Grundwasserneubildung an dem Beispiel Würzburg.

⁴¹ ATV-DVWK-A 138, Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Januar 2002, Kapitel 3.1.3

⁴² ebd., Kapitel 1.4

⁴³ nach Meißner 1997; übertragen aus: Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Grenzen der Niederschlagsversickerung zur Verhinderung des Grundwasseranstiegs, Bochum 2002

Bei einem naturbelassenen Raum mit einem Versiegelungsanteil von 0 % verdunsten 65 % des anfallenden Niederschlagswassers, während insgesamt 35 % der Grundwasserneubildung zugute kommen. Mit zunehmender Versiegelung tritt ein Anteil des Oberflächenabflusses auf, der die anderen Anteile verdrängt. Bei vollständiger Versiegelung (100%) setzt sich die Wasserbilanz aus 65% für den Oberflächenabfluss und 35% für die Verdunstung zusammen, während die Grundwasserneubildung ohne Versickerungsmaßnahmen vollkommen unterbunden wird.

Leicht vorstellbar ist die veränderte Wasserbilanz, die sich einstellen würde, wenn dieser Anteil des Oberflächenabflusses vollständig technisch versickert würde.

Dem Boden würde auf diese Weise 65% des anfallenden Niederschlagswassers zugeführt werden, gegenüber dem naturbelassenen Raum, in dem nur 35% des Wassers versickern und ein erheblicher Anteil verdunstet.

Übertragen auf das Projektgebiet würde dies bedeuten, dass bei einem Anschlussgrad der Dachflächen von 100% an eine Versickerungsanlage der Eintrag von Regenwasser in den Boden weitaus größer wäre, als wenn der Block nur aus Grünflächen bestehen würden.

Genauere Aussagen über die Verteilung von Verdunstung, Oberflächenabfluss und Grundwasserneubildung setzen Kenntnisse über die hydrogeologischen Gegebenheiten, die Durchlässigkeitsverteilung der wassererfüllten Schichten sowie tendenzielle Bewegungen der Grundwasserstände voraus⁴⁴.

In der „Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum“ über „Neue Konzepte und Technologien in der Abwasserentsorgung“ wurde zu diesem Zweck eine Pilotstudie erarbeitet, in der die Grundwassersituation über mehrere Jahre in einem Bebauungsgebiet bei wechselnder Versiegelung computergestützt simuliert wurde.

Die Autoren kommen zu dem Schluss, dass die Übertragbarkeit der Simulationsergebnisse bei ähnlichen örtlichen Gegebenheiten als positiv zu bewerten ist.

Das Pilotgebiet weist einen Durchlässigkeitsbereich zwischen 10^{-5} m/s und 10^{-6} m/s auf, die mittlere Durchlässigkeit im vorliegenden Projektgebiet befindet sich mit $5 \cdot 10^{-5}$ m/s in diesem Bereich.

In der Studie wurde die Aussage getroffen, dass eine Versickerungsrate zwischen 50-75% zu empfehlen ist. Diese Empfehlung wird in der vorliegenden Ausarbeitung aufgegriffen und in der Auslegung von Versickerungsanlagen berücksichtigt.

Dies geschieht vorerst unter Vernachlässigung hydrogeologischer Kenntnisse über die Eigenschaften der Grundwasserleiter.

Anzumerken ist weiterhin, dass eine großräumige Betrachtung des Projektgebietes durchaus zu Abweichungen führen kann, da Versickerungsmaßnahmen im Kerngebiet Hamburgs eine bisher geringe Verbreitung finden.

Dennoch wird hier zur Beurteilung von Versickerungsanlagen angenommen, dass die o.g. Verteilung tendenziell zutrifft.

Altlasten

Eine Beeinträchtigung bzw. eine Verunreinigung des Grundwassers durch im Sickerraum vorhandene Schadstoffe ist auszuschließen.

Es bedarf somit im Vorwege einer Erkundung des Bodens auf Schadstoffe oder Altlasten, die eine Regenwasserversickerung in diesem Bereich unmöglich machen könnten.

⁴⁴ Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum 2002

Eignung der Dachflächen

Die Beschaffenheit der Dachflächen hat einen Einfluss auf die Qualität des Regenwassers und kann es unter Umständen mit Schadstoffen anreichern.

Begrünte Dachflächen können daher wegen ihres natürlichen Filterpotentials als sehr günstig angesehen werden. Ebenso sind Glas- oder Tonziegel, die eine sehr glatte Oberfläche besitzen, wodurch sich kaum Schadstoffe ablagern können, als unbedenklich einzustufen.

Dachpappe (Bitumen) gibt organische Säuren an das Wasser ab, die Folgen sind noch nicht hinreichend untersucht.

Metalleindeckungen aus Kupfer, Zink oder Blei können Schwermetalle an das Wasser abgeben, so dass das Verschmutzungspotential bei dieser Art als hoch einzustufen ist⁴⁵.

3.2.3 Systeme der Regenwasserversickerung

Maßnahmen zur Regenwasserversickerung sind in der heutigen Zeit in technischer Hinsicht so weit fortgeschritten, dass, bei gegebener Grundvoraussetzung, Grundwasser durch das Einleiten von Stoffen nicht zu belasten, ein Anwendung bei verschiedenartigen Bodenbeschaffenheiten und auch bei geringer Verfügbarkeit an Platz möglich wird.

Es stehen ober- sowie unterirdische Techniken zur Verfügung, die den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden können.

Durch den Einsatz von Versickerungsanlagen wird dem Effekt der Flächenversiegelung insoweit entgegengetreten, als dass das dort anfallende Niederschlagswasser, meist in konzentrierter Form, dem Boden zugeführt wird. Daneben gibt es zahlreiche Möglichkeiten, versiegelte Flächen aufzulösen oder ihre Durchlässigkeit zu erhöhen. Diese Maßnahmen beschränken sich im wesentlichen auf Verkehrsbeläge, Parkflächen u.ä. und fördern eine Versickerung direkt unter diesen Flächen.

In den folgenden Abschnitten wird auf Maßnahmen zur Entsigelung nicht weiter eingegangen, da im Innenhof des Projektgebietes im wesentlichen unversiegelte Flächen auftreten, kleine versiegelte Flächen wie Gehbeläge werden dabei vernachlässigt.

⁴⁵ Geiger, W.; Dreiseitl H. 1995, S. 74f

Flächenversickerung

Die Flächenversickerung gehört zu den dezentralen Versickerungsanlagen ohne Speicherung.

Daher muss bei dieser Bauart eine ausreichend große Fläche zur Verfügung stehen, die eine direkte Ableitung des Wassers in den Boden ermöglicht. Sowohl der Oberbau als auch der Untergrund müssen eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen, die gewährleistet, dass der Boden mehr Wasser aufnehmen kann als Niederschlag fällt.

Das Wasser wird in der Regel über offene Rinnen den zur Verfügung gestellten Flächen zugeführt, die Versickerung kann dann über eine Vegetationsdecke, über wasserdurchlässig befestigte Flächen oder über die Fugenanteile befestigter Flächen stattfinden.

Wasserdurchlässige, befestigte Flächen können sein:

- Schotterrasen
- Rasengittersteine
- Rasenfugenpflaster
- Rindenhäcksel
- Kies-/Splittdecke, wasserdurchlässige Betonpflaster
- Beton- oder Natursteinpflaster
- wasserdurchlässige Beton- oder Asphaltdecken

Muldenversickerung

Die Versickerungsfläche wird als Mulde hergestellt, was bedeutet, dass eine großflächige Bodenvertiefung ausgebildet wird, die die Möglichkeit bietet, Wasser oberirdisch zu speichern. Daher sind, gegenüber der Flächenversickerung, auch Böden geringerer Durchlässigkeit für eine Muldenversickerung geeignet.

Die Muldenversickerung zeichnet sich durch eine gute Reinigungsleistung durch die belebten Bodenschichten aus und ist gestalterisch gut in die Umgebung integrierbar.

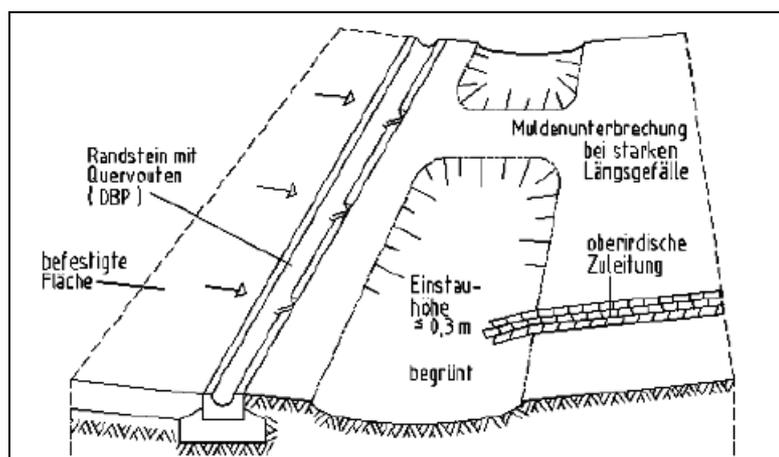


Abbildung 3.2-3: Versickerungsmulde⁴⁶

⁴⁶ Quelle: ATV- DVWK-A138, Januar 2002, Kap. 3.3

Mulden-Rigolenversickerung

Bei der Mulden-Rigolenversickerung werden zwei Systeme vereint. Unterhalb der Muldenfläche befindet sich in Längsrichtung eine Rigole, die ein mit Kies oder Schotter gefülltes Speicherelement darstellt (Rigolenelement).

Diese Art der oberirdischen Versickerung eignet sich besonders gut bei undurchlässigen oberen Bodenschichten, die einerseits durch die Vertiefung der Mulde, im wesentlichen jedoch durch den Kieskörper überbrückt werden können.

In die Kiesbettung in Längsrichtung verlegte Drainrohre begünstigen die gleichmäßige Verteilung des Wassers in der Rigole.

Der Vorteil dieser Anlage liegt, neben der Reinigungsleistung, bei der guten Retentionsmöglichkeit im Kieskörper. Ist die Durchlässigkeit unterhalb der Rigole für ein vollständiges Versickern dennoch nicht ausreichend, ist dafür Sorge zu tragen, dass das überschüssige Wasser abgeleitet werden kann (Rigolensystem).

Dieses System beinhaltet neben dem perforierten Rohr einen Drosselschacht, der für die gezielte gedrosselte Ableitung zuständig ist.

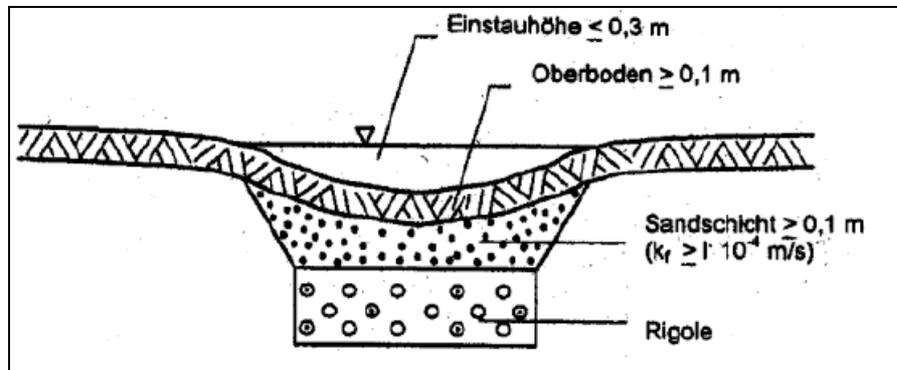


Abbildung 3.2-4: Querschnitt eines Rigolenelementes⁴⁷

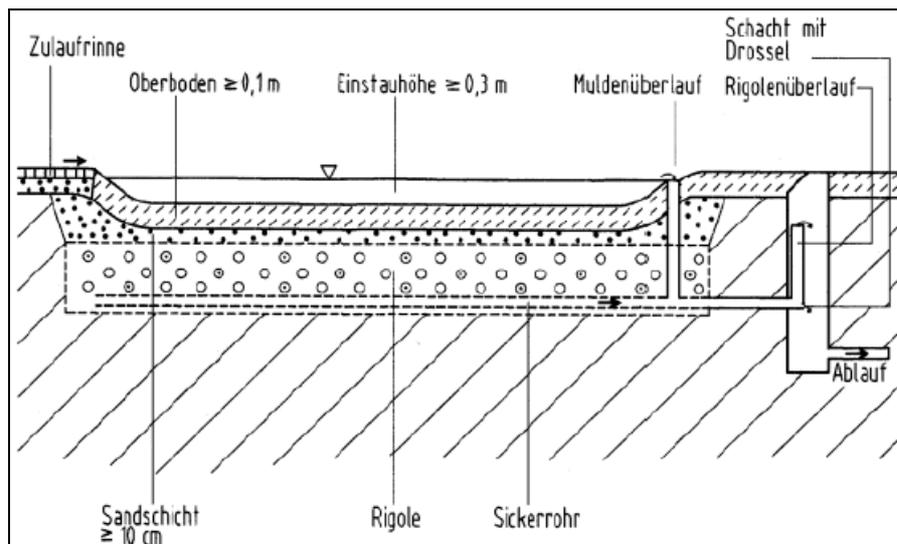


Abbildung 3.2-5: Mulden-Rigolensystem⁴⁸

⁴⁷ Quelle: ATV- DVWK-A138, Januar 2002, Kap. 3.3

⁴⁸ ebd.

Rigolen-/ Rohrversickerung

Auf die Funktionsweise der Rigolenversickerung wurde schon in der Mulden-Rigolenversickerung eingegangen, der Unterschied besteht jedoch darin, dass das anfallende Wasser unterirdisch in die Rigole eingeleitet wird. Diese Anlage kommt meist dann zum Einsatz, wenn für eine Flächen- bzw. eine Muldenversickerung nicht genügend Platz zur Verfügung steht. Die Kiesrigole kann ebenfalls mit Drainrohrleitungen durchzogen werden, die für eine bessere und schnellere Verteilung des Wassers sorgen.

Aufgrund der leichten Handhabung kommen heutzutage alternativ zu Kies- oder Schotterrigolen Kunststoff-Speicherelemente zum Einsatz, die sich wegen ihres geringen Gewichtes und der Materialersparnis durchgesetzt haben.

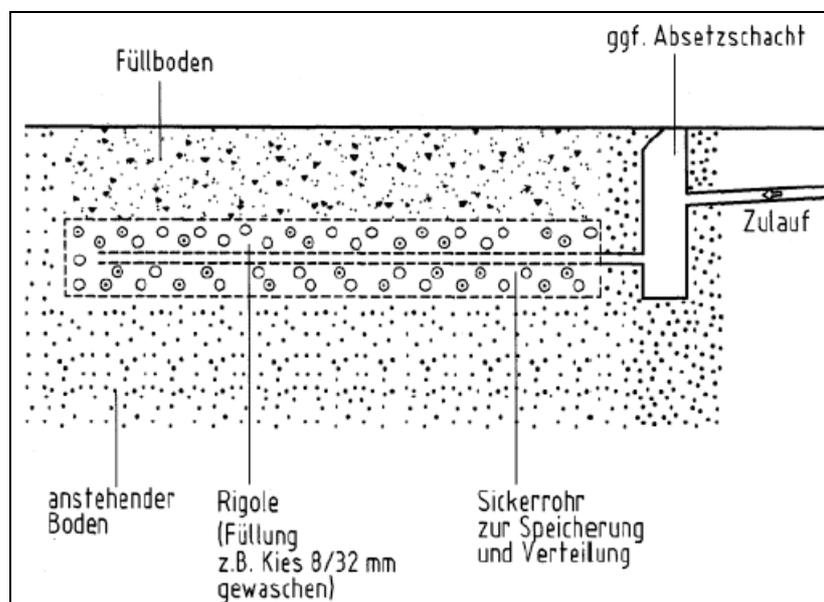


Abbildung 3.2-6: Rohr-Rigolenelement⁴⁹

⁴⁹ Quelle: ATV- DVWK-A138, Januar 2002, Kap. 3.3

Schachtversickerung

Die Schachtversickerung ermöglicht eine punktförmige Versickerung mit sehr geringem Flächenverbrauch.

Der Versickerungsschacht besteht in der Regel aus Betonfertigteilen, die perforiert oder nicht perforiert sind und als Schachtringe zusammengesetzt werden.

Das Wasser wird direkt in den Schacht geleitet, vorübergehend gespeichert und anschließend versickert. Die Versickerung kann, bei Unterscheidung der Schachtsysteme nach Typ A und B, über die Perforation der Schachtringe erfolgen oder über den Schachtboden.

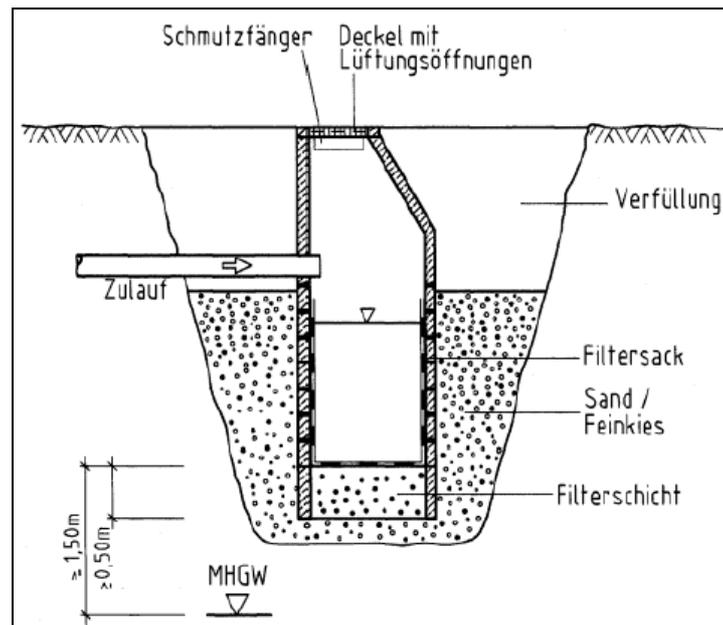


Abbildung 3.2-7: Versickerungsschacht Typ A⁵⁰

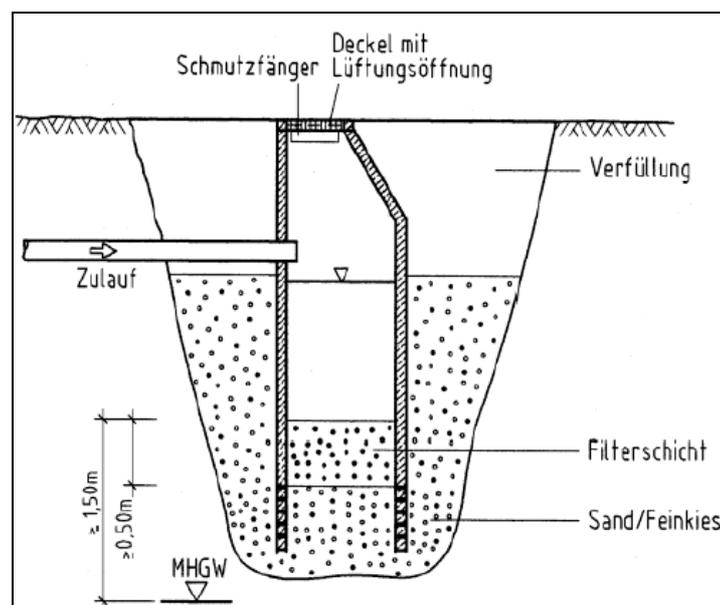


Abbildung 3.2-8: Versickerungsschacht Typ B⁵¹

⁵⁰ Quelle: ATV- DVWK-A138, Januar 2002, Kap. 3.3

⁵¹ ebd.

3.2.3.1 Tabellarische Übersicht der Versickerungssysteme

Verfahren	Erläuterung	Anwendungsbereich	Vorteile	Nachteile
Flächenversickerung (Au : As < 5)	offene Versickerung über eine durchlässig befestigte oder unbefestigte Fläche. Untergrund: Feinsand oder gröbere Sande	- gut und mäßig durchlässiger Böden - Flächen mit Mehrfachnutzung	• bei bewachsener Fläche sehr gute Reinigungswirkung • gute Wartungsmöglichkeit • geringer Herstellungsaufwand • keine punktuelle Bodenbelastung aufgrund flächiger Versickerung • hohe Lebensdauer • bei höheren GW- Ständen geeignet • anderweitige Nutzung möglich	• kein Speicherraum • großer Flächenbedarf
Muldenversickerung (5 < Au : As < 15)	offene Versickerung über eine Bodenvertiefung mit bewachsener Bodenschicht. max. Tiefe i.d.R. 30 cm	- mäßig durchlässiger Boden - günstig für Umfeldgestaltung	• Speichermöglichkeit durch Muldenvolumen • gute Reinigungsleistung • gute Wartungsmöglichkeiten • geringer Herstellungsaufwand • vielfältige Gestaltungsmöglichkeit • geringe Kosten	• mittlerer bis großer Flächenbedarf • teilweise eingeschränkte Nutzbarkeit der Freiflächen
Mulden-Rigolenversickerung 5 < Au : As = 15	offene Versickerung über Bodenvertiefung mit bewachsener Mutterbodenauflage, max. Tiefe i.d.R. 30 cm, und einem z. B. mit Kies oder geeigneten Füllkörpern gefüllten Graben	- mäßig durchlässiger Boden - günstig für Umfeldgestaltung	• Speichermöglichkeit durch Mulden- und Rigolenvolumen • auch bei schlecht durchlässigen Böden einsetzbar (kf < 10-6 m/s)	• erhöhter Wartungsaufwand • erhöhter Herstellungsaufwand
Beckenversickerung 15 < Au : As = 50	offene Versickerung über die belebte Bodenschicht in einem bepflanzten Becken	- größere Einzugsgebiete ab 1 ha	• Speichermöglichkeit durch Beckenvolumen • gute Reinigungsleistung • gute Wartungsmöglichkeit • verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten (z. B. Biotop, Teich mit Dauerstaubereich)	• mittlerer Flächenbedarf • evtl. Gefahr für spielende Kinder • Konzentration von Schweb- und Schadstoffen • Missbrauch als "Müllkippe"

Tabelle 3.2-1: Übersicht Versickerungssysteme 1

Verfahren	Erläuterung	Anwendungsbereich	Vorteile	Nachteile
Rigolenversickerung Au : As = 50	Versickerung über einen mit Kies oder geeignetem Füllmaterial gefüllten Graben (bei überdeckter Ausführung mit Sickerrohren zur linienhaften Verteilung des Wassers)	- mäßig gut durchlässiger Boden - Überbrücken einer undurchlässigen Schicht	• geringer Flächenbedarf	• fehlende Reinigungsleistung der bewachsenen Bodenschicht • fehlende Wartungs- und Kontrollmöglichkeiten • i.d.R. Vorbehandlungsanlage erforderlich
Rohr-Rigolenversickerung Au : As = 50	unterirdische Versickerung in einem in Kies gebetteten perforierten Rohrstrang (Minstdurchmesser 0,3 m)	- gut und mäßig gut durchlässiger Boden - Überbrücken einer undurchlässigen Schicht	• geringer Flächenbedarf	• fehlende Reinigungsleistung der bewachsenen Bodenschicht • fehlende Kontrollmöglichkeit • i.d.R. Vorbehandlungsanlage erforderlich
Schachtversickerung Au : As = 50	punktförmige Versickerung über einen (teilweise) durchlässigen Schacht	- gut und mäßig gut durchlässiger Boden - Anwendung bei geringem Flächenangebot	• sehr geringer Flächenbedarf	• fehlende Reinigungsleistung der bewachsenen Bodenschicht • fehlende Kontrollmöglichkeit • erhöhter Wartungsaufwand • i.d.R. Vorbehandlungsanlage erforderlich

Tabelle 3.2-2: Übersicht Versickerungssysteme 2

Au = angeschlossene undurchlässige Fläche in m²
As = Versickerungsfläche in m²

3.2.4 Methodik der Untersuchung

Die Dimensionierung der Versickerungsanlagen erfolgt für zwei getrennte Modelle. Das Modell 3 umfasst die gesamte Blockbebauung und integriert in einem ersten Schritt alle verwendbaren Dachflächen. Darauffolgend werden alle zum Innenhof entwässerten Dachflächen betrachtet und in die Untersuchung einbezogen.

Das Modell 4 berücksichtigt Hindernisse, die bei einer umfassenden Planung eines Gesamtblockes auftreten können und trennt den Gebäudebestand in der Mitte des Blocks. Auch hier werden neben allen nutzbaren Dachflächen (Modell 4.1) nur die innenhofseitigen einbezogen.

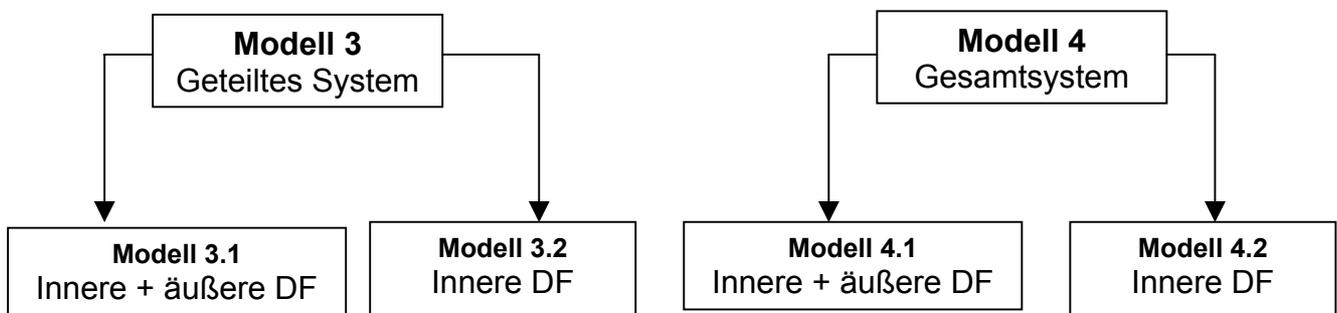


Abbildung 3.2-9: Modellverteilung Versickerung

3.2.5 Berechnungsgrundlagen

KOSTRA

Zur Bemessung von Versickerungsanlagen müssen in der Regel regionale Niederschlagsdaten vorliegen, mit deren Hilfe die Dimensionierung und Ermittlung des erforderlichen Flächen- und Raumbedarfes ermöglicht wird.

Wurden dieser Bemessung bisher die im Jahre 1940 von REINHOLD herausgegebene Publikation „Regenspenden in Deutschland“ zugrundegelegt, stützt man sich heutzutage auf aktualisiertes, detaillierteres Datenmaterial.

Im Jahr 1987 wurde hierzu das Projekt KOSTRA 1987 ins Leben gerufen, an dem der Deutsche Wetterdienst (DWD) und wasserwirtschaftliche Anwender aus der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), der Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V. (DVWK) und die Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) beteiligt waren.

Das Projekt hatte zum Ziel, umfangreiche statistische Untersuchungen zu Starkniederschlagshöhen in Deutschland durchzuführen, um eine Bemessungsbasis für den Bau von Regenüberläufen, Hochwasserentlastungsanlagen, Dämmen und Deichen zu schaffen.

In den folgenden Jahren wurde das Projekt weiterentwickelt und Starkniederschlagshöhen, Niederschlagsspenden und Dauerstufen in einem Rasterfeld von 71,5 km² für das gesamte Bundesgebiet aufgenommen.

Diese Daten wurden als Kostra- Atlas „Starkniederschlagshöhen für Deutschland“ herausgegeben und werden für die Bemessung von Versickerungsanlagen in den hier gewählten Modellen herangezogen.

KOSTAB

KOSTAB ist ein dem Kostra- Atlas beigefügtes Programm zur Erzeugung punktueller Starkniederschlagshöhen.

Für vorgegebene Dauerstufen und Wiederkehrzeiten werden aus dem entsprechenden Rasterfeld des Kartenwerkes Starkniederschlagshöhen abgelesen, die das Programm nach Ende der Eingabe zu einer Tabelle verarbeitet, die als Ergebnis Niederschlagshöhen und Regenspenden enthält. Die ermittelte Niederschlagstabelle kann Anhang II entnommen werden.

Aus dem Datenbereich der abzulesenden Niederschlagshöhen wurden die Klassenmittelwerte gewählt, wenn nicht benachbarte Rasterfelder, die von dem betrachteten Wertebereich abwichen, einen tendenziell höheren oder niedrigeren Wert zuließen.

Rainplaner

Die Applikation „Rainplaner“ wurde bereits in dem Kapitel Regenwassernutzungsanlage vorgestellt und dient hier ebenfalls der Auslegung von Versickerungsanlagen.

Mit den Eingangsdaten der Starkniederschlagshöhen, der angeschlossenen Dachflächen und Bodenkennwerten besteht die Möglichkeit, verschiedene marktübliche Versickerungssysteme nach den Bemessungsregeln der ATV-DVWK-A 138 vom Januar 2002 zu bemessen.

Üblicherweise wird für die Bemessung eine Wiederkehrzeit des maßgebenden Regenereignisses von $0,2/a$ angesetzt, was bedeutet, dass von einem fünfjährigen Versagen der Anlagen ausgegangen wird.

Es werden hierbei alle erforderlichen Daten ausgegeben, die für die Auslegung von Versickerungsanlagen von Bedeutung sind.

Dachablaufflächen

Adresse		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	Dachflächen gesamt
		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	37a	83,70	240,90	324,60 ¹
	39	0,00	251,60	251,60 ¹
	40	0,00	123,70	123,70 ¹
	42	49,40	49,30	98,70 ¹
	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse	2	29,96	113,28	143,24 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
	8-12	195,80	193,40	389,20 ¹
	14	74,50	132,90	207,40 ¹
Summen		1326,17	1830,30	3156,47

Tabelle 3.2-3: Dachflächen

Freiflächen

Die Ermittlung der Freiflächen im Innenhof berücksichtigt keine Pflasterungen, da diese Flächen als geringfügig einzustufen sind. Die Auswahl ausreichender zusammenhängender Flächen, die zu der Herstellung einer Versickerungsanlage geeignet scheinen, erfolgt in einem späteren Kapitel.

Adresse		Fläche ¹
Feldstrasse	37a	54,10
	39	116,10
	40	58,50
	42	80,80
	44	60,00
	45	68,00
	46	107,70
	47	14,10
Glashüttenstrasse	1	36,40
	2	48,20
	3	27,44
Mathildenstrasse	2	100,70
	4	70,40
	6	94,20
	8-12	187,00
	14	49,80
Σ		1173,44

Tabelle 3.2-4: Freiflächen

¹Datenerfassung aller Grundstücke mit Nemetschek

Innenhofgestaltung

Es befinden sich im Innenhof eine Reihe von Bäumen (Kastanien, Eichen, Linden), von denen ca. fünf ihre endgültige Größe erreicht haben. Daneben gibt es Grundstücke, auf denen Bepflanzungen vorhanden sind, während andere Bereiche z. T. gar nicht gestaltet wurden. Die Innenhofgrundstücke sind teilweise durch Einfriedungen wie Maschen- oder Dichtzaun voneinander getrennt.

Im Bereich der Feldstr. 46 bis zur Mathildenstr. 2 sind die Innenhöfe durch Zuwegungen aus Betonpflastersteinen miteinander verbunden, es sind insgesamt drei Terrassenbereiche an den Hinterausgängen vorhanden, die aus Betonplatten 50/50 bestehen.

Versickerungsvermögen

Es wurden am 27.05.03 vom Geologischen Landesamt Hamburg Schichtverzeichnisse von Bohrungen zur Verfügung gestellt, die Aufschlüsse über die im Projektgebiet vorhandenen Bodenschichten geben.

Da für die Fläche des Projektgebietes keine Schichtverzeichnisse vorliegen, wurden diejenigen zur Untersuchung herangezogen, die sich in unmittelbarer Nähe des Blockes befinden.

Abbildung 3.2-10 zeigt die Lage der archivierten Bohrungen, deren Schichtverzeichnisse vorliegen.

Die Nähe zum Projektgebiet sowie die Verteilung um den Block, der rot unterlegt ist, begünstigen eine treffende Aussage über die Bodenverhältnisse.

Die Schichtverzeichnisse sowie eine Stellungnahme von der Umweltbehörde Hamburg, Gewässer- und Bodenschutz, über die Anwendbarkeit von Versickerungsmaßnahmen in diesem Bereich sind dem Anhang III zu entnehmen.

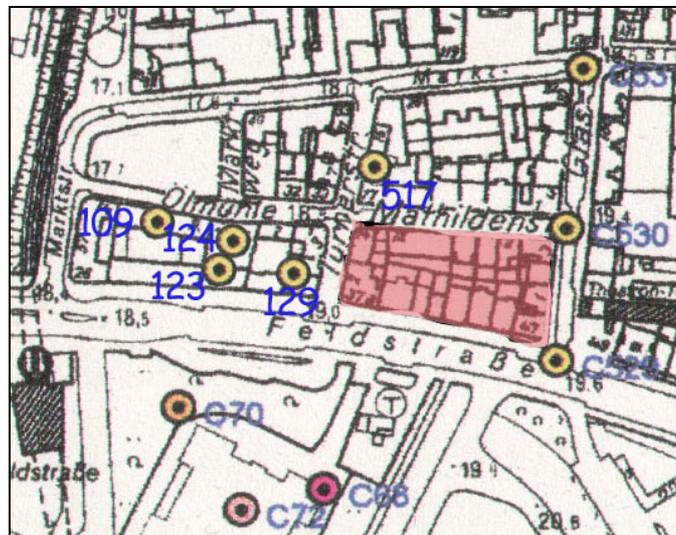


Abbildung 3.2-10: Lage der Bohrproben⁵²

Demnach ist eine Versickerung gemäß ATV-DVWK-A 138 im Hinblick auf die bodentechnischen Belange grundsätzlich möglich. Diese Einordnung ist zunächst nur als Grundvoraussetzung zu verstehen, die Möglichkeiten zur Versickerung bedürfen in der Regel einer differenzierteren Betrachtung, die neben der reinen Durchlässigkeit auch den zur Verfügung stehenden Speicherraum berücksichtigt.

Die mittlere Durchlässigkeit wird in den folgenden Berechnungen mit

$$k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

angenommen.

⁵² Quelle: Digitale Grundkarte 5-6436, Geologisches Landesamt Hamburg

Flurabstände

Zu der Beurteilung der Grundwassersituation im Bereich der Blockbebauung liegt eine Grundwassermessstelle als Flachbrunnen vor (Anhang IV), die, auch im Zusammenhang mit den Schichtverzeichnissen, eine Aussage über zu erwartende Grundwasserstände zulässt.

Den täglich gemessenen Grundwasserständen der Messstelle ist zu entnehmen, dass der erste Grundwasserleiter sich in einer Tiefe von mindestens 6 m unterhalb der Geländeoberkante befindet.

Als kritisch sind Flurabstände < 3,5 m zu betrachten, die Schäden an den bestehenden Gebäuden herbeiführen könnten.

Es ist also von einem ausreichenden Sickerraum im Innenhof der Blockrandbebauung auszugehen.

Weiterhin jedoch ist auch das Gefährdungspotential zu betrachten, das mit einem möglichen Grundwasseranstieg einhergeht. Die Ursachen für diese Phänomene wurden im Kapitel 2.3 bereits erläutert.

Abbildung 3.2-11 zeigt die geringen Flurabstände im Bereich des Stadtkerns von Hamburg. Der rote Punkt kennzeichnet die Lage des Projektgebietes.

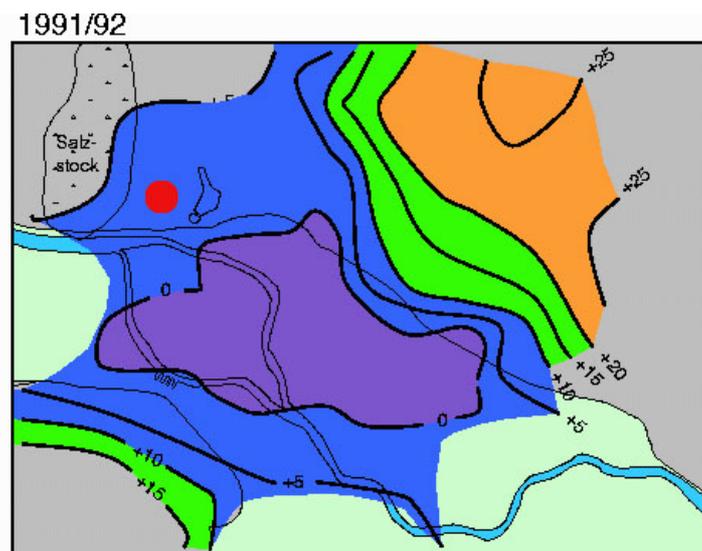


Abbildung 3.2-11: Grundwassergleichen der Jahre 1991/1992⁵³

⁵³ Quelle: Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg; WWW- Dokument vom 20. 07.2003: Digitaler Umweltatlas (Adresse: <http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehoerde/duawww/dea8/home.htm>)

Altlasten

Eine Anfrage bei der Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg ergab, dass in der Datenbank GERONIMUS für das Projektgebiet keine Altlastverdachtsflächen aufzufinden waren.

Eine Bodenerkundung im Innenhof wäre empfehlenswert, um Datenlücken auszuschließen.

Abstände zu Gebäuden

Nach der ATV- DVWK- A 138, Abschnitt 3.2.2 wird ein Abstand der Versickerungsanlagen zu Gebäuden gefordert, der dem 1,5-fachen der Höhe h der Unterkellerung entspricht.

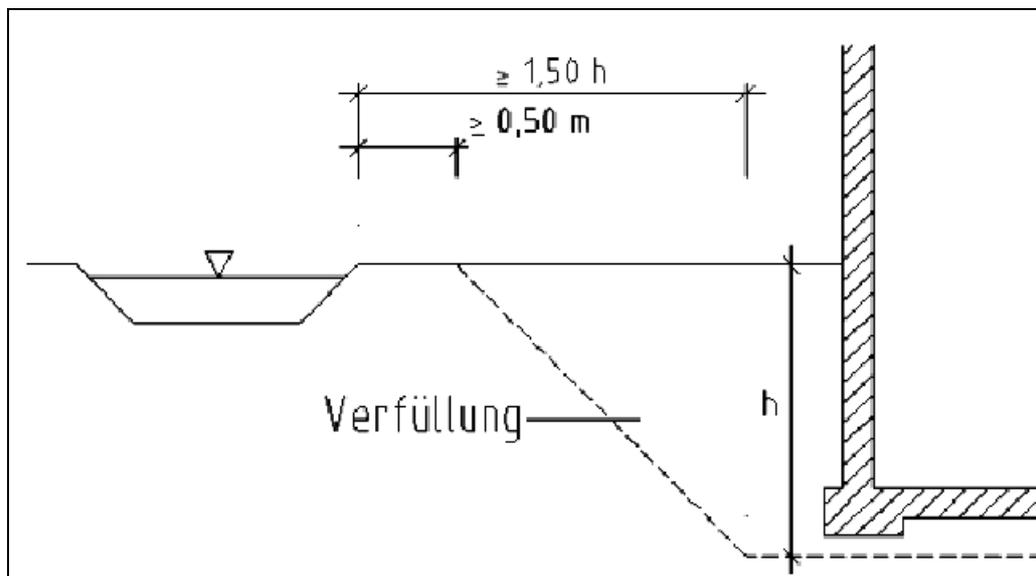


Abbildung 3.2-12: Mindestabstand dezentraler Versickerungsanlagen von Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung⁵⁴

⁵⁴ Quelle: ATV- DVWK- A 138, Januar 2002, Kap. 3.2.2

3.2.6 Modell 3 – Versickerungsanlage des geteilten Systems



Abbildung 3.2-13: Lageplan Modell 3 Versickerungsanlage des getrennten Systems

Das Modell 3 beinhaltet eine Hälfte des Blockes, die der Größe der in Modell 1 des Kapitels Regenwassernutzungsanlage gewählten Grundstücke entspricht.

In dieser Untersuchung wird das System der Versickerungsanlagen innerhalb des Blockes gesplittet. Einerseits bietet dieses Modell die Möglichkeit, das Verfahren und die Dimensionen aufzuzeigen, die notwendig sind, wenn rechtlich Hindernisse einer Gesamtlösung entgegenstehen, oder baubedingt eine solche Variante zu großen Aufwand bedeuten würde.

Zum anderen gibt es vielerlei gestalterische Formen der Regenwasserversickerung, die, gerade in oberirdischer Bauweise, eine attraktive Einbindung in das Umfeld des Innenhofes zulassen.

Insofern kann es von Vorteil sein, mehrere „kleine Lösungen“ vorzuziehen, die die Systeme im Innenhof verteilen und sich den gestalterischen Gegebenheiten anpassen können.

3.2.6.1 Vorgehensweise

Das geteilte System wird in zwei Berechnungsschritten für alle in einer Blockhälfte vorhandenen Dachflächen (Modell 3.1) und für alle im Innenhof entwässerten Dachflächen (Modell 3.2) ausgelegt.

Die Umleitung des straßenseitig abgeführten Regenwassers in den Innenhof bedeutet zusätzlichen Aufwand und erfordert unter Umständen zusätzliche technische Komponenten.

Unter Zugrundelegung aller geeigneten Dachflächen und der vorhandenen Bodenverhältnisse wird für die rechte Hälfte des Blocks versucht, in mehreren Berechnungsgängen passable Lösungen für eine Versickerung zu finden, die sich in Größe und Art des Systems möglichst gut in den Innenhofbereich einbinden lässt.

Es werden zunächst sowohl die zum Innenhof, als auch die zur Strasse entwässerten Dachflächenanteile einbezogen, was für die betroffenen Grundstücke eine voll-

ständige Abkopplung der Regenwasserleitungen vom öffentlichen Kanalnetz bedeutet.

Unter Zugrundelegung der dem Innenhof zugeneigten Dachflächen wird dann das Modell 3.2 untersucht

Als Kriterien für die Wahl der Grundstücke werden genügend Freiraum und ein entsprechender Grenzabstand zu den Gebäuden gewählt.

Im Hinblick auf die Finanzierbarkeit dieses Projektes wird von der kostengünstigsten Variante ausgegangen, bevor alternative, kostenintensivere Modelle gewählt werden.

3.2.6.2 Eingangsdaten

Dachablaufflächen

Die Dacheindeckungen bestehen größtenteils aus Betondachsteinen, die Dachhaut zweier Dächer aus Bitumenpappe.

Betondachsteine hinsichtlich des Verschmutzungspotentiales nur gering bis nicht gefährdend, während Bitumenpappe höher eingestuft wird.

Wegen noch nicht hinreichend geklärter Folgen bei Verwendung von Bitumenpappe werden diese Dachflächen einbezogen.

		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	Dachflächen gesamt
Adresse		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse				
	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse				
	2	29,96	143,24	173,20 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
Summen		922,78	868,47	1791,24

Tabelle 3.2-5: Modell 3 Dachflächen

¹Datenerfassung über Nemetschek

²Datenerfassung über Planvermessung

³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung

Platzbedarf

Der benötigte Platz im Innenhof ist stark abhängig von der Wahl des Versickerungssystems. Es wird für das vorliegende Modell die Annahme getroffen, dass die Flächen sämtlicher Grundstücke, die in die Berechnung einbezogen werden, für die Versickerung zur Verfügung stehen, sofern die Umgestaltung nicht zu großen Aufwand bedeutet.

In den folgenden Abschnitten werden einige Berechnungsgänge durchgeführt, die verschiedene Flächengrößen als Ergebnis haben werden. Auf dieser Grundlage werden mögliche Freiflächen gesucht.

Platzverfügbarkeit

Unter Berücksichtigung der in der ATV-DVWK-A 138 angegebenen Werte für Abstände zu Gebäuden zeigt Abb. 3.2-6 den für den Bau einer Versickerungsanlage zur Verfügung stehenden Platz.

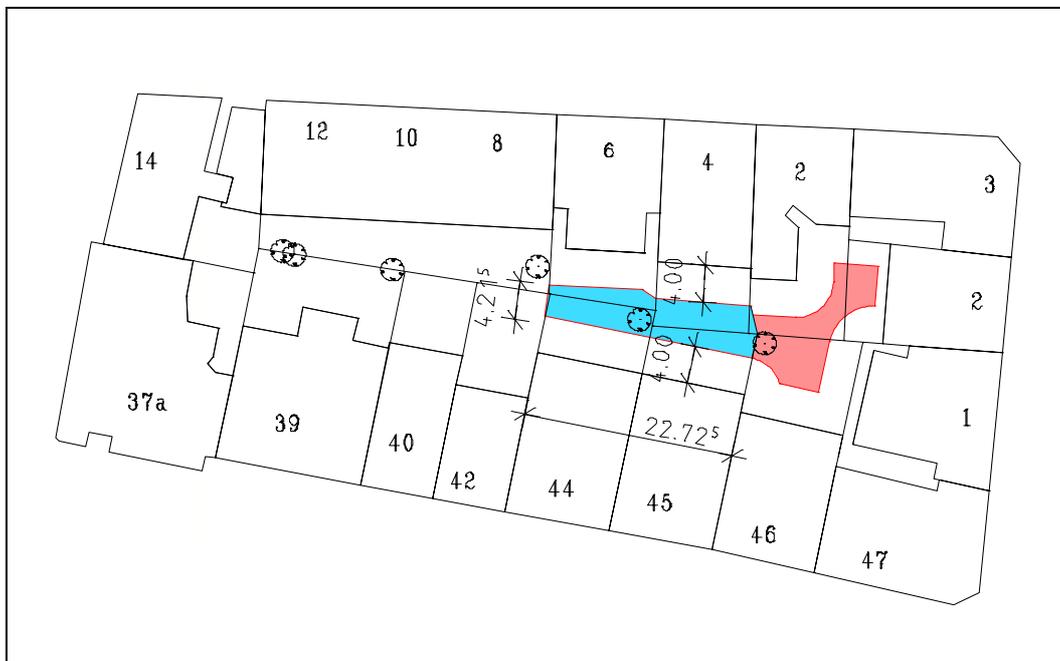


Tabelle 3.2-6: Modell 3 Verfügbarer Versickerungsraum

Die rot und blau hinterlegten Flächenbereiche kennzeichnen den für die Versickerung zu Verfügung stehenden Platz.

In der weiteren Vorgehensweise wird der rote Bereich vorerst nicht weiter betrachtet. Auf dem Grundstück der Mathildenstr.2 befindet sich eine gepflasterte Zuwegung von der Strasse zum Innenhof, Terrassenbereiche, Gehbeläge und Fahrradunterstände als Holz-Stahl- Konstruktion würden eine einfache Lösung der Versickerung erschweren.

Da im Vorwege eine Muldenversickerung betrachtet wird, die am wenigsten Aufwand nach sich zieht, bietet die blau hinterlegte Fläche als Freifläche mit einer Größe von ca. 100 m² Möglichkeiten, Versickerungsanlagen dort zu integrieren.

Neben einigen wild wachsenden Pflanzen auf den Grundstücken der Feldstr. 45 und Mathildenstr. 4+6 ist keine gesonderte Nutzung für diese Flächen vorgesehen, die eine Planung einschränken.

Der Bereich der Feldstr. 44 ist durch eine Einfriedung in Form eines Zaunes als Stahl-Holz- Konstruktion von den Nachbargrundstücken getrennt und ist nicht bebaut.

Um bei einer Fundamenttiefe von 2,50 m einen 1,5- fachen Gebäudeabstand einhalten zu können, wird der Abstand mit umlaufend 4,00 Meter gewählt.

Bei diesen beengten Platzverhältnissen wird eine grundstücksübergreifende Lösung unumgänglich.

Je nach gewählter Bauweise muss unter Umständen das Wurzelwerk des dort vorhandenen Baumes berücksichtigt werden. Die Entscheidungen zu geeigneten Maßnahmen, die einen Schaden am Baum sowie eine Beeinträchtigung der Versickerungsleistung verhindern, werden im Bedarfsfall getroffen.

Grundsätzlich dürfen im Kronenbereich von Bäumen keine Baumaßnahmen getroffen werden.

3.2.6.3 Berechnungsgang

Die Berechnungen werden für verschiedene Versickerungssysteme in Abhängigkeit der Eingangsdachflächen für die zwei Teilmodelle parallel durchgeführt.

Die Realisierbarkeit und der zu erwartende Aufwand der Systeme werden im Anschluss an die Berechnungen beurteilt.

Die im folgenden aufgelisteten Berechnungsgänge sind das Ergebnis von Berechnungsreihen, aus denen eine Auswahl getroffen wurde, die sich im wesentlichen nach dem verfügbaren Platz richtet.

Es werden ebenfalls Versickerungssysteme berechnet, die für den darauffolgenden Entwurf zwar keinen Stellenwert haben, aber exemplarisch einer Gegenüberstellung von Flächenbedarf und zu erwartendem Aufwand für Material und Herstellung dient.

Die Berechnungen erfolgen mit Hilfe des Programms „Rainplaner“.

Maßgebende Größe bei der Bemessung ist die Auffangfläche A_{red} . Sie stellt die um den spezifischen Verdunstungsanteil korrigierte Größe der gewählten Dachflächen dar.

3.2.6.4 Berechnungsergebnisse

Die Tabellen der Versickerungsergebnisse sind geordnet nach den Kosten und dem Aufwand, beginnend mit dem kleinsten, die Reinigungsleistung und damit die zu erwartende Wasserqualität nimmt mit den folgenden Tabellen ab.

Die gelb hinterlegten Zellen bezeichnen jeweils den Eingangswert, der bei einem weiteren Berechnungsgang variiert.

Die grau hinterlegten Felder kennzeichnen vorzuzählende Eingangsparameter.

Muldenversickerung		Modell 3.1			Modell 3.2	
Berechnungsgang	Nr.	1	2	3	4	5
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	1664	1664	822	419	778
Versickerungsfläche A_s	m ²	175,1	128	86,5	44,1	59,8
Muldentiefe	m	0,2	0,3		0,2	0,3
Erforderliches Muldenvolumen	m ³	35	38,4	17,3	8,8	17,9
Dauer des Bemessungsregens	min	60	60	60	60	60
Entleerungszeit	h	2,2	3,3	2,2	2,2	3,3
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	71,9	71,9	71,9	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5	5

Tabelle 3.2-7: Modell 3 Ergebnisse der Muldenversickerung

Mulden- Rigolenversickerung		Modell 3.1		Modell 3.2	
Berechnungsgang	Nr.	6	7	8	9
		ohne Drosselabfluss	mit Drosselabfluss	ohne Drosselabfluss	
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	1664	1409	700	700
Versickerungsfläche A_s	m ²	100,9	73,4	59,8	47,2
Muldentiefe	m	0,3	0,3	0,3	0,3
Erforderliches Muldenvolumen	m ³	30,3	22	17,9	14,2
Dauer des Bemessungsregens	min	60	45	60	60
Entleerungszeit	h	1,7	1,7	3,3	1,7
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	63,8	71,9	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,5	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	2	5	5
kf- Wert unterhalb der Mulde			1*10 ⁻⁴	5*10 ⁻⁵	1*10 ⁻⁴
Erforderliche Rigolenlänge	m	30,4	28,6	10,9	14,2
Versickerungsfläche A_s	m ²	60,8	57,2	21,9	28,5
Rigolenvolumen	m ³	60,84	57,16	21,85	28,45
Dauer des Bemessungsregens	min	120	60	180	120
Versickerungsrate	l/s	0,0030	0,0028	0,0005	0,0014
Speicherkoefizient	%		35,5		
Drosselabfluss	l/s		0,0016		
Bemessungsregenspende	l/(s*ha)	41,7	71,9	30,3	41,7
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5
kf- Wert unterhalb der Rigole		5*10 ⁻⁵	5*10 ⁻⁵	5*10 ⁻⁵	5*10 ⁻⁵
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1,5	1,5	1,5
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1	1	1	1
Porenanteil des Füllmaterials	%	35	35	35	35

Tabelle 3.2-8: Modell 3 Ergebnisse der Mulden-Rigolenversickerung

Rigolenversickerung		Modell 3.1			Modell 3.2	
		Nr.	10	11	12	13
Berechnungsgang	Nr.	10	11	12	13	14
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	842	1664	1664	359	778
Erforderliche Rigolenlänge	m	15,3	31	67,9	9,5	31,7
Versickerungsfläche A_s	m ²	30,5	54,3	118,7	14,3	55,5
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1	1	1	1
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1	1,5	1,5	1	1,5
Porenanteil des Füllmaterials	%	95	95	35	95	35
Versickerungsrate	l/s	0,8	1,4	3	0,4	1,4
Dauer des Bemessungsregens	min	120	120	60	120	60
Rigolenvolumen	m ³	30,53	81,43	178,11	14,28	83,3
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	41,7	41,7	71,9	41,7	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5	5

Tabelle 3.2-9: Modell 3 Ergebnisse der Rigolenversickerung

Rohr- Rigolenversickerung		Modell 3.1	Modell 3.2
Berechnungsgang	Nr.	15	16
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	1664	778
Erforderliche Rigolenlänge	m	46,7	21,8
Versickerungsfläche A_s	m ²	105	49,1
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1,5
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1,5	1,5
Porenanteil des Füllmaterials	%	35	35
Rohrinnendurchmesser	m	0,1	0,1
Rohraussendurchmesser	m	0,104	0,104
Versickerungsrate	l/s	2,6	1,2
Dauer des Bemessungsregens	min	60	60
Speicherkoeffizient	%	35,22	35,22
Rigolenvolumen	m ³	157,52	73,67
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5

Tabelle 3.2-10: Modell 3 Ergebnisse der Rohr- Rigolenversickerung

Schachtversickerung		Typ A	Typ B
Berechnungsgang	Nr.	17	18
A_{red}	m ²	259	183
Erforderliche Schachttiefe	m	4,11	4,01
Schachtinnendurchmesser	m	1,5	1,5
Schachtwandstärke	m	0,05	0,05
Zulauftiefe im Schacht	m	0,5	0,5
Erforderliche Einstautiefe	m	3,61	2,51
Minimales Speichervolumen	m ³	6,38	4,43
Versickerungsfläche	m ²	11,1	8,3
Versickerungsrate	%	0,3	0,2
Dauer des Bemessungsregens	min	90	90
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	52,2	52,2
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5
Mindestsickerstrecke	m		1,5
Höhe der Filterschicht Schachtsohle	m		0,5
Höhe der Filterschicht Untergrund	m		0,5
Grundwasserflurabstand	m		6,0

Erforderliche Schachttanzahl	Modell 3.1	7	9
	Modell 3.2	3	5

Tabelle 3.2-11: Modell 3 Ergebnisse der Schachtversickerung

3.2.6.5 Modell 3.1 – Versickerungsanlage aller Dachflächen

Die Zielgröße bei der Dimensionierung einer Muldenversickerung ist das Volumen der Mulde. Erfahrungen haben gezeigt, dass die Mulde nicht tiefer als 30 cm angeordnet werden sollte, um Verschlickungen durch längere Einstauzeiten zu vermeiden⁵⁵.

Für das Modell 3.1 werden als reduzierte, also wirksame Dachfläche 1409 m² zugrundegelegt.

Dies bedeutet unter der Vorgabe der maximalen Muldentiefe von 30 cm eine benötigte Fläche von 128 m² für eine Muldenversickerung. Diese Fläche steht jedoch nicht in vollem Maße zur Verfügung, eine Hinzunahme des in Abb. 3.2-6 rot hinterlegten Bereiches hätte eine Nutzungseinschränkung zur Folge, die hier nicht zu vertreten ist.

Daher scheint eine oberirdische Einleitung des gesamten Wasser ohne technische Hilfsmittel unmöglich, so dass in einem weiteren Schritt das System getrennt wird. Ein Teil des Niederschlagswassers gelangt dabei in die Mulde, während die Leitungen, die wegen relativ großer Entfernungen und des notwendigen Gefälles unterirdisch geführt werden müssen, direkt in einem vorgeschalteten Schacht münden, der das Wasser in die Rigole abgibt.

$$A_{\text{red, Mulde}} = 822 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{red, Rigole}} = 842 \text{ m}^2$$

Das Ergebnis dieses Systems zeigt Berechnungsgang 3 der Tabelle 3.2-7 (S. 111) für die Mulde und Berechnungsgang 10 der Tabelle 3.2-9 (S. 112) für die Rigole.

Demnach benötigt die Mulde eine Fläche von 86 m² bei einer Muldentiefe von 20 cm, die Rigolenlänge beträgt 16 m bei der Verwendung von Kunststoff- Elementen.

Neben dieser Auslegung wird zur Gegenüberstellung ein System der Rigolenversickerung mit Kunststoffelementen aufgegriffen.

⁵⁵ ATV-DVWK-A 138, 2002, Kap. 3.3.2

3.2.6.5.1 Konzeptionierung ausgewählter Systeme

Muldenversickerung/ Rigolensystem

Für den Ansatz einer Durchlässigkeit von $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s ergibt sich ein Flächenbedarf von ca. 86 m² bei einer vorgegebenen Muldentiefe von 20 cm (Berechnungsgang 3).

Die Rigole erfordert bei einem Querschnitt von 1,5x1,0 m eine Länge von ca. 16 m (Berechnungsgang 10).

Üblicherweise wird die Breite der Muldensohle der Rigolenbreite angepasst, woraus sich eine langgezogene Mulde ergibt.

Bei dieser Variante haben die beiden Teilsysteme kaum Einfluss aufeinander, die Mulde selbst kommt ohne eine darunter angeordnete Rigole aus, dennoch werden die Einzelmaßnahmen aus baupraktischen Gründen zusammen hergestellt.

Eine mittig in Längsrichtung durch die Mulde verlaufende Rinne mit seitlichen Auslässen versorgt den linken und rechten Teil der Mulde. Offene Zuleitungen führen direkt von den Fallrohren zu der Mulde, während weiter entfernt liegende sowie die von der Strasse umgeleiteten Fallrohre unterirdisch an die Rigole herangeführt werden. Diese Leitungen münden zunächst in einem vorgeschalteten Schacht unmittelbar vor der Muldenanlage.

Die Muldenfläche wird mit Rasen angesät, um eine Vegetationsdecke zu bilden, die Verschlammung und Verdichtung der Muldensohle verhindern soll.

Systemdarstellung

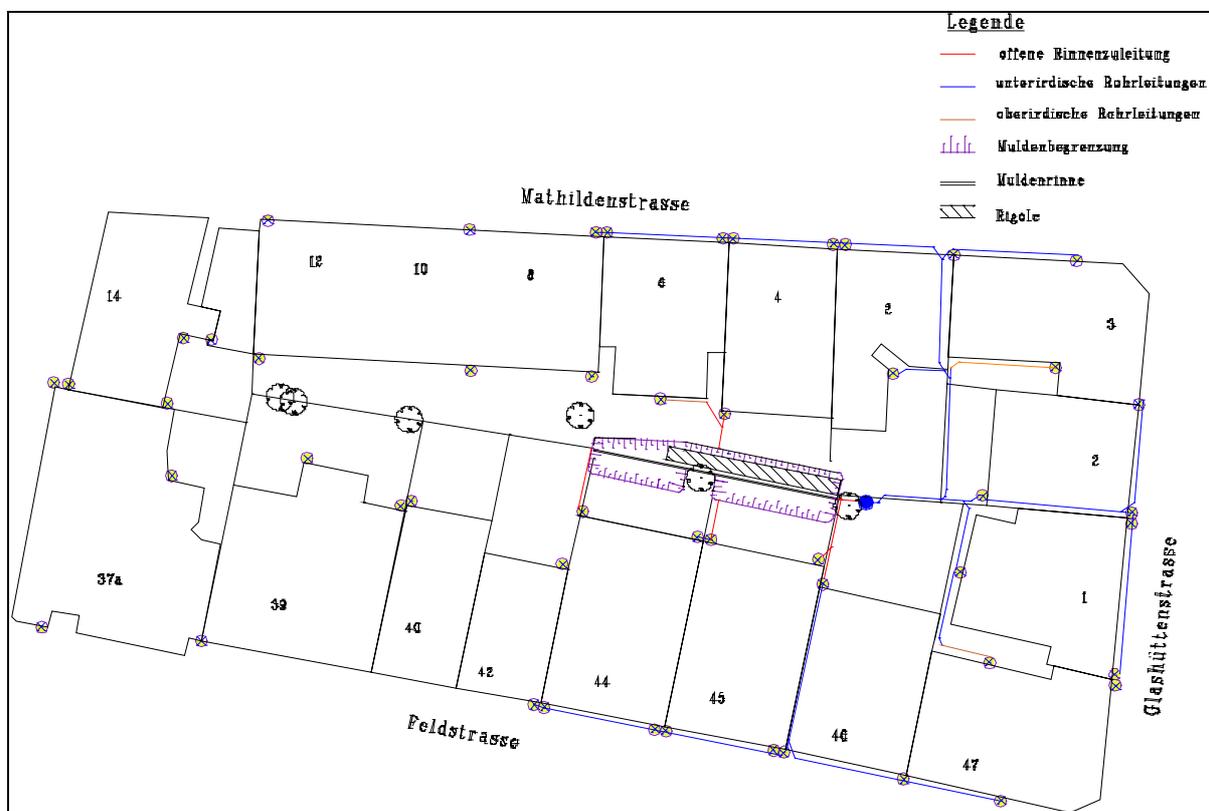


Abbildung 3.2-14: Modell 3.1 Mulden- Rigole Systemdarstellung

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

Rigolensystem

Alternativ wird ein Rigolensystem mit Kunststoffelementen ausgelegt. Die bei oberirdischer Zuleitung noch erforderliche Mulde als Speicher entfällt in diesem Fall, die Wasserführung findet vollständig unterirdisch statt.

Die Rigolenelemente zeichnen sich durch ihr geringes Gewicht, eine hohe Speicherkapazität und hohe Belastbarkeit aus, so dass der Einbau keinen großen Aufwand erfordert.

Ein entscheidender Vorteil dieser Bauweise besteht darin, dass schon bei geringer Erdüberdeckung die Fläche über dem System für viele Nutzungsarten zu Verfügung steht, sogar eine Bebauung ist möglich, sofern sie nicht in den darunterliegenden Boden oder gar in die Rigolenelemente eingreift.

So können auch nachträglich Nutzungsänderungen vorgenommen werden, die zu dem Zeitpunkt der Baumaßnahme nicht berücksichtigt werden müssen.

Der Mindestabstand zum Grundwasser kann bei einer Einbautiefe von 1,00-1,50 m mit ausreichender Sicherheit eingehalten werden, vor Erreichen des Grundwassers durchläuft das Wasser ca. 3-4 m feinsandigen Boden, z.T. mit Schluffanteilen, so dass ohne weiteren Nachweis von einer passablen Reinigungsleistung ausgegangen werden kann.

Die in Berechnungsgang 11 der Tabelle 3.2-9 dargestellten Ergebnisse fordern eine Rigolenlänge von 31 m bei einem angenommenen Querschnitt von 1,0 x 1,5 m. Dieser Querschnitt kann sich herstellerbedingt geringfügig ändern, was letztendlich auf den Raumbedarf keine nennenswerten Auswirkungen haben wird.

Systemdarstellung

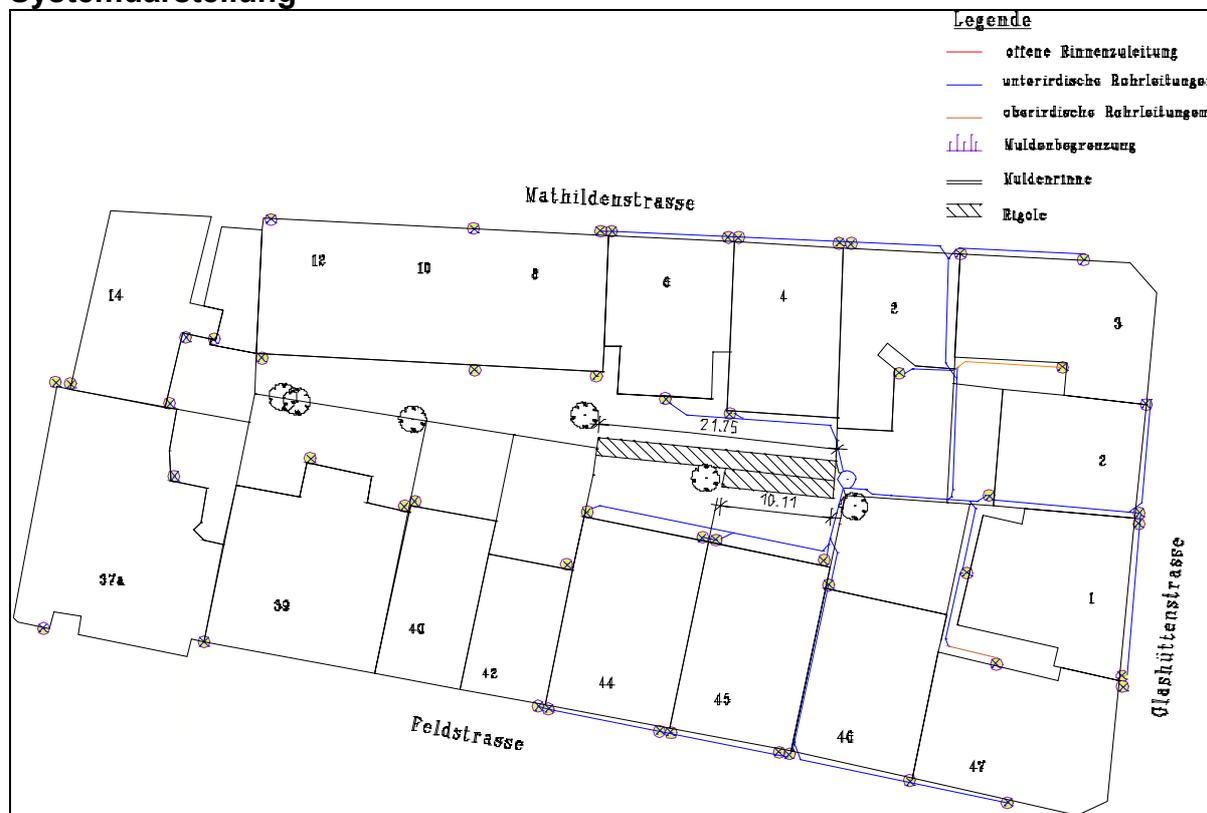


Abbildung 3.2-15: Modell 3.1 Rigole Systemdarstellung

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.2.6.6 Modell 3.2 – Versickerungsanlage der inneren Dachflächen

Das Modell 3.2 berücksichtigt lediglich die zum Innenhof geneigten Dachflächen, wodurch sich die Fläche auf $A_{\text{red}} = 778 \text{ m}^2$ reduziert.

Eine reine Muldenversickerung erscheint dem zur Verfügung stehenden Platz zu genügen, so dass dieses System sinnvoll und effektiv eingesetzt werden könnte.

Das Prinzip, nach dem schon in dem vorigen Modell vorgegangen wurde, muss auch hier angewandt werden, da einige geodätische Höhen von Fallrohrbereichen sowie das nötige Gefälle nur eine unterirdische Zuleitung erlauben.

Also werden auch hier eine Mulde und eine Rigole zugrundegelegt, die unabhängig voneinander wirken können.

$$A_{\text{red, Mulde}} = 419 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{red, Rigole}} = 842 \text{ m}^2$$

Das Ergebnis dieses Systems zeigt Berechnungsgang 4 der Tabelle 3.2-7 für die Mulde und Berechnungsgang 10 der Tabelle 3.2-9 für die Rigole.

Demnach benötigt die Mulde eine Fläche von 44 m^2 bei einer Muldentiefe von 20 cm, die Rigolenlänge beträgt 6,5 m bei der Verwendung von Kunststoff- Elementen.

Auf eine Gegenüberstellung mit anderen Systemen wird verzichtet, da diese Lösung keinen Grenzfall darstellt, sondern eine überschaubare Variante, die mit einer hohen biologischen Reinigungsleistung und relativ geringem Aufwand hergestellt werden kann.

Es werden für die Mulde lediglich die Flächen der Grundstücke der Mathildenstr. 4 und 6 verwendet, die oberirdische Einleitung geschieht, wie vor, mittels einer Verteilerrinne.

3.2.6.6.1 Konzeptionierung ausgewählter Systeme

Muldenversickerung/ Rigolensystem

Für den Ansatz einer Durchlässigkeit von $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ wird für die angesetzte Auffangfläche eine Muldengröße von 44 m^2 benötigt, die eine Tiefe von 20 cm aufweist (Berechnungsgang 4).

Der Anteil des Grundstücke der Feldstr. 44 und 45 können somit entfallen, die übrige Flächenauswahl entspricht der des Modells 3.1 der Muldenversickerung (siehe Abbildung 3.2-16).

Ein separates Rigolensystem mit einer Rigolenlänge von 9,5 m (Berechnungsgang 13) wird zur Berücksichtigung der unterirdisch geführten Leitungen unterhalb der Mulde angeordnet.

Systemdarstellung

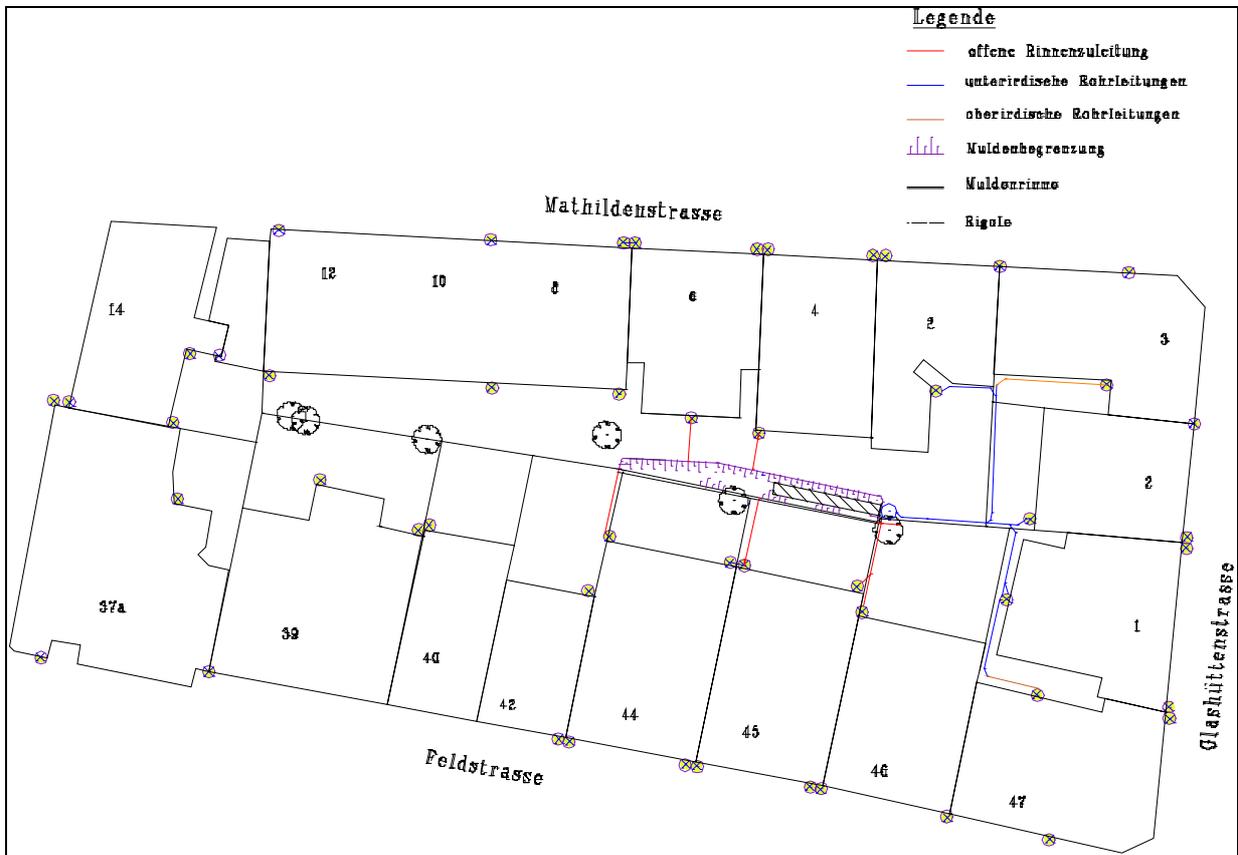


Abbildung 3.2-16: Modell 3.2 Systemdarstellung
 (siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.2.7 Modell 4 – Versickerungsanlage des Gesamtsystems



Abbildung 3.2-17: Lageplan Modell 4 Versickerungsanlage des Gesamtsystems

Das Einbinden des gesamte Gebäudebestandes in ein Versickerungssystem bietet die Möglichkeit, mit nur einer umfassenden Baumaßnahme auszukommen. Die Auswahl an Grundstücken, auf denen die Versickerungsanlage gebaut werden soll, ist größer, eine optimale Lage der Systems kann unter der Voraussetzung, dass unter den Eigentümern Einigkeit über die Nutzung der jeweiligen Grundstücke herrscht, gefunden werden.

Bietet beispielsweise die rechte Hälfte des Innenhofes günstigeren und größeren Platz als die linke, kann der Bau durchaus dort erfolgen, während diese Möglichkeit beinahe ausscheiden würde, wenn die Dachflächen der rechten Hälfte gar nicht an das System angeschlossen sind.

Durch die Verfügbarkeit des gesamten Innenhofes kann besonderen Wert auf die Gestaltung der Versickerungsanlage und ihre Integration in die örtlichen Gegebenheiten gelegt werden.

3.2.7.1 Vorgehensweise

In dem Modell 4 kommen alle Dachflächen zum Ansatz, die für eine Versickerungsanlage geeignet scheinen.

Ausgenommen werden hiervon der straßenseitige Anteil der Feldstr. 37a, da diese Fläche eine geringe Größe aufweist. Die Umleitung der Entwässerung würde einen technischen Aufwand erfordern, der in einem ungünstigen Verhältnis zum erwarteten Ertrag steht.

Auf eine Fallrohrumleitung wird auch im Bereich der Mathildenstr. 10 verzichtet, diese Entwässerung wird in der Berechnung vernachlässigt. Es würde eine Prüfung erfordern, inwieweit eine Gefälleänderung zu den Gebäudeecken möglich ist, dieser wird an dieser Stelle jedoch nicht weiter nachgegangen.

Die Notwendigkeit, das Modell 4 weiterhin nach Modell 4.1 und 4.2 zu trennen, entfällt aufgrund der Tatsache, dass ein geringer Aufwand erforderlich ist, gegenüber den zum Innenhof geneigten Dachflächen der linken Blockhälfte auch die straßenseitigen zu integrieren.

Demnach erfolgt eine direkte Datenübernahme der im Modell 3 entwickelten Systeme, im folgenden wird die Berechnung für die hinzugekommenen Grundstücke und Dachflächen vorgenommen.

Die straßenseitigen Fallrohre der Mathildenstr. 8 und Feldstr. 42 können der Einfachheit halber an das System des Modells 3.1 angeschlossen werden, da in dem Fall Grundleitungen in unmittelbarer Nähe geplant sind, an die der Anschluss leicht fällt.

Die Berechnungsergebnisse beziehen sich dennoch auf die Modelle 4.1 und 4.2, um einen Überblick über notwendige Systemparameter zu erhalten, die notwendig wären, wenn der Block in seiner Gesamtheit betrachtet wird.

3.2.7.2 Eingangsdaten**Dachablaufflächen**

Die Dacheindeckungen bestehen größtenteils aus Betondachsteinen oder aus Bitumenbahnen. Auch hier werden die Dachflächen mit Bitumeneindeckung in die Berechnung einbezogen.

Adresse		Dachflächen straßenseitige Entwässerung	Dachflächen innenhofseitige Entwässerung	gesamt
		m ²	m ²	m ²
Feldstrasse	37a	83,70	240,90	324,60 ¹
	39	0,00	251,60	251,60 ¹
	40	0,00	123,70	123,70 ¹
	42	49,40	49,30	98,70 ¹
	44	106,38	106,38	212,75 ²
	45	97,35	97,35	194,70 ³
	46	68,28	105,45	173,73 ²
	47	146,45	74,48	220,93 ¹
Glashüttenstrasse	1	116,18	66,30	182,48 ¹
	2	69,67	69,67	139,34 ²
	3	126,00	58,00	184,00 ³
Mathildenstrasse	2	29,96	113,28	143,24 ²
	4	82,71	80,10	162,81 ²
	6	79,80	67,50	147,30 ³
	8-12	195,80	193,40	389,20 ¹
	14	74,5	132,9	207,4 ¹
Summen		1326,17	1830,30	3156,47

¹Datenerfassung über Nemetschek

²Datenerfassung über Planvermessung

³Datenerfassung über Auskunft Verwaltung

Platzbedarf

Ein geforderter Mindestabstand der Versickerungsanlagen zu Gebäuden sowie vorhandene Bebauung oder Baumbestände bedingen eine genaue Positionierung der Anlagen.

Das Seitenverhältnis des Blocks schafft ungünstige Platzverhältnisse, die die Lage einer geplanten Baumaßnahme im Innenhof erzwingen können. So sind hohe Anforderungen an die Gestaltung oberirdischer Varianten gestellt, die sich den örtlichen Gegebenheiten anpassen sollten.

Platzverfügbarkeit

Unter Berücksichtigung der in der ATV-DVWK-A 138 angegebenen Werte für Abstände zu Gebäuden zeigt Abb. 3.2-18 den für den Bau einer Versickerungsanlage zur Verfügung stehenden Platz.

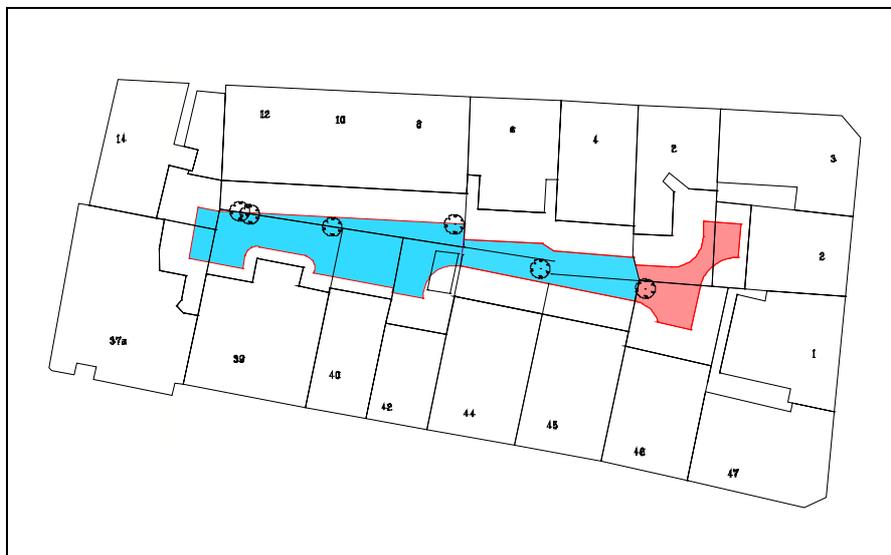


Abbildung 3.2-18: Modell 4 Verfügbarer Versickerungsraum

Der dem Modell 3 hinzugefügte Anteil an Freiflächen wurde nach denselben Methoden der Mindestgebäudeabstände ermittelt.

Für die Feldstr. 39 und 40 ist bekannt, dass keine Unterkellerung vorliegt, so dass ein Gebäudeabstand von 1,50 m angenommen werden kann.

Auf den übrigen Grundstücken wird eine Unterkellerung von 2,50 m Tiefe angenommen, weil keine Planunterlagen zur Verfügung stehen.

Die örtlichen Umstände sprechen für eine Muldenversickerung, die mit einer unabhängigen Rigolenversickerung kombiniert wird. Hierbei wird im Vorwege wieder dem Umstand Rechnung getragen, dass eine rein oberirdische Einleitung des Regenwassers in ein Versickerungssystem aufgrund langer Leitungswege und vorhandener Bebauung im Innenhof ausgeschlossen scheint.

Ein unterirdisches Versickerungssystem bietet sich in den Bereichen an, in denen der Innenhof für eine bestimmte Nutzung vorgesehen ist.

3.2.7.3 Berechnungsgang

Die Berechnungen werden für verschiedene Versickerungssysteme in Abhängigkeit der Eingangsdachflächen für den gesamten Block durchgeführt.

Gleichzeitig wird abgewogen, ob kleinere, voneinander getrennte Maßnahmen die Integration der Versickerungsanlagen begünstigen und die vorhandenen Flächenanteile unter Umständen besser ausnutzen.

Die Realisierbarkeit und der zu erwartende Aufwand der Systeme werden im Anschluss an die Berechnungen beurteilt.

Auch hier werden Versickerungssysteme berechnet, die für den darauffolgenden Entwurf zwar keinen Stellenwert haben, aber exemplarisch einer Gegenüberstellung von Flächenbedarf und zu erwartendem Aufwand für Material und Herstellung dient.

3.2.7.4 Berechnungsergebnisse

Die Tabellen der Versickerungsergebnisse sind geordnet nach den Kosten und dem Aufwand, beginnend mit dem kleinsten, die Reinigungsleistung und damit die zu erwartende Wasserqualität nimmt mit den folgenden Tabellen ab.

Die gelb hinterlegten Zellen bezeichnen jeweils den Parameter, der bei einem weiteren Berechnungsgang variiert.

Die grau hinterlegten Felder kennzeichnen vorzuzählende Eingangsparameter.

Muldenversickerung		Modell 4.1		Modell 4.2		
Berechnungsgang	Nr.	19	20	21	22	23
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	2852	2852	1637	1637	769
Versickerungsfläche A_s	m ²	300,2	219,2	172,3	125,8	59,1
Muldentiefe	m	0,2		0,2	0,3	0,3
Erforderliches Muldenvolumen	m ³	60	65,7	34,5	37,7	17,7
Dauer des Bemessungsregens	min	60	60	60	60	60
Entleerungszeit	h	2,2	3,3	2,2	3,3	3,3
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	71,9	71,9	71,9	71,9
	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5	5

Tabelle 3.2-12: Modell 4 Ergebnisse der Muldenversickerung

Mulden- Rigolenversickerung		Modell 4.1		Modell 4.2	
		24	25	26	27
Berechnungsgang	Nr.				
		ohne Drosselabfluss	mit Drosselabfluss	ohne Drosselabfluss	mit Drosselabfluss
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	2852	2852	1637	1637
Versickerungsfläche A_s	m ²	219,2	219,2	125,8	125,8
Muldentiefe	m	0,3	0,3	0,3	0,3
Erforderliches Muldenvolumen	m ³	65,7	65,7	37,7	37,7
Dauer des Bemessungsregens	min	60	60	60	60
Entleerungszeit	h	3,3	3,3	3,3	3,3
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	71,9	71,9	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5
kf- Wert unterhalb der Mulde		$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Erforderliche Rigolenlänge	m	40	15,1	23	8,7
Versickerungsfläche A_s	m ²	80,1	30,3	46	17,4
Rigolenvolumen	m ³	80,08	30,35	45,97	17,37
Dauer des Bemessungsregens	min	180	90	180	90
Versickerungsrate	l/s	0,0020	0,0007	0,0011	0,0004
Speicherkoefizient	%		35,45	-	35,5
Drosselabfluss	l/s		0,0028	-	0,0016
Bemessungsregenspende	l/(s*ha)	30,3	52,2	30,3	52,2
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5
kf- Wert unterhalb der Rigole		$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1,5	1,5	1,5
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1	1	1	1
Porenanteil des Füllmaterials	%	35	35	35	35

Tabelle 3.2-13: Modell 4 Ergebnisse der Mulden-Rigolenversickerung

Rigolenversickerung		Modell 4.1		Modell 4.2		
Berechnungsgang	Nr.	28	29	30	31	32
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	2852	2852	1637	1637	
Erforderliche Rigolenlänge	m	112,3	51,7	64,5	29,7	10,2
Versickerungsfläche A_s	m ²	224,6	103,5	128,9	59,4	15,2
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1,5	1,5	1,5	1
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1	1	1	1	1
Porenanteil des Füllmaterials	%	35	95	35	95	95
Versickerungsrate	l/s	5,6	2,6	3,2	1,5	0,4
Dauer des Bemessungsregens	min	60	120	60	120	120
Rigolenvolumen	m ³	224,62	103,45	128,95	59,39	15,24
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	41,7	71,9	41,7	41,7
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5	5	5	5

Tabelle 3.2-14: Modell 4 Ergebnisse der Rigolenversickerung

Rohr- Rigolenversickerung		Modell 4.1	Modell 4.2
Berechnungsgang	Nr.	33	34
Angeschlossene Dachfläche A_{red}	m ²	2852	1637
Erforderliche Rigolenlänge	m	80	45,9
Versickerungsfläche A_s	m ²	180	103,3
Sohlbreite der Rigole	m	1,5	1,5
Nutzbare Höhe der Rigole	m	1,5	1,5
Porenanteil des Füllmaterials	%	35	35
Rohrinnendurchmesser	m	0,1	0,1
Rohraussendurchmesser	m	0,104	0,104
Versickerungsrate	l/s	4,5	2,6
Dauer des Bemessungsregens	min	60	60
Speicherkoeffizient	%	35,22	35,22
Rigolenvolumen	m ³	269,98	154,98
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	71,9	71,9
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5

Tabelle 3.2-15: Modell 4 Ergebnisse der Rohr- Rigolenversickerung

Schachtversickerung		Typ A	Typ B
Berechnungsgang	Nr.	35	36
A_{red}	m ²	259	183
Erforderliche Schachttiefe	m	4,11	4,01
Schachtinnendurchmesser	m	1,5	1,5
Schachtwandstärke	m	0,05	0,05
Zulauftiefe im Schacht	m	0,5	0,5
Erforderliche Einstautiefe	m	3,61	2,51
Minimales Speichervolumen	m ³	6,38	4,43
Versickerungsfläche	m ²	11,1	8,3
Versickerungsrate	%	0,3	0,2
Dauer des Bemessungsregens	min	90	90
Regenspende des Bemessungsregens	l/(s*ha)	52,2	52,2
Häufigkeit der Bemessungsregenspende	1/a	0,2	0,2
Wiederkehrzeit der Bemessungsregenspende	a	5	5
Mindestsickerstrecke	m	-	1,5
Höhe der Filterschicht Schachtsohle	m	-	0,5
Höhe der Filterschicht Untergrund	m	-	0,5
Grundwasserflurabstand	m	-	6,0
Erforderliche Schachttanzahl	Modell 4.1	11	16
	Modell 4.2	7	9

Tabelle 3.2-16: Modell 4 Ergebnisse der Schachtversickerung

Die durch den Baumbestand und die erforderlichen Gebäudeabstände beengten Platzverhältnisse bedingen eine Lösung, die, ähnlich dem Modell 3.1, verschiedene Versickerungssysteme separat einsetzt und jeweils einen Teil der Dachflächen einbindet.

In dem vorliegenden Fall empfiehlt es sich daher, eine Muldenversickerung herzustellen, die eine Aufnahmekapazität aufweist, die unabhängig von einem parallel angeordneten Rigolensystem verläuft. Diese Kombination wird nicht nur aus gestalterischen und architektonischen Gründen, sondern auch wegen einer erhöhten Reinigungsleistung durch die oberirdische Einleitung gewählt.

Die Gebäude der Feldstr. 39 und 40 sind nicht unterkellert, was eine großflächige Inanspruchnahme dieser Grundstücke möglich macht. Im Hinblick auf Nutzungseinschränkungen wird jedoch versucht, den Bereich der Muldenversickerung dahingehend zu verlagern, dass nutzungsfreie Flächen dafür gewählt werden.

Maßgebend für die entworfenen Anlagen sind die Berechnungsergebnisse Nr. 23 der Mulden- und die Nr. 32 der Rigolenversickerung.

3.2.7.4.1 Konzeptionierung ausgewählter Systeme

Muldenversickerung/ Rigolensystem

Auf den Grundstücken der Feldstr. 37a, Feldstr. 39 und der Mathildenstr. 14 wird eine Muldenversickerungsanlage hergestellt. Dabei werden Dachflächen einer Gesamtgröße von $A_{\text{red}} = 769 \text{ m}^2$ angeschlossen, die bei einer Muldenlänge von 60 m^2 und einer Muldentiefe von 30 cm aufgenommen werden können.

In Berechnungsgang 23 sind sämtliche Parameter dieses Systems aufgelistet.

Die Anlage befindet sich zentral in dem Einzugsbereich der Fallrohre, wodurch sich sehr kurze Leitungswege ergeben. Die Zuleitungen können vollständig als offene Rinnen hergestellt werden, die einzeln in die Mulde münden.

Eine zweite Mulde befindet sich im Bereich der Mathildenstr. 4+6 sowie der Feldstr. 45+46, deren Berechnung bereits in dem Modell 3.1 durchgeführt wurde. Die Parameter des Berechnungsganges 3 wurden somit direkt übernommen.

Die in dem Modell ebenfalls ermittelte Größe der Rigole wurde belassen (Berechnungsgang 10), es wurde lediglich ein weiteres Kunststoff- Rigolensystem hinzugefügt, welches das Regenwasser der Feldstr. 39-42 und der Mathildenstr. 8+10 aufnimmt (zugehöriges $A_{\text{red}} = 384 \text{ m}^2$).

Die Parameter der Rigole sind Berechnungsgang 32 zu entnehmen.

Bei der Anordnung der Rigole wurde darauf geachtet, den Strang auf eine unbebaute und unbefestigte Fläche zu positionieren, was den Arbeitsaufwand erleichtert und eine freie Anordnung des Sammelschachtes und leichte Begehrbarkeit gewährleistet.

Systemdarstellung

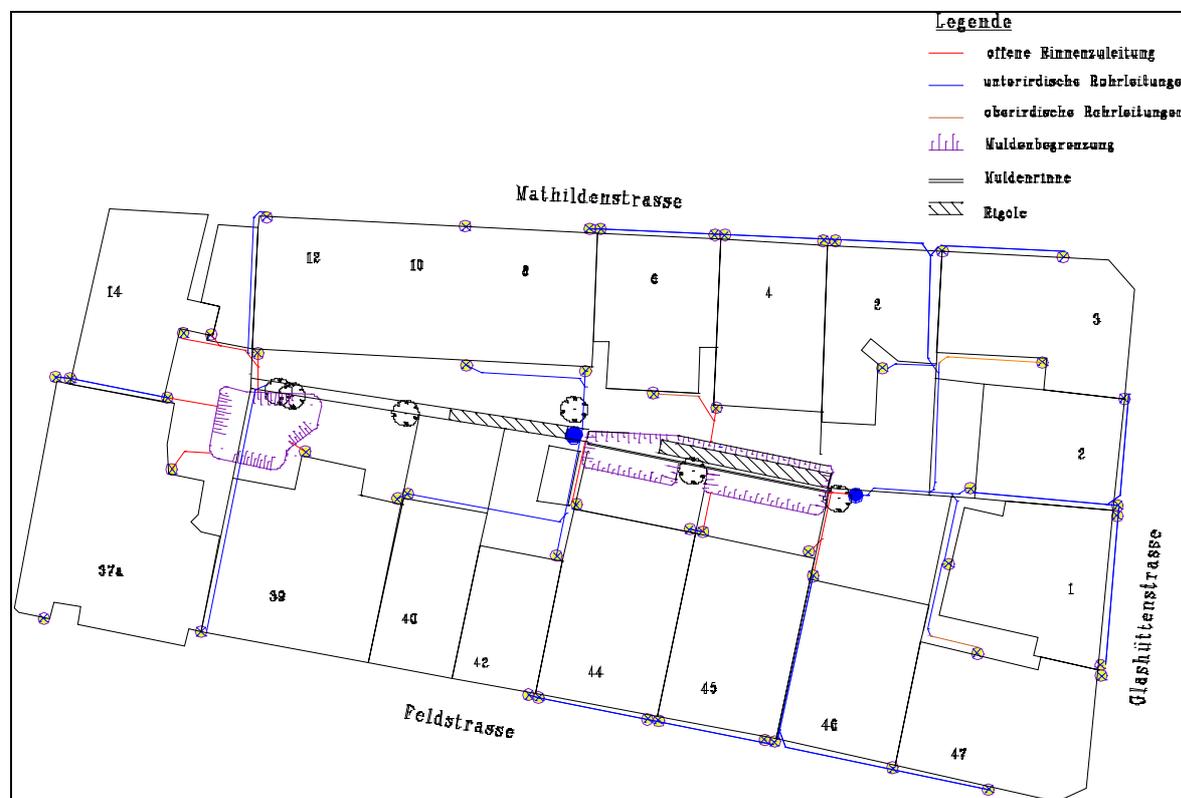


Abbildung 3.2-19: Modell 4 Systemdarstellung

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.2.8 Ergebnisbetrachtung

3.2.8.1 Mengenübersicht

Titel	Einheit	Modell 3.1	Modell 3.1	Modell 3.2	Modell 4
		Mulde/ Rigole	Rigole	Mulde/ Rigole	Mulde/ Rigole
		Menge			
Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung	Stck	18	23	5	23
Standrohr verschliessen	Stck	33	23	5	46
Anschluss Regenfallrohr- Muldenzuleitung	Stck	5	0	5	11
SML- Rohrleitungen DN 150	lfdm	41	41	0	51
Wandabdichtungen	Stck	6	6	0	8
Kernbohrungen bis 24 cm	Stck	6	6	0	8
Kernbohrungen bis 48 cm	Stck	6	6	0	8
Rohrgraben	lfdm	144	198	43	187
Pflasterbelag Strassenseite	m ²	68	68	0	68
Pflasterbelag Innenhofseite	m ²	20	20	20	20
Rohrleitungen DN 100 Strassenseite	lfdm	102	102	0	102
Rohrleitungen DN 100 Innenhofseite	lfdm	37	85,5	37	80
Rohrleitungen DN 150 Innenhofseite	lfdm	20	26	20	20
Abzweigen DN 100	Stck	4	6	4	6
Abzweigen DN 150	Stck	5	7	5	5
Bogen DN 100	Stck	10	15	10	13
Bogen DN 150	Stck	2	2	2	2
Anschluss Rohr- Sammelschacht	Stck	1	1	1	2
Pflasterrinne	lfdm	30	0	30	55
Rigolenlänge b/h= 1,50/1,00	lfdm	15,3	31	9,5	15,3
Aushubvolumen	m ³	31	82	14,3	31
Rigolenelemente Intewa	Stck	45	76	19	45
Rigolenlänge b/h= 1,00/1,00	lfdm	0	0	0	11
Aushubvolumen	m ³	0	0	0	16
Rigolenelemente	Stck	0	0	0	21
Mulde t = 20 cm	m ²	86	0	44	86
Mulde t = 30 cm	m ²	0	0	0	60

Tabelle 3.2-17: Mengenübersicht Regenwasserversickerung

3.2.8.2 Flächenbilanz

		Ist- Zustand	Modell 3.1	Modell 3.2	Modell 4	Natur- zustand
Gesamtfläche A	m ²	3156				
angeschlossene Fläche A zur Versickerung	m ²	-	1760	838	2930	-
Anschlussgrad	%	0	55,8	26,6	92,8	100
reduzierte Fläche A _{red}	m ²	3022	1664	778	2817	-
davon A _{red} für Muldenversickerung	m ²	-	822	419	1591	-
davon A _{red} für Rigolenversickerung	m ²	-	842	359	1226	-

Tabelle 3.2-18: Anschlussflächen der Regenwasserversickerung

		Modell 3.1	Modell 3.2	Modell 4
Größe der Muldenversickerungsanlage	m ²	86	44	146
Anteil an angeschlossener Fläche A _{red}	%	10,5	10,5	9,2
Größe der Rigolenversickerungsanlage	m ²	30,5	14,3	29,5
Anteil an angeschlossener Fläche A _{red}	%	3,6	4,0	2,4

Tabelle 3.2-19: Flächenverhältnis Versickerungsanlage/ angeschlossene Dachflächen

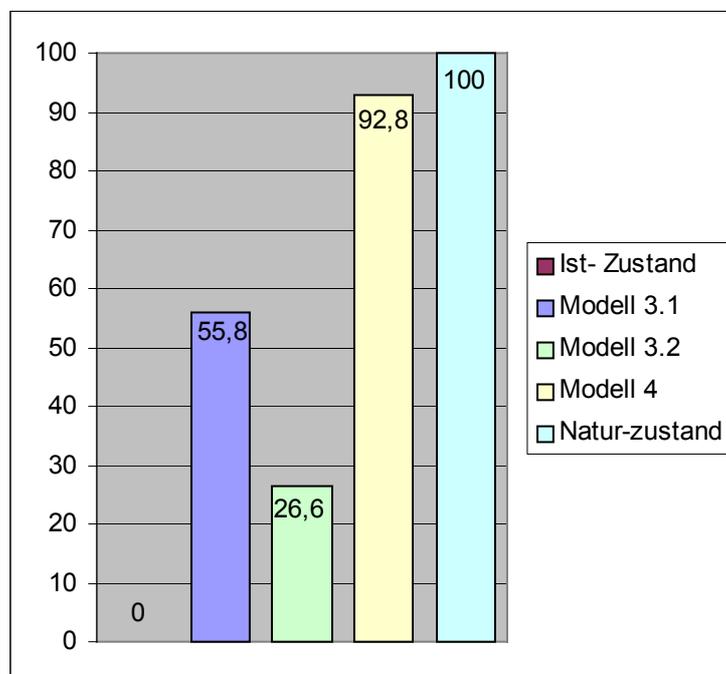


Abbildung 3.2-20: Anschlussgrade der Versickerungsmodelle in %, bezogen auf die gesamten versiegelten Flächen

3.2.8.3 Wasserbilanz

		Ist- Zustand	Modell 3.1	Modell 3.2	Modell 4	Natur- zustand
Versickerung	%	0,0	48,9	21,0	83,6	35
Evapotranspiration	%	4,2	6,9	5,6	9,3	65
Abfluss	%	95,8	44,2	73,4	7,2	0
Niederschlagsmittelwert pro Jahr		837				
Versickerung	mm/a	0,0	409,4	175,6	699,3	293,0
Evapotranspiration	mm/a	35,5	57,3	46,7	77,7	544,1
Abfluss	mm/a	801,5	370,2	614,8	59,9	0,0

Tabelle 3.2-20: Wasserbilanz der Regenwasserversickerung

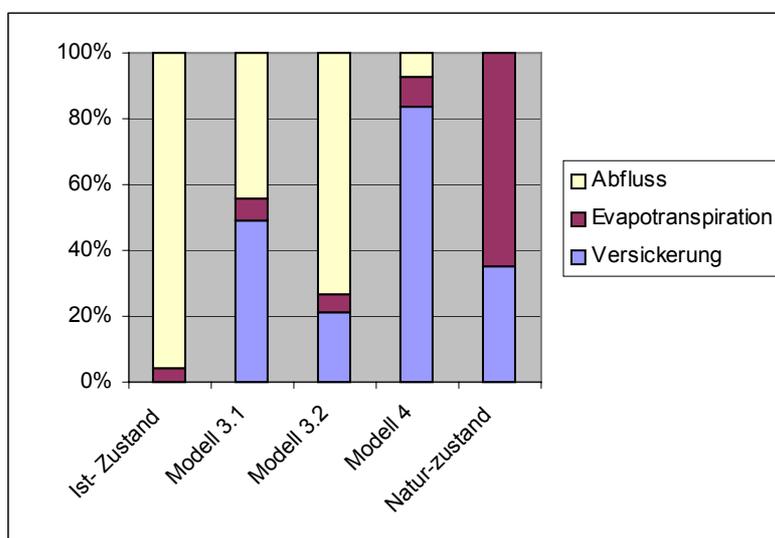


Abbildung 3.2-21: Wasserbilanz der Regenwasserversickerung

Die Anteile der Wasserbilanzierung zeigen unterschiedlichste Ergebnisse, die im wesentlichen mit dem Anschlussgrad der versiegelten Flächen an die Versickerungsanlagen zusammenhängt.

Der Anteil der Evaporation setzt sich zum einen aus dem Verdunstungsvermögen der Dachflächen zusammen (spezifische Verdunstungsparameter nach DIN 1989-1), zum anderen ergibt sich das größte Verdunstungspotential aus einer oberflächennahen Zwischenspeicherung des in die Mulden eingeleiteten Regenwassers.

Es wird dabei vereinfachend angenommen, dass 10% des Regenwassers, das den Mulden zugeführt wird, verdunstet

Es sei darauf hingewiesen, dass die somit ermittelten Ergebnisse lediglich tendenziell die Verhältnisse des Wasserhaushaltes widerspiegeln und nur mit Hilfe von Simulationsrechnungen über mehrere Jahre mitsamt detaillierter Kenntnis über die lokalklimatischen und geohydrologischen Gegebenheiten näher quantifiziert werden können.

Alle für die Wasserbilanz relevanten Anteile werden jeweils auf den Gesamtbestand der versiegelten Flächen bezogen, so dass sich die Werte für den Abfluss aus den Flächen ergeben, die weiterhin an den Kanal angeschlossen sind (abzüglich der spezifischen Verdunstung der Dachhaut nach DIN 1989-1).

Ein Naturzustand, der die Gesamtfläche des Dachflächenbestandes als unversiegelt simuliert, wurde in die Bilanzierung eingeführt, um eine Vergleichsmöglichkeit gegenüber den Ergebnissen von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen zu bieten. Diese Anteile wurden der Abbildung 3.2-2 entnommen und geben hier nur grobe Richtwerte an.

3.2.8.4 Bewertung des ökologischen Ausgleichpotentials

Ein direkter Vergleich der Modellergebnisse für die Wasserbilanz mit den Werten eines natürlichen Zustandes kann nur unter bestimmten Voraussetzungen stattfinden. Ausgehend von einem neu zu erschließenden Siedlungsgebiet mit einem geplanten hohen Versiegelungsanteil ist eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt, wie er vor der Baumaßnahme gegeben war, wünschenswert und anzustreben.

Dabei kann dort vor allem Rücksicht auf die Gefahr des Einleitens von Regenwassermengen in den Boden genommen werden, die den Anteil der natürlichen Versickerung weit übersteigen.

Dieses Gefährdungspotential ist stark abhängig von der Bebauungsdichte und kann daher im städtischen Bereich zu Problemen führen, wenn eine flächendeckende Anwendung von Versickerungsanlagen großräumig vorausgesetzt wird.

Da die Zusammenhänge der Grundwasserneubildungsraten und versickerndem Niederschlagswasser in Verbindung mit den Eigenschaften der Böden und der Grundwasserleiter sehr komplex sind, wird auf diese Problematik nur begrenzt eingegangen.

Dennoch gilt es vorrangig, sich dem den natürlichen Wasserhaushalt eines unbebauten Gebietes so nah wie möglich anzunähern und dieses Ziel kann bei Betrachtung der Ergebnisse durchaus erreicht werden.

Allerdings ist diese Annäherung zunächst auf den Bereich des Abflusses und der Versickerung begrenzt, Versickerungsanlagen dieser Art haben wenig Einfluss auf das Verdunstungsvermögen.

Bei Anwendung des Modells 3.1 wird gegenüber dem Ausgangszustand 50 Prozent des Niederschlagswassers auf dem Grundstück belassen, was einer gleichzeitigen Entlastung der Kanalnetze um denselben Anteil gleichkommt. Die anderen Modelle weisen einen Abflusswert +/- 30% auf, so dass eine große Bandbreite zur Verfügung gestellt wird, deren Beitrag zur Lösung der Problembereiche unterschiedlich ausfällt. Die Beiträge der Modelle 3.1 und 3.2 erweisen sich als durchaus naturnah und haben ihre Berechtigung, als Versickerungsmaßnahme einem ökologischen Ausgleich zu dienen.

Tendierend zu dem Anschlussgrad des Modells 3.1, also 40-50 % der versiegelten Flächen, ist diese Dimension in ökologischer Hinsicht als optimal zu bezeichnen.

3.2.8.5 Auswirkungen auf Gestaltung und Nutzung

Der Einsatz von Regenwasserversickerungsanlagen führt in dem Untersuchungsgebiet zu keinen wesentlichen Einschränkungen in der Nutzung. Die Gestaltung einer Muldenversickerungsanlage bietet verschiedene Möglichkeiten, einer Integration in die vorhandenen Außenanlagen gerecht zu werden. Der Standort kann hinsichtlich zukunftsnahe Planungen für Nutzungsänderungen- oder erweiterungen bzw. individueller Bedürfnisse von Hauseigentümern und –bewohnern variiert werden, solange technische Regeln bezüglich der Gebäudeabstände eingehalten werden.

Der Einbau des Rigolensystems wird die Gestaltung des Innenhofes unter Vernachlässigung weniger Kontrollschächte nicht beeinflussen, in der Regel würde auf den Grundstücken lediglich eine Begehrbarkeit der Rigolen gefordert werden, so dass sich, bis hin zu leichten Bebauungen oberhalb des Systems keine Einschränkungen ergeben.

3.2.8.6 Kostenschätzung und Amortisation

		Modell 3.1 Mulden-Rigole		Modell 3.1 Rigole		Modell 3.2 Mulde/Rigole		
Ergebnisse der Beispiel-LVs		€	20.574,70 €		31.908 €		10.230 €	
Geschätzter Kostenrahmen		€	von	bis	von	bis	von	bis
		€	12.000,00 €	25.000,00 €	25.000,00 €	36.000,00 €	7.000,00 €	14.000,00 €
Auffangflächen		m ²	1760		1760		838	
Kosten pro m ² Dachfläche		€/m ²	6,82 €	14,20 €	14,20 €	20,45 €	8,35 €	16,71 €
Gebührensatz/ m ³	Abkopplung vom Kanalnetz unvollständig	€/m ³	2,58 €					
Frischwasserbedarf beteiligter Gebäude		m ³ /a	0		0		9870	
Gebührensatz/ m ³ vermindert	Abkopplung vom Kanalnetz vollständig	€/m ³	2,16 €					
Frischwasserbedarf beteiligter Gebäude		m ³ /a	9870		9870		0	
		€						
jährliche Einsparung		€	4.145,40 €		4.145,40 €		0,00 €	
break-even-point		a	3		6	9	0	0
jährliche Preisanhebung		%	1%					
Erzielte Einsparung		€	12.686 €	26.141 €	26.141 €	40.400 €	0 €	0 €

Tabelle 3.2-21: Modell 3 Kostenschätzung und Amortisation

		Modell 4 Mulden-Rigole (entspricht Modell 3.1 Mulden-Rigole)		Modell 4 Mulde		Modell 4 Rigole		
Ergebnisse der Beispiel-LVs		€	20.575 €		4.528 €		7.088 €	
Geschätzter Kostenrahmen			von	bis	von	bis	von	bis
	€	12.000,00 €	25.000,00 €	4.000,00 €	7.000,00 €	5.000,00 €	10.000,00 €	
Auffangflächen		m ²	1760		769		396	
Kosten pro m ² Dachfläche		€/m ²	6,82 €	14,20 €	5,20 €	9,10 €	12,63 €	25,25 €
Gebührensatz/ m ³	Abkopplung vom Kanalnetz unvollständig	€/m ³	2,58 €					
Frischwasserbedarf beteiligter Gebäude		m ³ /a	0		2664		1500	
Gebührensatz/ m ³ vermindert	Abkopplung vom Kanalnetz vollständig	€/m ³	2,16 €					
Frischwasserbedarf beteiligter Gebäude		m ³ /a	9870		659		37	
		€						
jährliche Einsparung		€	4.145,40 €		276,78 €		15,54 €	
break-even-point		a	3	6	15	26	325	644
jährliche Preisanhebung		%	1%					
Erzielte Einsparung		€	12.686 €	26.141 €	4.152 €	7.196 €	5.051 €	10.008 €

Tabelle 3.2-22: Modell 4 Kostenschätzung und Amortisation

Die Kostenangaben sind anhand von Beispiel-Leistungsverzeichnissen (siehe Anhang VI) ermittelt worden. In diesen Auflistungen sind die wesentlichen, zur Herstellung von Regenwasserversickerungsanlagen nötigen Positionen enthalten.

Die Einheitspreise der Entwässerungsleitungen sind dabei einer Baukostendatenbank (Sirados Baudaten; Edition Aum GmbH) entnommen, es wurden die jeweils dort angegebenen mittleren Werte der Preisspannen verwandt.

Die übrigen Einheitspreise, deren Positionen in der Datenbank nicht zugeordnet werden konnten, stellen Mittelwerte aus den Ergebnissen von Befragungen unter verschiedenen Unternehmen dar.

Folgende Unternehmen wurden bei der Ermittlung von Einheitspreisen berücksichtigt (in alphabetischer Reihenfolge):

Fa. Adam GmbH & Co KG, Heizung- Sanitär- Elektro, Hamburg

Fa. Fraenkische Rorhrwerke, Königsberg/ Bayern

Fa. Krebs, Tiefbau, Dägeling

Fa. Rusche, Regenwassernutzungsanlagen, Elmshorn

Da die Leistungsverzeichnisse nur als grobe Richtwerte dienen können, wurde für jedes Modell ein Kostenrahmen aufgestellt, in dem sich die Herstellkosten bewegen sollten.

Blau hinterlegt sind die Jahre, nachdem sich der break-even-point einstellt.

Nach dieser Zeitspanne hat sich demnach die Versickerungsanlage amortisiert.

Bei der Betrachtung der Amortisationszeiten der Versickerungsanlagen fällt auf, dass ein zügiges „break-even“ sich in den Fällen einstellt, in denen möglichst viele Gebäude eine vollständige Abkopplung vom Kanalnetz erfahren.

Bei der momentanen Gebührenregelung bietet nur eine vollständige Abkopplung die Gelegenheit, die verminderte Abwassergebühr zu beantragen, in der der Pauschalanteil der Regenwasserentsorgung pro m³ entfällt (2,58 € - 2,16 € = 0,42 € Erlass / m³ bezogenes Trinkwasser).

Daher ist das Modell 3.1, in dem alle angeschlossenen Gebäude vollständig abgekoppelt wurden, dasjenige, das schon nach ca. fünf Jahren finanziell ausgeglichen ist.

Ganz anders verhält sich die Kostenschätzung des Modells 3.2, die Investitionskosten betragen aufgrund kurzer Leitungswege nur ein Bruchteil des Modells 3.1, jedoch ist bei dem konsequenten Ansatz der innenliegenden Dachflächen keine Amortisation zu erreichen.

Es sollte daher der Umweg eingeschlagen werden, die Dachflächen einiger Gebäude vollständig einzubeziehen. Die dafür erforderlichen Kosten können hier nur pauschal angesetzt werden, ein finanzieller Puffer wäre allerdings gerade für die Maßnahme der Umleitung straßenseitiger Regenrohre notwendig, um der schwer kalkulierbaren Kostenentwicklung durch unvorhersehbare Umstände und Hindernisse Rechnung zu tragen.

Das Modell 4 zeigt auf, dass eine Kompaktlösung in einem Projektgebiet wie diesem aufgrund der örtlichen Gegebenheiten unmöglich erscheint und die Systeme somit gesplittet werden müssen. Dies hat zu Folge, dass auch die Finanzierung nur getrennt betrachtet werden kann, weil ein Gebäude nicht in den Finanzierungsplan einer Versickerungsmaßnahme eingebunden werden kann, an der es gar nicht beteiligt ist.

Auch hier zeigt sich, speziell bei kleineren Maßnahmen wie der Rigolenversickerung, dass eine vollständige Abkopplung erreicht werden muss.

Fazit

Eine Verbundlösung ist wegen der beengten Platzverhältnisse und des relativ großen Platzbedarfes beinahe unumgänglich, unter Berücksichtigung des vorliegenden Gebührenmodells muss dafür Sorge getragen werden, dass einige Gebäude von der Anbindung an das Kanalnetz befreit sind.

Alternativen

Die Komponenten der Regenwasserversickerung werden in erster Linie nach dem benötigten Speicherraum ermittelt, der durch das Versickerungsvermögen des Untergrundes beeinflusst wird.

Die Größen des Versickerungs- und Verdunstungspotentials ergeben sich dementsprechend aus hydrogeologischen und lokalklimatischen Gegebenheiten.

Wird angenommen, dass durch eine Versickerung des Regenwassers in den Boden Probleme auftreten, die beispielsweise mit einem Anstieg des Grundwassers einhergehen, kann versucht werden, Einfluss auf den Anteil der Evapotranspiration zu nehmen.

Eine Möglichkeit besteht darin, den Zufluss zu einer Muldenversickerungsanlage mit Hilfe vorgeschalteter Retentionszisternen zu steuern. In den Fällen, in denen sich der Ablauf der Zisterne unterhalb des Muldeneinlaufes befindet, wird eine Hebeanlage erforderlich, die dafür Sorge trägt, dass das Regenwasser in gedrosselten Mengen und mit zeitlicher Verzögerung an die Mulde abgegeben wird.

Dies hätte eine erhöhte Verdunstungsleistung zur Folge, die auf der anderen Seite die Versickerungsmengen reduzieren würde.

Kritisch zu betrachten wäre bei dieser Lösung der Einsatz von Pumpen, die neben dem Stromverbrauch auch Betriebsausfälle herbeiführen können.

In finanzieller Hinsicht steht der Investition für die Zisterne und Hebeanlage die Einsparung einer Rigole gegenüber, deren Einbau in konventioneller Bauweise erforderlich wäre, wenn ungünstige Höhenlagen bzw. lange Leitungswege eine oberirdische Zuleitung ausschließen.

3.2.9 Gesamtbetrachtung

Allein durch den Anschluss eines Überlaufs an das Mischsystem geht die Berechtigung verloren, ein vermindertes Abwasserentgelt zu beantragen.

Dabei wird seitens der Abwasserentsorger von dem Eintreten eines Jahrhundertregens ausgegangen, der dadurch eine Überlastung des Kanalnetzes herbeiführt.

Dennoch wären Sonderregelungen wünschenswert, die dazu beitragen, dass in der Gebührenerhebung auch die Fälle berücksichtigt werden, in denen ein Wohnblock, in seiner Gesamtheit betrachtet, sein Regenwasser zur Hälfte dezentral versickern lässt, während die Gebäude straßenseitig den öffentlichen Anschluss beibehalten.

Es sei dabei auf die bestehenden Sonderregelungen der Hamburger Stadtentwässerung (HSE) hingewiesen, die einen Gebührensatz für das Regenwasser nach dem Flächenmaßstab vorsieht, wenn mehr als 5000 m³/a Abwasser in das Kanalnetz eingeleitet wird. Auf diese Weise wird die Sielbenutzungsgebühr von einer Pauschale pro Quadratmeter versiegelter Fläche getrennt. Die Grundvoraussetzung hierfür besteht jedoch darin, dass das Abwasser über eine Verbrauchseinheit erfasst wird.

Das Akzeptieren einer Eigentümergeinschaft in der Blockbebauung, die gemeinsam diese Abwassermengen einleiten, wäre entscheidendes Kriterium für die Genehmigung der Berechnung nach dem Flächenmaßstab. Bisher jedoch würde dies daran scheitern, dass das Abwasser der einzelnen Gebäude separat eingeleitet und über diverse Wohnungs-Wasserzähler berechnet wird.

Die ökologische Komponente der Versickerung bezieht sich in dem vorliegenden Gebiet hauptsächlich auf eine Entlastung des Kanalnetzes, während die Folgen der Grundwasser- Neubildung in Hamburg durch das Versickern von Niederschlagswasser differenzierter betrachtet werden müssen und eine Schlussfolgerung nicht zulassen.

Die Ergebnisse der Modelluntersuchungen zeigen, dass eine erhebliche Reduzierung der ins Kanalnetz geführten Wassermengen möglich ist und so ein entscheidender Beitrag zur Verhinderung von Überlaufereignissen und damit verbundenen Gewässerverunreinigungen geleistet werden kann.

3.3 Retention von Regenwasser

Die gezielte Retention von Regenwasser hat als vorrangiges Ziel, große Abflussmengen zu dämpfen und hydraulischen Überlastungen entgegenzuwirken.

Zurückgehaltenes Regenwasser kann, je nach Beschaffenheit des Systems, dezentralen Versickerungsanlagen zugeführt werden oder einen Anschluss an das öffentliche Kanalnetz erhalten, in welches das Wasser in gedrosselten Mengen eingeleitet wird.

Die Entscheidung über die Wahl des Systems hängt von vielerlei Faktoren ab, die sich in jeweilige projektbezogene Problembereiche gliedern.

Als Begleitmaßnahme ist der Regenwasserrückhalt in den Fällen zu betrachten, in denen eine dezentrale Versickerung des Niederschlagswassers angestrebt wird.

Bodenschichten geringer Durchlässigkeit, in denen das Infiltrieren von Regenwasser nur langsam vonstatten geht, setzen eine Zwischenspeicherung voraus, von wo aus eine gedrosselte Ableitung in die Versickerungssysteme gewährleistet wird.

So können im weiteren Sinne einige der Versickerungsmaßnahmen als kombinierte Retention betrachtet werden, da Mulden wie auch Rigolen für eine Zwischenspeicherung vorgesehen sind und die Leistungskapazitäten erhöhen.

Der Wasseranfall gerade von Starkregenereignissen kann so kontrolliert werden und führt nicht unweigerlich zu einem Versagen des eingesetzten Versickerungssystems.

Muss eine nachgeschaltete Versickerung aufgrund zu undurchlässiger Bodenschichten oder hoher Grundwasserstände ausgeschlossen werden, bleibt der Anschluss an das öffentliche Sietnetz in der Regel bestehen.

In Fällen von Starkregenereignissen kann die Einleitung von Niederschlagswasser in das Sietnetz zu derartigen Abflussspitzen führen, die eine hydraulische Überlastung nach sich ziehen. Die Folge wären zentrale Überlaufereignisse, in denen ungeklärtes Abwasser direkt in Oberflächengewässer verklappt wird.

Die Retentionsmaßnahme bietet in einem solchen Fall die Möglichkeit, die Kanäle zu entlasten und auf dezentralem Wege die Kapazitäten für die Aufnahme von Regenwasser zu erhöhen.

In Baugebieten können behördliche Auflagen eine Retentionsmaßnahme vorschreiben. Dabei kann es genaue Aussagen darüber geben, ob eine Entlastung des Kanalnetzes durch die Begrenzung des maximalen Durchflusses erreicht werden soll oder durch die Vorgabe einer Verweildauer des Regenwassers nach einem Regenereignis, bevor es eingeleitet werden darf

3.3.1 Technische Ausführungsmöglichkeiten

3.3.1.1 Dachbegrünung

Gründächer dienen nicht nur dem Rückhalt von Regenwasser, sondern sie erfüllen eine Reihe von Funktionen, die, eng verzahnt, in städtebaulich- freiraumplanerische, ökologische und ökonomische Bereiche aufgegliedert werden können (FLL, Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen; Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau E.V.-FLL, Bonn 2002).

Sie sorgen für den Erhalt und die Rückgewinnung von Grünflächen und bieten dem Menschen gerade im Wohn- und Arbeitsumfeld von Ballungsräumen erlebbare Freiräume, Grünelemente und –flächen tragen zu einer Verbesserung des Stadtbildes bei.

In ökologischer Hinsicht stellen Gründächer Flora und Fauna Lebensraum zur Verfügung, je nach Aufbau und Bauweise kann die Artenvielfalt dabei stark variieren.

Schäden an Dächern, die durch mechanische und statische Beanspruchung oder durch UV- Strahlung verursacht werden, treten gegenüber bekiesten oder Hartdächern in geringerem Maße auf, von einer höheren Lebensdauer und einem langanhaltenden Schutz der Funktionen eines Daches kann somit ausgegangen werden.

Ökologische Ausgleichsfunktionen zeigen sich besonders in dicht besiedelten Bereichen und Städten wirkungsvoll, da dort Temperaturextreme im Bereich der Dächer ausgeglichen werden. Gegenüber Kiesdächern, die sich bei intensivem Sonnenschein auf bis zu 50° aufheizen, steigt die Umgebungstemperatur auf Gründächern nur geringfügig an⁵⁶.

Durch den hohen Versiegelungsgrad in innerstädtischen Bereichen und einem damit einhergehenden verringerten Verdunstungsgrad sowie durch die Überhitzung ist die Luft gegenüber dem Umland trockener. Einen Ausgleich in einem begrenzten Maße kann das Verdunstungspotential von Dachbegrünungen schaffen, durch das die Luftfeuchtigkeit angehoben wird. Als weiterer Effekt ist hier die verbesserte Staubbindung zu nennen, durch die, im Zusammenhang mit der umgebenden Feuchte, Schmutzpartikel gefiltert und teilweise abgebaut werden können⁵⁷.

Diese Tatsache allerdings kann lediglich als Begleiterscheinung betrachtet werden und soll nicht darüber hinwegtäuschen, dass die Bekämpfung der Ursachen der Luftverschmutzung vorrangiges Ziel bleibt.

Neben diesen Aspekten erfüllen Gründächer eine wesentliche Funktion, die in unmittelbarem Zusammenhang mit den projektbezogenen Problembereichen stehen.

In erster Linie bieten sie ein Retentionsvolumen, in dem das darin enthaltene Wasser gespeichert wird und nur zu einem Bruchteil tatsächlich abfließt.

Je nach Begrünungsart und Schichtdicke sind Gründächer in der Lage, einen Anteil des Niederschlags zurückzuhalten und verdunsten zu lassen (Evapotranspiration), wodurch erhebliche Wassermengen dem natürlichen Kreislauf direkt zugeführt werden.

Der Anteil des Rückhalts kann bei der Anwendung von Intensivbegrünungen im Jahresmittel durchaus 80% erreichen, bei aufwendigeren Verfahren liegt er noch höher.

⁵⁶ Dürr, A. 1994, S. 34f

⁵⁷ ebd., S. 36f

Somit kann eine Verringerung der in das Kanalnetz eingeleiteten Abflussmengen der Entlastung von Abwasserbehandlungsanlagen dienen. Ein weiterer Vorteil hierfür ist die durch den Schichtaufbau in der Dachbegrünung erzielte Pufferwirkung, mit der die Wassermengen von Starkregenereignissen zeitlich verzögert abgegeben werden können.

Durch die staub- und rußbindenden Eigenschaften der eingesetzten Pflanzen wird das Regenwasser beim Auftreffen auf das Dach weniger verunreinigt, durch Filtrations- und Sorptionsprozesse können Schmutzpartikel, die das Regenwasser aus der Luft aufgenommen hat, gefiltert und teilweise abgebaut werden⁵⁸.

Diese Effekte begünstigen die Reinigungsleistung einer dem Gründach nachgeschalteten Regenwassernutzungs- oder Versickerungsanlage.

3.3.1.2 Retentionszisternen

Retentionszisternen unterscheiden sich im Aufbau nur unwesentlich von den Speichern zur Regenwassernutzung.

Mit dem Ziel, die Abflüsse des Regenwassers zurückzuhalten und in gedrosselter Form abzugeben, sind Zisternen erhältlich, die bei Erreichen eines bestimmten Füllstandes das Wasser über Abflussschneidern gleichmäßig in das Kanalnetz einleiten. Diese Möglichkeit berücksichtigt die in der Regenwassernutzung angewandten Reinigungsstufen und ist als dezentrale Form der bekannten Regenwasserrückhaltebecken als Entlastungsbauwerk zu betrachten.

In kombinierter Bauweise kann ein Teil des gespeicherten Wassers für die Regenwassernutzung eingesetzt werden, während bei Erreichen eines bestimmten Wasserstandes das Regenwasser kontrolliert abfließen kann.

3.3.1.3 Andere

Meist für stärker verunreinigtes Wasser kommen Retentionsfiltermulden oder –becken zum Einsatz. Das Wasser passiert hierbei belebte Bodenzonen, wodurch eine gute biologische Reinigungswirkung erzielt wird.

Die Sohle der Mulde oder des Beckens ist abgedichtet, so dass sich das Wasser in den auf dem Grund angeordneten Drainrohren sammeln kann, von wo es abfließt.

Es gelangt somit in einen Kontrollschacht, der das Wasser über Drosseln abgeben kann.

Diese Bauweisen finden vorwiegend bei größeren Einzugsgebieten oder stärkeren Verunreinigungen Anwendung. Gegenüber reinen Regenrückhaltebecken haben sie den Vorteil, dass eine Vorreinigung durch das Versickern stattfindet.

⁵⁸ Dürr, A. 1994, S. 36

3.3.2 Rechtliche Vorgaben

Das Baugesetzbuch (§9 u. a.) sowie das Bundesnaturschutzgesetz (§8 ff) bilden die rechtliche Grundlage, um Ausgleichsmaßnahmen in Form von Dachbegrünungen in den kommunalen Satzungen vorzuschreiben.

Diese Festsetzungen können als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme, als Kompensation erhöhter baulicher Nutzung oder aus gestalterischen Gründen in Bebauungsplänen verankert sein (Dachbegrünung, Ein ökologischer Ausgleich, Albrecht Dürr, Bauverlag, Wiesbaden und Berlin, 1994). Dies jedoch tangiert im wesentlichen den Bereich von Neubaugebieten oder Festlegungen für Neubauten in Bestandsgebieten. Anders verhält es sich in der vorliegenden Situation, in der Dachbegrünungen als Umbaumaßnahme geplant werden.

In diesem Fall obliegt es der Entscheidungsgewalt des Eigentümers selbst, ein Dach zu begrünen, es sei denn, es erfüllt, gerade im Innenstadtbereich, öffentliche oder städtebauliche Funktionen, die dies verhindern könnten.

3.3.3 Rahmenbedingungen

Für den Einsatz in dem Innenhof des Projektgebietes werden Filtermulden bzw. –becken nicht weiter berücksichtigt. Ihre reine Form der Rückhaltung und gedrosselter Abgabe kann unter Beachtung von Kombinationsmöglichkeiten zu besseren Ergebnissen führen. Als besser werden hierbei Einflüsse der Regenwasserbewirtschaftung auf die Wasserbilanzen und ökologischen Problembereiche erachtet.

Retentionsmaßnahmen haben zum Ziel, die in das öffentliche Kanalnetz einzuleitenden Abflussmengen gedrosselt oder verzögert abzugeben, daher ist keine Reinigung des Regenwassers erforderlich. Weder der Boden- noch der Grundwasserschutz werden von diesen Maßnahmen tangiert, so dass in erster Linie die Funktionstauglichkeit der Anlage und eine ausreichende Dimensionierung selbst zu beachten ist.

3.3.4 Retentionszisternen

Regenspeicher zur zeitlich verzögerten Ableitung werden für das Projektgebiet nur in Verbindung mit einer Regenwassernutzung betrachtet.

Aus bautechnischen Gesichtspunkten würde der Einsatz von Retentionszisternen keinen wesentlichen Einschränkungen unterliegen. Der Einbau der Behälter sowie das Herstellen der Zuleitungen zu der Zisterne ähneln in ihrer Art der Planung den Regenwassernutzungsanlagen. Insofern kann von einer ausreichenden Platzverfügbarkeit im Innenhof für den Bau von Retentionszisternen ausgegangen werden.

Auf die Hindernisse, die sich durch beengte Zuwegungen ergeben, wurde bereits im Kapitel 3.1.7.5.1 Regenwassernutzung hingewiesen.

3.3.5 Dachbegrünung

Dachbegrünungen als Teil der Regenwasserbewirtschaftung können mit anderen Maßnahmen wie Nutzungs- oder Versickerungsanlagen kombiniert werden.

Der Nutzen und der zu erwartende Aufwand für eine Dachbegrünung werden im folgenden Kapitel erörtert, eine grobe Abschätzung im Vorwege kann die Aussage treffen, dass der Rückhalt von Regenwasser auf Gründächern durch die Einschränkungen der örtlichen Gegebenheiten hinsichtlich statischer Erfordernisse einen Wert annehmen wird, der einen großen Anteil des Regenwassers weiterhin verzögert abfließen lässt. Dies wird neben der gewählten Begrünungsart im wesentlichen von der Schichtdicke abhängen, die in der anzusetzenden Maximallast ihre Grenzen findet. In baukonstruktiver Hinsicht hängt der Einsatz von Dachbegrünungen in erster Linie von den statischen Erfordernissen ab. Der Aufbau des Gründaches mit einer wassergesättigten Substratschicht ist als ständige Last anzusehen, die in die statische Berechnung eingeht.

Bei geneigten Dächern sind mit zunehmender Neigung geeignete Konstruktionen zu wählen, die ein Abrutschen des Schichtaufbaus verhindern. Von einer Begrünung von Dächern mit einer Neigung $> 45^\circ$ ist aufgrund bautechnischer Hindernisse abzu-
sehen⁵⁹.

Entscheidend für den Wirkungsgrad eines Gründaches sind neben anderen Faktoren im wesentlichen die örtlichen Klimaverhältnisse, die Niederschlagsverteilung, die Windexposition sowie letztendlich die Art der Begrünung.

3.3.5.1 Methodik der Untersuchung

Nach einer Aufschlüsselung der Dachflächen in repräsentative Bereiche wird an dem Beispiel der Dachflächen eines Gebäudes untersucht, inwieweit eine nachträgliche Begrünung des Daches zu realisieren ist.

Hierfür werden zunächst relevante Daten der Dächer aufgenommen, um eine Einordnung, die Dachneigung, Lage der Dachfläche und Art der Konstruktion einbeziehen, zu ermöglichen.

So kann unter Berücksichtigung finanzieller und konstruktionstechnischer Belange ein geeignetes Verfahren zur Dachbegrünung gewählt werden. Auf dieser Grundlage kann ein modellhafter Entwurf eines Gründaches mit den finanziellen Aufwendungen und den Einflüssen auf die Wasserbilanz als Ergebnis erfolgen.

⁵⁹ Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. - FLL (Hrsg.) 2002, S. 18

3.3.5.2 Berechnungsgrundlagen**Dachkonstruktionen**

Adresse		Dacheindeckung	Dachart	Dachneigung Strasse	Dachneigung Mitte	Dachneigung Innenhof
Feldstrasse	37a	Betondachstein	Steildach	60	5	45 ¹
	39	Bitumen	Flachdach	-	5	- ¹
	40	Bitumen	Flachdach	-	5	- ¹
	42	Bitumen	Flachdach	5	-	5 ¹
	44	Betondachstein	Steildach	40	-	40 ²
	45	Betondachstein	Steildach	40	-	40 ²
	46	Betondachstein	Steildach	40	-	32 ²
	47	Betondachstein	Steildach	38	-	38 ²
	47	Betondachstein	Steildach	44	-	80 ²
Glashüttenstrasse	1	Betondachstein	Steildach	36	2	34 ²
	2	Betondachstein	Steildach	37	-	37 ²
	3	Betondachstein	Steildach	35	-	45 ¹
	3			35	-	35 ¹
Mathildenstrasse	2	Bitumen	Steildach	45	5	45 ²
	4	Bitumen	Steildach	15	-	15 ²
	6	Tonziegel	Steildach	40	-	40 ¹
	8-12	Betondachstein	Steildach	40	-	40 ¹
	14	Kupfer	Tonnendach Stichmaß ca. 0,5 m	-	-	- ¹

Tabelle 3.3-1: Dachkonstruktionen und –neigungen¹Dachneigung geschätzt²Dachneigung Planunterlagen entnommen

Der Tabelle 3.3-1 ist zu entnehmen, dass der Großteil der vorhandenen Dächer als Harddächer eingedeckt sind, die eine Neigung zwischen 35-45° aufweisen.

Die hier vorhandenen Dachneigungen stoßen an die Grenzen der bautechnischen Verträglichkeit, so dass ein repräsentativ gewähltes Dach Sonderlösungen für den Entwurf der Dachbegrünung erfordert.

3.3.5.3 Projektbezogene Problembereiche der Dachbegrünung

Das nachträgliche Aufbringen einer Dachbegrünung auf einem ursprünglich nicht dafür ausgelegten Schrägdach ist mit baukonstruktiven Komplikationen verbunden. Als Richtwert der Dachneigung wird üblicherweise angenommen, ab 20° neben vegetationstechnischen auch konstruktionstechnische Maßnahmen zum Einbau einer Dachbegrünung zu ergreifen.

Die Neigung des Daches spielt bei der Betrachtung der Retentionsleistung eher eine untergeordnete Rolle, die Unterschiede der Abflusswerte sind Untersuchungen zufolge bei zunehmender Neigung gering⁶⁰.

Unter diesen Gesichtspunkten stehen Dachbegrünungen auf Schrägdächern den Flachdächern hinsichtlich wassertechnischer und ökologischer Leistungsfähigkeit in nichts nach und haben daher durchaus eine Berechtigung, eingesetzt zu werden.

Daneben gilt es jedoch auch, die Funktionsfähigkeit zu gewährleisten und Bauschäden auszuschließen. Mit dieser Maßgabe gehen Probleme einher, die z.B. bei der Anwendung von Gründachpfannen auf Dachneigungen von 40° unter Umständen erst spät erkannt werden und schwer zu lösen sind, zudem sind diese Systemlösungen in dem Neigungsbereich zwischen 35-45° mit hohen Herstellungskosten verbunden.

Das Bauen im Bestand erfordert zudem zusätzliche statische Konstruktionen, da die im Projektgebiet auftretenden Hartdächer für diese Belastungen nicht ausgelegt sind.

3.3.5.4 Schlußfolgerung

Es wird auf eine weitere Betrachtung und Auslegung einer repräsentativen Dachfläche als Gründach verzichtet.

Die theoretische Machbarkeit einer Dachbegrünungsmaßnahme im vorliegenden Projektgebiet steht in einem ungünstigen Verhältnis zu dem dafür erforderlichen Aufwand, so dass die Dachbegrünung als Retentionsmaßnahme hier nicht zur Verfügung steht.

⁶⁰ <http://www.optigruen.de>, recherchiert am 16.07.03;
<http://www.stmlf.bayern.de/alle/cgi-bin/go.pl?region=home&page=http://www.stmlf.bayern.de/LWG/lan despfege/info/gruend/gruend.html>, recherchiert am 16.07.03

3.4 Kombinationen einzelner Bausteine der RW- bewirtschaftung

Bisher wurden Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen behandelt, die der alleinigen Nutzung, Versickerung oder Retention dienen.

Das Kombinieren dieser Einzelmaßnahmen kann, in Abhängigkeit der örtlichen Rahmenbedingungen, zu einer höheren Effizienz der Behandlung führen und ein Entwässerungskonzept mit den entsprechenden Zielvorgaben vervollständigen.

Verschiedene Gründe können hierbei den Anlass bieten, auf Verbundlösungen zurückzugreifen, deren Variationen vielseitig sein können.

Die Retention von Regenwasser wird vielerorts mit einer Versickerungsanlage verknüpft, um kleinere Dimensionen für den Versickerungsraum zu erhalten. Im Falle eines schlechten Versickerungsvermögens kann zurückgehaltenes Regenwasser auf diesem Wege gedrosselt an die Versickerungsanlagen abgegeben werden, um einer zu raschen Überlastung entgegenzuwirken.

Wird als Retentionsmaßnahme eine Dachbegrünung verwandt, verringern sich die der Versickerungsanlage zufließenden Wassermengen erheblich, so dass auch hier weniger Platz zur Verfügung gestellt werden muss.

Denkbar wäre ebenfalls eine der Dachbegrünung nachgeschaltete Regenwassernutzung, eine Kombination, bei der das Regenwasser durch das Filtern in der Vegetations- und Substratschicht des Dachaufbaus bereits vorgereinigt wird.

Anwendbar wird dieses Verfahren, wenn im Verhältnis zum Regenertrag wenig Betriebswasser bereitgestellt werden muss. Ohne weitere Behandlung erhält das Regenwasser meist eine bräunliche Einfärbung, die Wasserqualität wird nach den bisherigen Erfahrungen jedoch nicht dadurch beeinträchtigt⁶¹.

Im Projektgebiet besitzt der Boden ein ausreichendes Versickerungsvermögen, mit dem eine Versickerungsanlage die anfallenden Wassermengen bewältigen kann.

Das Vorschalten einer Retention wäre daher hier nur dann notwendig, wenn die Kapazitäten zur Aufnahme des Regenwassers unzureichend wären.

Die Dachbegrünung als Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme wurde aufgrund der örtlichen Gegebenheiten bereits ausgeschlossen, so dass eine Verbundlösung dieser Art nicht zur Frage steht.

Eine gute Kompromisslösung stellt die Kombination einer Nutzungs- und Versickerungsanlage dar, die nicht nur den Kanalanschluss des Übergangs in die Zisterne einspart, sondern sich neben der Substitution von Trinkwasser auch die Vorteile einer Versickerungsanlage zunutze macht.

Auf diese Weise kann zum einen auf die Zielvorgaben eingegangen werden, das Kanalnetz zu entlasten bzw. Regenwasser dem natürlichen Kreislauf zuzuführen, zum anderen führt die Trinkwassersubstitution zu einer weiteren Entlastung und gleichzeitig zu einer verringerten Entnahme von Trinkwasser aus den Grundwasserleitern.

Das Ziel des Planers und Anbieters dieser Maßnahmen muss es sein, die Akzeptanz der Bauherrenschaft zu fördern, was die Amortisationsraten des Bauobjektes gleichermaßen betrifft wie die ökologische Denkweise, einen Beitrag zu der Entschärfung der Gesamtproblematik beizutragen.

⁶¹ König, K. 2000, S. 37

Diese Verbundlösung kann auf die Bedürfnisse der Betreiber und Nutzer zugeschnitten werden, der Hauptbestandteil kann je nach Verwendungsumfang und individueller Zielsetzung entweder die Nutzung oder die Versickerung sein, während in Anbetracht der Größe des Projektgebietes auch beide gleichberechtigt wirken können.

3.4.1 Untersuchungsmethodik

Angaben der ATV-DVWK-A 138 sowie der DIN 1989-1 April 2002 ist zu entnehmen, dass Regenwasserzisternen die Bemessung einer nachgeschalteten Versickerungsanlage nicht beeinflussen. Ein Retentionsvolumen der Zisterne kann nur in dem Fall zum Ansatz kommen, in dem ein zwangsentleertes Teilvolumen vorgesehen ist⁶². Dies setzt jedoch meist den Einsatz von weitaus größeren Zisternen voraus, was hier nicht weiter behandelt wird.

In naher Zukunft wird die Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr) ein Hinweisblatt mit Bemessungshinweisen für eine kombinierte Bemessung von Nutzungs- und Versickerungsanlagen veröffentlichen, die derzeit noch in Bearbeitung ist (Stand Juli 2003).

Das Ergebnis könnte sein, dass das Zisternenvolumen letztendlich die Dimensionen einer nachgeschalteten Versickerungsanlage beeinflusst. Da bisher jedoch keine genaueren Kenntnisse darüber vorliegen, werden beide Systeme für dieselben Regenreihen bemessen.

Die Entwicklung der Konzepte zur Regenwassernutzungsanlage und Versickerungsanlage wurden in den jeweiligen Kapiteln bereits ausführlich behandelt, so dass die Entscheidungsfindung für den Standort des Systems, Anzahl der angeschlossenen Verbraucher usw. direkt übernommen werden kann.

Somit wird im Vorwege die Annahme getroffen, dass das auf den gewählten Dachflächen anfallende Regenwasser zunächst maximal zur Trinkwassersubstitution genutzt wird, entsprechend der Auslegung der Regenwassernutzungsanlagen.

Infolgedessen werden sämtliche Überlaufmengen einer Versickerungsanlage zugeführt.

Im weiteren Verlauf der Konzeptionierung werden Ergebnisse der Regenwassernutzungsanlagen- Modelle herangezogen, die mit den Ergebnissen der Versickerungsanlagen gekoppelt werden.

Die Entscheidung über die Art des einzusetzenden Versickerungssystems hängt in diesen Fällen maßgeblich von der Einbauhöhe des Überlaufes ab.

Die Anwendung einer Muldenversickerung setzt ein Gefälle vom Überlauf zum Muldeneinlauf voraus, das im Falle der Höhenlagen im Innenhof nur bedingt gegeben ist. Alternativ kann eine Kunststoff- Rigole eingesetzt werden, die einen unterirdischen Abfluss aus der Zisterne erlaubt.

Hinsichtlich qualitativer Aspekte sind aufgrund der Reinigungsleistung von Regenwassernutzungsanlagen die Mulden- den Rigolenversickerungen gleichzusetzen⁶³.

⁶² ATV-DVWK-A 138 Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser 2002, 3.4.3 Planungshinweise

⁶³ DIN 1989-1, Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung 2002, S. 20

In Anbetracht der Größe des Innenhofes und der anschließbaren Dachflächen stehen zahlreiche Variationsmöglichkeiten zur Verfügung, so dass beispielsweise das Regenwasser der einen Blockhälfte versickert, während in der anderen Blockhälfte eine Nutzung stattfinden könnte.

Die Kosten der Modellrechnungen der Einzelmaßnahmen können sinnvoll miteinander kombiniert werden und somit als Entscheidungshilfe dienen.

3.4.2 Modell 5

Das Modell 5 vereint die Modelle 1.2.1 und 4.2. Es kommen als Dachfläche 870 m² für die Regenwassernutzung zum Ansatz, was den zum Innenhof geneigten Flächen der rechten Blockhälfte entspricht.

Während die Komponentenwahl der Regenwassernutzungsanlage bestehen bleibt, wird zur Versickerung aufgrund des Gefälles eine reine Rigole angeordnet, deren Länge 22 m beträgt.

Das Regenwasser des linken Blockbereiches wird weiterhin, wie in Modell 4 beschrieben, über eine Mulde versickert.

Zur besseren Übersicht werden die Maßnahmen in der rechten Blockhälfte im folgenden als Modell 5.1, die Maßnahmen der linken Hälfte als Modell 5.2 bezeichnet.

3.4.2.1 Darstellung des Systems

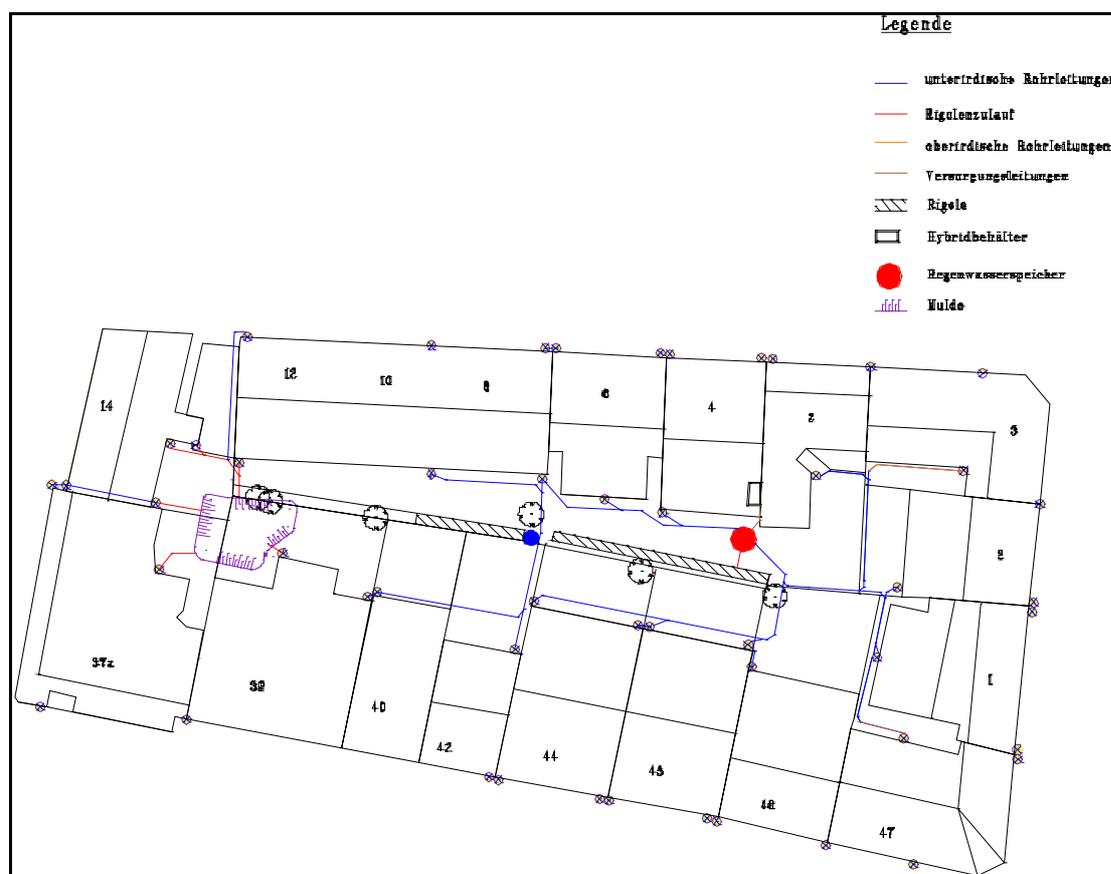


Abbildung 3.4-1: Systemdarstellung Modell 5

(siehe auch Anhang VII: Planunterlagen)

3.4.3 Ergebnisbetrachtung3.4.3.1 Mengenübersicht

Titel		Modell 5.1		Modell 5.2	Gesamt- mengen
		RWNA	Rigole		
Regenwasserspeicher 6500 l	Stck	0			0
Regenwasserspeicher 6000 l	Stck	1			1
Regenwasserspeicher 5000 l	Stck	2			2
Filterschacht	Stck	1			1
Hybrideinheit	Stck	1			1
Doppelpumpenstand	Stck	1			1
Tauchpumpe	Stck	1			1
					0
Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung	Stck	11		5	16
Standrohr verschliessen	Stck	12		13	25
Anschluss Regenfallrohr- Muldenzuleitung				6	6
					0
Rohrgraben	lfdm	122		43	165
Pflasterbelag Strassenseite	m ²	0		0	0
Pflasterbelag Innenhofseite	m ²	20		0	20
Rohrleitungen DN 100 Strassenseite	lfdm	0		0	0
Rohrleitungen DN 100 Innenhofseite	lfdm	68		43	111
Rohrleitungen DN 150 Innenhofseite	lfdm	54		0	54
Abzweigen DN 100	Stck	8		2	10
Abzweigen DN 150	Stck	2		0	2
Bogen DN 100	Stck	8		3	11
Bogen DN 150	Stck	4		0	4
Anschluss Rohr- Sammelschacht				1	1
					0
SML- Rohrleitungen DN 150	lfdm	0		10	10
Wandabdichtungen	Stck	0		2	2
Kernbohrungen bis 24 cm	Stck	0		2	2
Kernbohrungen bis 48 cm	Stck	0		2	2
					0
Pflasterrinne				25	25
					0
Rigolenlänge b/h= 1,00/1,00			24	11	35
Aushubvolumen			37	16	53
Rigolenelemente			42	21	63
					0
Mulde t = 30 cm	60			60	60

Tabelle 3.4-1: Modell 5 Mengenübersicht

3.4.3.2 Wasserbilanz

		Ist- Zu- stand	Modell 5.1	Modell 5.2	Modell 5	Natur- zustand
Versickerung	%	0,0	7,3	40,9	48,2	35
Evapotranspiration	%	4,2	0,0	5,1	5,1	65
Retention	%	0	20,8	0,0	20,8	0
Abfluss	%	95,8	22,6	3,2	25,8	0
Niederschlagsmittelwert pro Jahr						
	m ³ /a	2100				
Versickerung	m ³ /a	0	154	859		735
Evapotranspiration	m ³ /a	45	0	107		1365
Retention	m ³ /a	0	437	0		0
Abfluss	m ³ /a	1021	475	67		0

Tabelle 3.4-2: Modell 5 Wasserbilanz

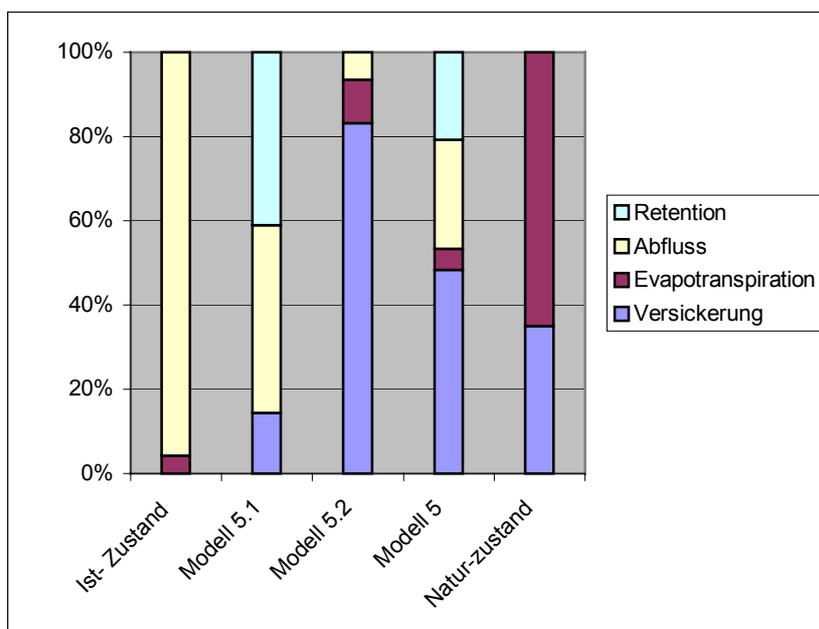


Abbildung 3.4-2: Modell 5 Wasserbilanz

Den Werten des Modells 5 wurde der Ist- sowie der Naturzustand gegenübergestellt, wie er nach grober Abschätzung der Anteile auftreten würde.

Die Werte des Modells 5.1 beziehen sich auf die Gesamtfläche, die von dem rechten Teil des Blockes eingenommen wird, die Werte des Modells 5.2 analog dazu auf die linke Hälfte.

Bei einer potentiellen Übertragung der einzelnen Teilmodelle auf die jeweils andere Blockhälfte würden die Anteile somit tendenziell im gleichen Verhältnis zueinander stehen. D.h., für einen Entwurf einer Regenwassernutzungsanlage mit anschließender Versickerung im rechten Teil, und separat dazu im linken Teil, wäre die Bilanzierung direkt dem hier dargestellten Modell 5.1 zu entnehmen.

3.4.3.3 Bewertung des ökologischen Ausgleichspotentials

Zu erkennen ist, dass eine kombinierte Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme, wie hier vorgestellt, einen erheblichen Beitrag dazu leistet, die Abflüsse zu reduzieren. Gegenüber dem Ist- Zustand wird nur noch ein Viertel des Regenwassers in das Kanalnetz eingeleitet.

Wie aus den prozentualen Anteilen der Modelle 5.1 und 5.2 ersichtlich wird, ergänzen sich die jeweiligen Hauptbestandteile der Nutzungs- (Retention) und Versickerungsanlage (Versickerung). Werden sie vereint (Modell 5), ergibt sich eine Aufteilung, die, abgesehen von der Evapotranspiration, alle Anteile enthält und dem natürlichen Wasserhaushalt hinsichtlich der Versickerung mit 48,2 % nahe kommt.

3.4.3.4 Kostenschätzung und Amortisation

Für den rechten Bereich des Blockes, in dem sich die Regenwassernutzungsanlage mit nachgeschalteter Versickerungsanlage befindet, wird eine Amortisationsrechnung aufgestellt. Das Investitionsvolumen setzt sich dabei zusammen aus der Regenwassernutzungsanlage des Modells 1.2.1 und der darauffolgenden Rigole.

Die Versickerung des linken Blockanteils funktioniert vollkommen unabhängig von der anderen Blockhälfte, so dass eine Betrachtung des Gesamtbereiches entfällt.

Das Modell 5.1 fasst die Untersuchungen Modell 4 Mulde und Modell 4 Rigole zusammen, die Bilanzierung und Kostenschätzung erfolgte bereits im Kapitel 3.2.7.10.

An dieser Stelle erfolgt die Amortisationsrechnung für den Bereich der Nutzung/ Versickerung:

		Modell 5.1	
Ergebnisse der Beispiel-LVs	€	33.196 €	
Geschätzter Kostenrahmen	€	von	bis
		30.000,00 €	42.000,00 €
Auffangflächen	m ²	838	
Kosten pro m ² Dachfläche	€/m ²	35,80 €	50,12 €
Menge der Trinkwassersubstitution	m ³ /a	437	
Wasserpreis	€	4,05 €	
Einsparung im ersten Jahr	€	1.769,85 €	
Betriebskosten	€	150 €	
break-even-point	a	16	22
jährliche Preisanhebung	%	1%	
Erzielte Einsparung	€	30.090 €	43.918 €

Tabelle 3.4-3: Modell 5.1 Kostenschätzung und Amortisation

Gegenüber einer Regenwassernutzungsanlage mit einem Anschluss des Überlaufs an den öffentlichen Kanal erhöht sich das Investitionsvolumen um ca. 8000-10000 €. Dies zieht eine Verlängerung der Amortisationszeit von ca. 4 Jahren nach sich. In Abhängigkeit zu wählender Anlagenkomponenten kann sich dieses kombinierte System durchaus nach 16-18 Jahren amortisieren.

Die Tatsache, dass seitens der Abwasserentsorger eine Möglichkeit zur Regenwasserableitung (in den Mischwasserkanal) besteht, ist ausschlaggebend für die Gebührenerhebung. In diesem Fall muss das Regenwasser vollständig versickert werden, um den Niederschlagswasserbeseitigungsanteil einzusparen.

Ist an Gebäuden lediglich ein Schmutzwassersiel vorhanden, so dass keine Regenwasserableitungsmöglichkeit besteht, sieht die Hamburger Stadtentwässerung (HSE) in jedem Fall einen verminderten Gebührensatz vor. Dabei ist unerheblich, ob das Regenwasser versickert oder genutzt wird.

Sind diese Grundvoraussetzungen gegeben, werden Gebühren für Trinkwasser eingepart und zusätzlich eine verminderte Abwassergebühr erhoben.

3.4.4 Gesamtbetrachtung

Das Kombinieren von Regenwassernutzung und Versickerung bewegt sich in einem Kostenrahmen, der durchaus angemessen ist.

Sollen die Vorteile beider Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen vereint werden, relativieren sich im Falle einer hintereinandergeschalteten Anlage die Investitionskosten, da die gesamte Leitungsführung nur einmal aufgebracht werden muss.

Diese Variante besitzt ein ausgeprägtes ökologisches Ausgleichspotential.

Neben der allgemeinen Trinkwassereinsparung und einer daraus resultierenden Entlastung für das Kanalnetz wird durch den Anschluss an eine Versickerungsanlage auch im Falle eines Ausnahme- Regenereignisses der Gefahr einer Überlastung des Kanalnetzes begegnet.

Wie an diesem Beispiel aufgezeigt, kann hinsichtlich der Versickerung eine Annäherung an den natürlichen Wasserhaushalt erfolgen, während der Anteil der Evapotranspiration davon unberührt bleibt.

Die Entwicklung eines Regenwasserkonzepts bietet unter Einbeziehung von Verbundlösungen weitere Vorteile, durch die verschiedene Ziele wie die Trinkwassereinsparung und eine Annäherung an den natürlichen Wasserkreislauf erreicht werden können.

C Gesamtzusammenfassung

Die Untersuchungen in der Blockrandbebauung als Projektgebiet wurden gegliedert in einzelne Bausteine der Regenwasserbewirtschaftung. Als Maßnahmen zur Regenwasserbehandlung und –nutzung sind hierbei Regenwassernutzungs-, Versickerungs- und Retentionsanlagen zu verstehen, die alle einen Beitrag zu der Lösung der vorhandenen Problembereiche leisten können.

Die Betrachtung der einzelnen Bausteine erfolgte mit Hilfe von Modellen, die sich in erster Linie durch die Einbindung unterschiedlicher Gebäude unterschieden.

Relevant für eine Dimensionierung von Regenwassernutzungs- und Versickerungsanlagen sind die Größen der Ablaufflächen, die in den Modellen variierten.

Um eine Bandbreite zu erhalten, die auf der einen Seite einen möglichst kleinen Dachflächenbereich umfasst, auf der anderen Seite einen möglichst großen, wurde eine Unterteilung vorgenommen, die von der Einbindung eines Viertels des Gesamtdachflächenbestandes ausgeht, bis hin zur Integration aller Dachflächen. Damit wurde die Möglichkeit gegeben, ökologische und ökonomische Auswirkungen der Einzelkonzepte gegenüberzustellen.

In den Untersuchungen zur Auslegung von Regenwassernutzungsanlagen kamen diese Modelle zur Anwendung. Da neben dem Regenwasserertrag der Betriebswasserbedarf, der sich aus den Verbrauchsstellen Toilette und Waschmaschine ergibt, eine maßgebliche Größe darstellt, wurden die einzelnen Modelle jeweils für den reell vorhandenen und für einen fiktiven optimierten Bedarf ausgelegt.

Der optimierte Betriebswasserbedarf berücksichtigt hierbei eine gedachte Installation von urinseparierenden Toiletten, die den Wasserverbrauch deutlich reduzieren und so die Ergebnisse gegenüber dem vorhandenen Bedarf stark verändern. Es ergaben sich somit acht Modelle, die für Regenwassernutzungssysteme ausgelegt wurden.

Die Aufrechnung der Investitionsvolumina erfolgt durch jährliche Einsparungen an Frisch- und Abwassergebühren in der Höhe des durch Regenwasser substituierten Trinkwassers.

Die Resultate ergeben Amortisationszeiten, die zwischen 12 und 20 Jahren schwanken und damit eine Investition darstellen, die auch noch lange über diese Zeit hinaus eine funktionsfähige Anlage garantiert und finanzielle Ersparnis nach sich zieht.

Bemerkenswert ist dabei, dass sich die Zeiten bis zum „break-even“ nur um wenige Jahre unterscheiden, unabhängig von dem Umfang einbezogener Verbrauchsstellen und Ablaufflächen. Dies ist mit dem Zuwachs der jährlichen Einsparung beim Heranziehen von weiteren Verbrauchern zu begründen, während die Gesamtkosten nicht proportional ansteigen.

Die Modellentwicklung der Versickerungsanlagen verläuft, analog zu den Regenwassernutzungsanlagen, mit dem Ansatz verschiedener Dachflächengrößen und Regenerrträge, wodurch der Platzbedarf im Innenhof variiert.

Es wird deutlich, dass die Inanspruchnahme aller Dachflächen zur dezentralen Versickerung zu einer gegenüber natürlichen Gegebenheiten viel zu hoch angesetzten Versickerungsrate führt.

Einer Annäherung an den Wasserhaushalt, der sich ergeben würde, wenn die Flächen vollständig entsiegelt wären, genügt es, ungefähr die Hälfte des versiegelten Flächenbestandes einer Versickerungsanlage zuzuführen.

Auf diese Weise ergibt sich ein naturnahes Versickerungspotential, während eine Erhöhung der Evapotranspiration nur unmerklich herbeigeführt werden kann.

Für eine vollständige Abkopplung vom Kanalnetz ist in Hamburg eine verminderte Abwassergebühr vorgesehen, in dem der pauschale Anteil der Niederschlagswasserbeseitigung in Höhe von derzeit 0,42 €/m³ entfällt. In diesem Fall kann nach den Modellergebnissen eine kurzfristige Amortisation erfolgen, die, nach Berechnung der Abwasserentgelte nach dem Frischwassermaßstab, in erster Linie von der Menge bezogenen Trinkwassers abhängt.

Semizentrale Lösungen der einzelnen Grundstücke führen in Hamburg zu keiner Gebühreneinsparung, so dass Sonderregelungen wünschenswert wären, die bei einer semizentralen Behandlung des gesamten Blocks als Einheit dennoch einen finanziellen Anreiz zur Herstellung von Versickerungsanlagen bieten.

Während Nutzungs- und Versickerungsanlagen gleichzeitig über ein Potential zum Rückhalt verfügen, wurden auch Maßnahmen betrachtet, die neben anderen Effekten primär der Retention dienen.

Eine Dachbegrünung wirkt sich erheblich auf die Abflussverhältnisse aus und schafft, durch hohe Verdunstungsanteile, ein naturnahes Kleinklima. Jedoch ist die Herstellung von Gründächern bei vorliegenden Steildächern mit einer mittleren Neigung von ca. 40° mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden, so dass von einer Auslegung Abstand genommen wurde.

Ein weiteres Modell vereint eine Regenwassernutzungs- und eine Versickerungsanlage mit dem Vorteil, dass sich ökologische Auswirkungen ergänzen und ein öffentlicher Anschluss entfällt. Die Kosten stiegen gegenüber einer reinen Nutzung hierbei unwesentlich und können nach wenigen weiteren Jahren der Wassereinsparung aufgefangen werden.

Die Untersuchungen kommen zu dem Schluss, dass Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen in dem vorliegenden Projektgebiet unter Berücksichtigung bautechnischer und hydrogeologischer Gegebenheiten in weitem Umfang durchführbar sind. Besonders die Kombination von Regenwassernutzung und –versickerung bietet eine Steuerungsmöglichkeit, die allein durch das Variieren der Zisternengrößen die Potentiale der Versickerung und der Nutzung beeinflussen kann.

Die positiven Eigenschaften der beiden Systeme werden vereint und führen dazu, sich den Zielvorgaben, zu einer Entlastung von Kanalnetzen beizutragen, ein natürliches Versickerungspotential herzustellen und Grundwasserressourcen zu schonen, anzunähern.

Die dezentrale Regenwasserbewirtschaftung muss als zukunftsfähiges Instrumentarium angesehen werden, das der Aufarbeitung abwasser- und umwelttechnischer Problembereiche dient. Gerade Stadtkerne und Ballungsräume sind durch eine hohe Versiegelung und einen damit einhergehenden gestörten Wasserhaushalt geprägt und bedürfen daher einer Regenwasserbewirtschaftung, die das Abflussgeschehen reguliert und natürliche Räume schafft.

Im großstädtischen Wohnungsbau muss die Akzeptanz der Eigentümer und Bewohner gefördert und auf Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung hingewiesen werden. Vorbehalte gegenüber Maßnahmen müssen ebenso erörtert werden wie die Zuverlässigkeit, die Lebensdauer, die Finanzierbarkeit und natürlich auch die Gefährdungspotentiale.

Die Hürde, die zu bewältigen ist, um innerhalb einer Blockrandbebauung mit mehreren Hauseigentümern ein gemeinschaftliches Regenwasserkonzept zu realisieren, besteht aus den rechtlichen Rahmenbedingungen, unter denen eine gemeinsame Lösung verschiedener Parteien ablaufen kann.

Die technischen Voraussetzungen zur Umsetzung von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen sind gegeben und können mit dem Ziel des ökologischen Ausgleichs und der Gefahrenentschärfung eingesetzt werden.

Literaturverzeichnis

Atelier Dreiseitl (Hrsg.)

Regenwasserhandbuch, Planungshinweise zur Regenwasserbewirtschaftung im Baugebiet Hamburg Ohlsdorf 12 - "Kleine Horst"; Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Bau und Verkehr, Amt für Wasserwirtschaft (Auftrag.), Überlingen 2001

Beneke, Gudrun; von Seggern, Hille; Kunst, Sabine

Abwasser als Bestandteil von Stadtlandschaft; Schriftenreihe des Fachbereichs Landschaftsarchitektur und Umweltentwicklung der Universität Hannover, Hannover 2001

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.)

Umweltpolitik, Wasserwirtschaft in Deutschland, Teil 1 -Grundlagen-; Bonn 2001

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.)

Der Wassersektor in Deutschland, -Methoden und Erfahrungen-; Berlin- Bonn- Witten 2001

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit/ Umweltbundesamt (Hrsg.)

Umweltpolitik, Aktionshandbuch Nachhaltige Wasserwirtschaft und lokale Agenda 21; Bonn 2001

Deutscher Wetterdienst DWD (Hrsg.)

Starkniederschlagshöhen für Deutschland, Kostra; Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main 1997

Dürr, Albrecht

Dachbegrünung, Ein ökologischer Ausgleich; Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 1994

Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (Hrsg.)

Marktübersicht Regenwassernutzung und Regenwasserversickerung, Ausgabe 2003/ 2004; Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. (fbr), Darmstadt 2002

Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. - FLL (Hrsg.)

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, Bonn 2002

Fraunhofer- Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (Hrsg.)

Auswahl und Bewertung von Techniken zum nachhaltigen Umgang mit Wasser in Neubaugebieten, Arbeitsstudie in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Karlsruhe 1999

Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (Hrsg.)

Probleme der Bodenversiegelung in Ballungsräumen, Schriftenreihe der Umweltbehörde: Naturschutz und Landschaftspflege in Hamburg 34/1990; Umweltbehörde Hamburg (Auftrag.), Hamburg 1988

Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde (Hrsg.)

Dezentrale naturnahe Regenwasserbewirtschaftung; Freie und Hansestadt Hamburg, Umweltbehörde, Hamburg 2000

Gaßner, Alfons

Der Sanitärinstallateur, Technologie; Handwerk und Technik GmbH Verlag, Hamburg 1996

Geiger, W.; Dreiseitl H.

Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und Versickerung von Regenwasser in Baugebieten; Emschergenossenschaft, Essen und Internationale Bauausstellung Emscher Park GmbH, Gelsenkirchen (Hrsg.), Oldenbourg-Verlag GmbH, München 1995

GEOAgentur Berlin Brandenburg (Hrsg.)

Infoforum Regenmanagement, Regenwasserbewirtschaftungssysteme in Berlin und Brandenburg November 2000; GEOAgentur Berlin Brandenburg, Berlin 2000

Gesellschaft zur Förderung des Lehrstuhls für Siedlungswasserwirtschaft und Umwelttechnik (LSU) an der Ruhr- Universität Bochum (Hrsg.)

Grenzen der Niederschlagsversickerung zur Verhinderung des Grundwasseranstiegs, in: Neue Konzepte und Technologien in der Abwasserentsorgung; Schriftenreihe Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Bochum 2002

Grotehusmann, D.

Versickerung von Niederschlagsabflüssen unter Berücksichtigung des Grundwasserschutzes; Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz 12/1995, SuG- Verlagsgesellschaft, Hannover 1995

Kofod, Max

Rückgang der Grundwasserförderung und Veränderung des Grundwasserspiegels in städtischen Regionen, in: GWF- Wasser/ Abwasser 5/2001; Oldenbourg Industrie-Verlag; Essen 2001

Kommunale Umweltaktion U.A.N. (Hrsg.)

Regenwassernutzung; Schriftenreihe Heft 14, Hannover 1993

Kommunale Umweltaktion U.A.N. (Hrsg.)

Regenwasserversickerung; Schriftenreihe Heft 16, Hannover 1996

König, Klaus W.

Regenwassernutzung, Ein Handbuch für Planer, Handwerker und Bauherren, Mallbeton GmbH (Hrsg.); Donaueschingen- Pfohren 2000

König, Klaus W.

Das Handbuch der Regenwassertechnik; Wilo-Brain (Hrsg.), Dortmund 2001

Mahabadi, Mehdi

Regenwasserversickerung, Planungsgrundsätze und Bauweisen; Thalacker Medien, Braunschweig 2001

Meurer, Rolf

Wasserbau und Wasserwirtschaft in Deutschland Vergangenheit und Gegenwart; Parey Buchverlag, Berlin 2000

Otterpohl, Ralf; Lange, Jörg

Abwasser, Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft; Mall-Beton-Verlag, Donaueschingen-Pföhren 1997

Schneider, Klaus- Jürgen

Bautabellen für Ingenieure, 13. Auflage; Werner Verlag, Düsseldorf 1998

Schütze, Thorsten

Studienarbeit am Fachbereich Architektur der Universität Hannover und Grundlagenermittlung für die geplante Dissertation zum Thema "Dezentrale Wasserinfrastruktursysteme im großstädtischen Wohnungsbau"; Hamburg 2002

Sieker, F. Prof. Dr. (Hrsg.)

Dezentrale Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Siedlungsgebieten – Umsetzung von Maßnahmen und Anlagen in die Praxis; Schriftenreihe für Stadtentwässerung und Gewässerschutz 14/1996, SuG- Verlagsgesellschaft, Hannover 1996

ATV- Merkblatt M 153

Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser; Entwurf Januar 1999

ATV-DVWK-A 138

Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, Januar 2002

DIN 1989-1

Regenwassernutzungsanlagen, Teil 1: Planung, Ausführung, Betrieb und Wartung; April 2002

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.2-1: Entwicklung der öffentlichen Abwasserbehandlung in % (bezogen auf die Einwohnerzahl)	4
Abbildung 1.3-1: Wasserhaushalt befestigter und unbefestigter Flächen	6
Abbildung 1.3-2: Form und Größe von Hochwasserwellen in verschiedenen stark versiegelten Gebieten	7
Abbildung 1.3-3: Trinkwasserverbrauch in Deutschland 1998	9
Abbildung 2.2-1: Lageplan Projektgebiet	12
Abbildung 2.2-2: Ansicht Feldstrasse	12
Abbildung 2.2-3: Schrägluftaufnahme	13
Abbildung 2.2-4: Luftaufnahme von oben	13
Abbildung 2.3-1: Versiegelungsanteile in Hamburg	14
Abbildung 2.3-2: Versiegelungsanteile im Karolinenviertel	15
Abbildung 2.3-3: Klärwerksübersicht Hamburg	16
Abbildung 2.3-4: Klärwerksübersicht Karolinenviertel	16
Abbildung 3.1-1: Funktionsprinzip Regenwassernutzungsanlage	20
Abbildung 3.1-2: Filter mit Schmutzabtrennung	20
Abbildung 3.1-3: Beruhigter Zulauf	21
Abbildung 3.1-4: Regenwasserüberlauf	22
Abbildung 3.1-5: Schnitt Regenwasserzisterne mit Pumpe	23
Abbildung 3.1-6: Regenwassermodul	24
Abbildung 3.1-7: Lageplan Innenhof	26
Abbildung 3.1-1: Modellaufteilung Regenwassernutzung	28
Abbildung 3.1-2: Lageplan Modell 1 RWNA des geteilten Systems	34
Abbildung 3.1-3: Modell 1.1 Regenwassernutzungsanlage aller Dachflächen	36
Abbildung 3.1-4: Modell 1.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	38
Abbildung 3.1-5: Modell 1.1 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen	39
Abbildung 3.1-6: Niederschlagsverteilung in Hamburg 1986	42
Abbildung 3.1-7: Niederschlagsverteilung in Hamburg 1984	42
Abbildung 3.1-8: Modell 1.1.1 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	44
Abbildung 3.1-9: Modell 1.1.2 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	47
Abbildung 3.1-10: Modell 1.2 Regenwassernutzungsanlage der inneren Dachflächen	48
Abbildung 3.1-11: Modell 1.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	50
Abbildung 3.1-12: Modell 1.2 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen	51

Abbildung 3.1-13: Modell 1.2.1 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	54
Abbildung 3.1-14: Modell 1.2.2 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	56
Abbildung 3.1-15: Lageplan Modell 2 RWNA des geteilten Systems	57
Abbildung 3.1-16: Modell 2.1 Regenwassernutzungsanlage aller Dachflächen	58
Abbildung 3.1-17: Modell 2.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	60
Abbildung 3.1-18: Modell 2.1 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen	61
Abbildung 3.1-19: Modell 2.1.1 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	64
Abbildung 3.1-20: Modell 2.1.2 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	67
Abbildung 3.1-21: Modell 2.2 Regenwassernutzungsanlage der inneren Dachflächen	68
Abbildung 3.1-22: Modell 2.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	70
Abbildung 3.1-23: Modell 2.2 Deckungsgrade in % selektierter Verbrauchsgrößen	71
Abbildung 3.1-24: Modell 2.2.1 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	74
Abbildung 3.1-25: Modell 2.2.2 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	77
Abbildung 3.1-26: Querschnitt der Zufahrt Mathildenstr. 2	82
Abbildung 3.1-27: Wasserbilanz Regenwassernutzung	84
Abbildung 3.2-1: Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von Lockergesteinen und entwässerungstechnisch relevanter Versickerungsbereich	90
Abbildung 3.2-2: Schematische Wasserbilanz für verschiedene Nutzungsstrukturen ohne Versickerungsmaßnahmen	91
Abbildung 3.2-3: Versickerungsmulde	94
Abbildung 3.2-4: Querschnitt eines Rigolenelementes	95
Abbildung 3.2-5: Mulden- Rigolensystem	95
Abbildung 3.2-6: Rohr-Rigolenelement	96
Abbildung 3.2-7: Versickerungsschacht Typ A	97
Abbildung 3.2-8: Versickerungsschacht Typ B	97
Abbildung 3.2-9: Modellverteilung Versickerung	100
Abbildung 3.2-10: Lage der Bohrproben	104
Abbildung 3.2-11: Grundwassergleichen der Jahre 1991/1992	105
Abbildung 3.2-12: Mindestabstand dezentraler Versickerungsanlagen von Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung	106
Abbildung 3.2-13: Lageplan Modell 3 Versickerungsanlage des getrennten Systems	107
Abbildung 3.2-14: Modell 3.1 Mulden- Rigole Systemdarstellung (unmaßstäblich)	115
Abbildung 3.2-15: Modell 3.1 Rigole Systemdarstellung (unmaßstäblich)	116
Abbildung 3.2-16: Modell 3.2 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	118
Abbildung 3.2-17: Lageplan Modell 4 Versickerungsanlage des Gesamtsystems	119

Abbildung 3.2-18: Modell 4 Verfügbarer Versickerungsraum	122
Abbildung 3.2-19: Modell 4 Systemdarstellung (unmaßstäblich)	127
Abbildung 3.2-20: Anschlussgrade der Versickerungsmodelle in %, bezogen auf die gesamten versiegelten Flächen	129
Abbildung 3.2-21: Wasserbilanz der Regenwasserversickerung	130
Abbildung 3.4-1: Systemdarstellung Modell 5	145
Abbildung 3.4-2: Modell 5 Wasserbilanz	147

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3.1-1: Beispiel Gebührenrechnung	18
Tabelle 3.1-1: Dachflächen	30
Tabelle 3.1-2: Wasserbedarf im Projektgebiet 2002	33
Tabelle 3.1-3: Modell 1.1 Dachflächengrößen	37
Tabelle 3.1-4: Modell 1.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	38
Tabelle 3.1-5: Modell 1.1 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen	40
Tabelle 3.1-6: Modell 1.1.1 Wahl der Verbrauchsstellen	40
Tabelle 3.1-7: Modell 1.1.2 Wahl der Verbrauchsstellen	45
Tabelle 3.1-8: Modell 1.2 Dachflächengrößen	49
Tabelle 3.1-9: Modell 1.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	50
Tabelle 3.1-10: Modell 1.2 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen	51
Tabelle 3.1-11: Modell 1.2.1 Wahl der Verbrauchsstellen	52
Tabelle 3.1-12: Modell 2.1 Dachflächengrößen	59
Tabelle 3.1-13: Modell 2.1 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	60
Tabelle 3.1-14: Modell 2.1 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen	61
Tabelle 3.1-15: Modell 2.1.1 Wahl der Verbrauchsstellen	62
Tabelle 3.1-16: Modell 2.1.2 Wahl der Verbrauchsstellen	65
Tabelle 3.1-17: Modell 2.2 Dachflächengrößen	69
Tabelle 3.1-18: Modell 2.2 Deckungsgrade in % in Abhängigkeit von jährlichem Verbrauch und Speichergröße	70
Tabelle 3.1-19: Modell 2.2 Speichergrößen selektierter Verbrauchsgrößen	71
Tabelle 3.1-20: Modell 2.2.1 Wahl der Verbrauchsstellen	72
Tabelle 3.1-21: Modell 2.2.2 Wahl der Verbrauchsstellen	75
Tabelle 3.1-22: Mengenübersicht Regenwassernutzung	83
Tabelle 3.1-23: Modell 1 Kostenschätzung und Amortisation	85
Tabelle 3.1-24: Modell 2 Kostenschätzung und Amortisation	86
Tabelle 3.2-1: Übersicht Versickerungssysteme 1	98
Tabelle 3.2-2: Übersicht Versickerungssysteme 2	99
Tabelle 3.2-3: Dachflächen	102
Tabelle 3.2-4: Freiflächen	103
Tabelle 3.2-5: Modell 3 Dachflächen	108
Tabelle 3.2-6: Modell 3 Verfügbarer Versickerungsraum	109

Tabelle 3.2-7: Modell 3 Ergebnisse der Muldenversickerung	111
Tabelle 3.2-8: Modell 3 Ergebnisse der Mulden-Rigolenversickerung	111
Tabelle 3.2-9: Modell 3 Ergebnisse der Rigolenversickerung.....	112
Tabelle 3.2-10: Modell 3 Ergebnisse der Rohr- Rigolenversickerung.....	112
Tabelle 3.2-11: Modell 3 Ergebnisse der Schachtversickerung.....	113
Tabelle 3.2-12: Modell 4 Ergebnisse der Muldenversickerung	123
Tabelle 3.2-13: Modell 4 Ergebnisse der Mulden-Rigolenversickerung.....	124
Tabelle 3.2-14: Modell 4 Ergebnisse der Rigolenversickerung.....	125
Tabelle 3.2-15: Modell 4 Ergebnisse der Rohr- Rigolenversickerung.....	125
Tabelle 3.2-16: Modell 4 Ergebnisse der Schachtversickerung.....	126
Tabelle 3.2-17: Mengenübersicht Regenwasserversickerung	128
Tabelle 3.2-18: Anschlussflächen der Regenwasserversickerung.....	129
Tabelle 3.2-19: Flächenverhältnis Versickerungsanlage/ angeschlossene Dachflächen.....	129
Tabelle 3.2-20: Wasserbilanz der Regenwasserversickerung	130
Tabelle 3.2-21: Modell 3 Kostenschätzung und Amortisation	132
Tabelle 3.2-22: Modell 4 Kostenschätzung und Amortisation	133
Tabelle 3.3-1: Dachkonstruktionen und –neigungen	141
Tabelle 3.4-1: Modell 5 Mengenübersicht.....	146
Tabelle 3.4-2: Modell 5 Wasserbilanz.....	147
Tabelle 3.4-3: Modell 5.1 Kostenschätzung und Amortisation.....	148

Web- Adressenverzeichnis

Eingesehene Webseiten

Rubrik	Unternehmen	Anmerkungen	WWW- Adresse
Regenwassernutzungsanlagen	Dendrit Haustechniksoftware		http://www.dendrit.de/
	ABW		http://www.abwshop.de/
	Zita Jakobs GmbH		http://www.zita-jacobs.de
	Rewalux - Regenswassersysteme		www.rewalux.de
	Intewa		www.intewa.de
	Poerschke Umwelttechnik		http://www.poerschke-umwelttechnik.de/
	Wisy		www.wisy.de
	Mall Umweltsysteme		www.mallnet.de
	Profirain		http://www.profirain.de
	MBB- Kettner		http://www.mbb-kettner.de
	Rewatec		http://rewatec.de
	Dehoust Deutschland		http://www.dehoust.de
	RWP - Die Regenwasserprofis		http://www.rwp-regenwassernutzung.de
	Andreas Mohrbacher Regenwassernutzung		http://www.regenwasser24.de
	Wolkenwasser	Produkte zur Regenwassernutzung	http://www.wolkenwasser.de/
	Aquaroc		http://www.wasser-speicher.de
	Rikutec	Zisternen	http://www.rikutec.de/
	Otto Graf GmbH	Nutzung/ Versickerung	http://www.graf-online.de/
	Rewatec		http://www.rewatec.de
	Elwa Wassertechnik		http://www.elwa.de/
faktor technik GmbH & Co KG		http://faktor-t.de	
Regenwasserversickerung	Fraenkische	Rohrsysteme	http://www.fraenkische.de/
	Funke Gruppe		http://www.funkegruppe.de
Dachbegrünung	optima - Die Dachbegrüner		http://www.optima-dachbegruener.de
		Grünach und Regenwasser - Versuchsreihen	http://www.stmlf.bayern.de/alle/cgi-bin/go.pl?region=home&page=http://www.stmlf.bayern.de/LWG/landespflege/info/gruend/gruend.html
	Zinco		http://www.zinco.de
	Deutscher Dachgärtner Verband e.V. (DDV) Baden-Baden		http://www.dachgaertnerverband.de/
	Fachvereinigung Bauwerksbegrünung e.V.		http://www.fbb.de
	OBS		http://www.obs.de
	optigruen - Die Dachbegrüner		http://www.optigruen.de
	Icopal		http://www.icopal.de
	Xeroflor		http://www.xeroflor.de
	atka		http://www.atka.de/

Rubrik	Unternehmen	Anmerkungen	WWW- Adresse
Sonstiges	TU Berlin; Fakultät VII; Institut für Landschafts- und Umweltplanung - Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik		http://www.tu-berlin.de/fb7/ile/fg_wasserkult/Fachgebiet/Fachgebiet.html
		Hydrologievorlesungen	http://www.hydroskript.de
		Wasser- Lexikon	http://www.wasser-wissen.de
	Bundesumweltministerium		http://www.bmu.de
	Bundesverband Boden e.V.		http://www.bvboden.de
	Die Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK)		http://www.atv.de/
		Mensch und Wasser	www.hydrogeographie.de
	Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH		http://www.itwh.de
	Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg	Grundwasserstände	http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehörde/umwelt/wasser/grundwasserstaende/gwstand.htm
	Feriani Softwareentwicklung		http://www.rainplaner.de/
	AK Wasser im BBU		http://www.ak-wasser.de
	ivaa - Fachportal Abwasser		http://www.ivaa.de
	Kommunale Umwelt-AktioN U.A.N.		http://www.uan.de
		Regenwasserportal	http://www.regenwasser-portal.de
	Hamburger Wasserwerke GmbH		http://www.hww-hamburg.de/
		Der natürliche Oberflächenabfluss und seine Bedeutung für die Regenwasserbewirtschaftung von Baugebieten	http://www.tu-dresden.de/stadtbau/diplom/harlass/body_diplom_harlass.html
		Digitaler Umweltatlas	http://www.hamburg.de/Behoerden/Umweltbehörde/duawww/dea8/home.htm
	Deutscher Wetterdienst		http://www.dwd.de
	Geologisches Landesamt Hamburg		http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behorden/umwelt-gesundheit/umwelt/geologie/geologisches-landesamt/start.html
	Stadtentwicklungs- und Stadterneuerungsgesellschaft Hamburg		http://www.steg-hh.de
	Atelier Dreiseitl		http://www.dreiseitl.de/
	Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg		http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behorden/umwelt-gesundheit/umwelt/start.html
		Stellungnahme Regenwassernutzung – Filtervergleichstest	http://www.bau.net/forum/wasser/329.htm
		Regenwasserbewirtschaftung am Kronsberg, Hannover	http://www.khg-suderburg.de/tagung/1999/1999-khg-weusthoff.pdf
		Vortrag Dr. Kofod	http://www.ried-hochwasser.de/Kontaktliste_Mrz_2002/wassersparen_und_die_BI_Nauhei/wassersparen_und_die_bi_nauhei.html

Kontaktverzeichnis

(wesentliche Kontakte)

Telefonischer Kontakt

Datum	Uhrzeit	Telefonat mit	Firma	Betreff
28.05.2003	12:30	Herr Rusche	Ing.-Büro. Rusche für Regenwassernutzung	Regenwassernutzungsanlagen
02.06.2003	14:45	Dr. Grotehusmann	IFS Hannover	Konzept Regenwasserbewirtschaftung
02.06.2003	15:40	Herr Raap	Gessner und Raap, Celle	Konzept Regenwasserbewirtschaftung
02.06.2003	16:00	Dipl.-Geogr. Hydr. Krob	bws-GmbH Hamburg	Konzept Regenwasserbewirtschaftung
03.06.2003	10:30	Herr Menze	Stadtentwässerung Hannover	Konzept Regenwasserbewirtschaftung
03.06.2003	14:10	Herr Ramm	Ramm Sanitär; Hamburg	Regenwassernutzungsanlagen
25.06.2003	13:30	Herr Balz	Rikutec	Regenwassernutzungsanlagen
27.06.2003	09:20	Frau Moll	Behörde für Umwelt und Gesundheit HH	Grundwassersituation
30.06.2003	13:00	Herr Steinle	Rewalux	Regenwassernutzungsanlagen
30.06.2003	10:00	Frau Schwark	Fa. Krebs Tiefbau, Dägeling	
01.07.2003	11:00	Technikabteilung	Intewa	Regenwassernutzungsanlagen
01.07.2003	11:30	Herr Kiesel	Wisys	Regenwassernutzungsanlagen
01.07.2003	12:30	Herr Björn Adam	Fa. Adam GmbH & Co KG, Heizung-Sanitär- Elektro	Regenwassernutzungsanlagen
03.07.2003	16:40	Herr Bentheim	Fa. Graf	Regenwassernutzungsanlagen
07.07.2003	14:30	Herr Bahr	Behörde für Umwelt und Gesundheit HH	Förderprogramm RWNA
07.07.2003	14:45	Herr Koch	Bauprüfabteilung Hamburg- Mitte	Dachbegrünung
08.07.2003	09:30	Technikabteilung	Zinco	Dachbegrünung
08.07.2003	10:00	Herr Täuber	obs Dachbegrünung	Dachbegrünung
08.07.2003	10:45	Frau Brockhaus	atka	Dachbegrünung
09.07.2003	09:20	Dr. Marrett- Foßen	optima Elmshorn	Dachbegrünung
10.07.2003	10:30	Herr Haase	Fraenkische Rohrwerke	Regenwasserversickerung
14.07.2003	10:00	Herr Tenfelde	Fa. Elwa	Regenwassernutzungsanlagen
14.07.2003	10:15	Herr Rusche	Ing.-Büro. Rusche für Regenwassernutzung	Regenwassernutzungsanlagen
14.07.2003	10:30	Herr Ceh	Fa. MBB Kettner	Regenwassernutzungsanlagen
14.07.2003	11:00	Herr Müller	Fa. Geis und Müller	Regenwassernutzungsanlagen
16.07.2003	14:50	Herr Grosskopf	Hamburger Stadtentwässerung (HSE);	Klärsituation in Hamburg
18.07.2003	09:00	Herr Olivier	Hamburger Stadtentwässerung (HSE)	Gebührenerhebung Abwasser

Datum	Uhrzeit	Telefonat mit	Firma	Betreff
23.07.2003	11:00	Herr Olivier	Hamburger Stadt- entwässerung (HSE)	Gebührenerhebung Abwasser

E-mail- Kontakt

Adresse/ Person	Firma
christian.tenfelde@elwa.de	elwa
datenservice@dwd.de	Deutscher Wetterdienst (DWD)
Frau Lettmann	STEG Hamburg
gdt@gruendachtechnik.de	GDT GrünDachTechnik GmbH Südwest
Herr Feriani	Feriani Datentechnik
Herr Grosskopf	Hamburger Stadtentwässerung (HSE)
Herr Meier	Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg
Herr Steinle	Rewalux
Horst.Menze@Hannover-Stadt.de	Stadtentwässerung Hannover
info@mbb-kettner.de	MBB- Kettner
info@optima-dachbegruener.de	optima Dachbegrünung
info@rewaterc.de	Rewaterc
Martin Hirschnitz	Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg
reinhard.haase@fraenkische.de	Fraenkische Rohrwerke
schmitt@profirain.de	Profirain
uan@nsgb.de	Kommunale Umwelt- Aktion U.A.N.

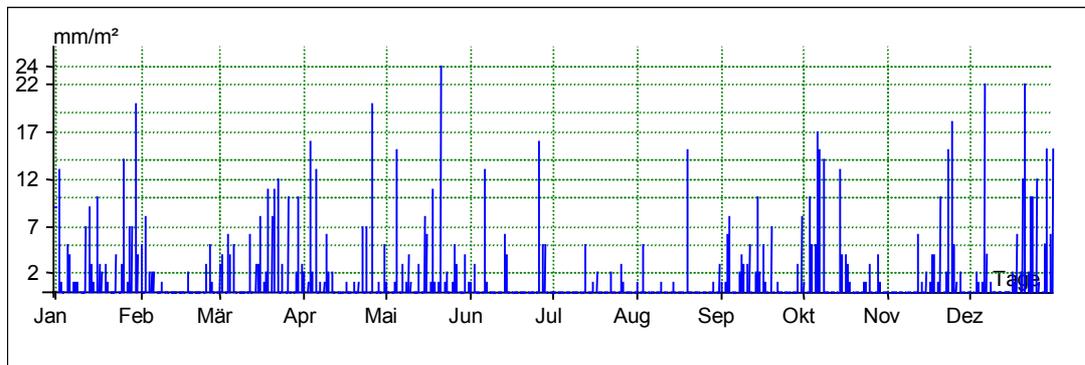
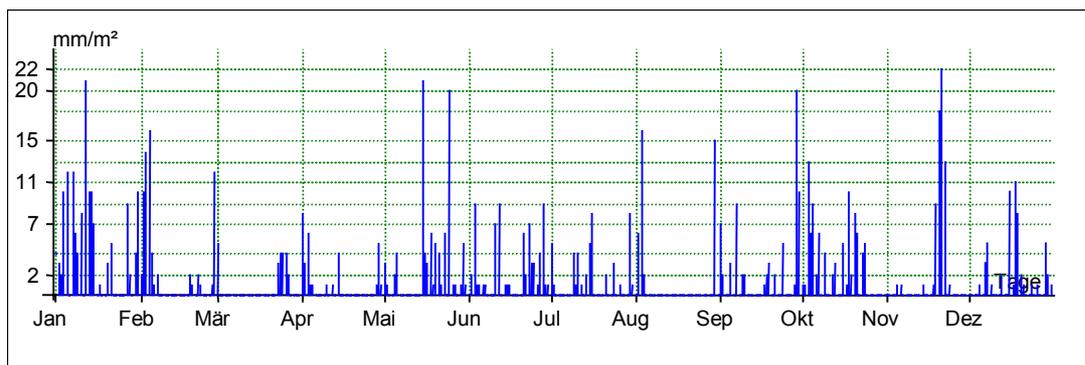
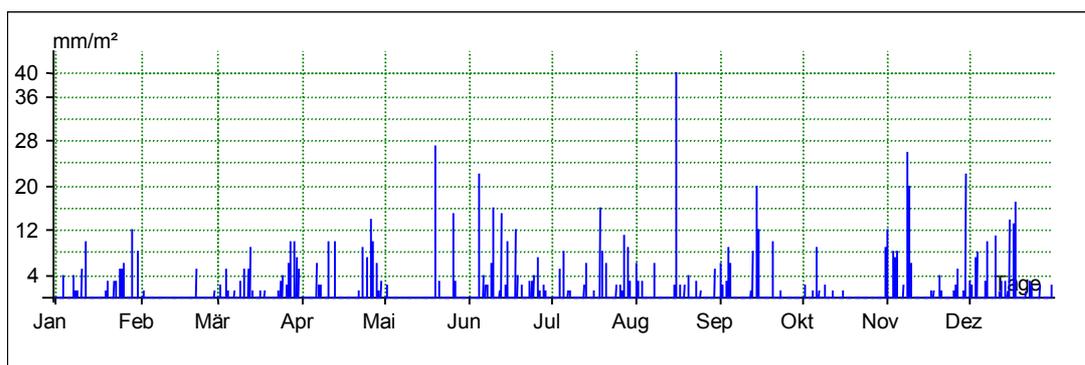
Persönliches Gespräch

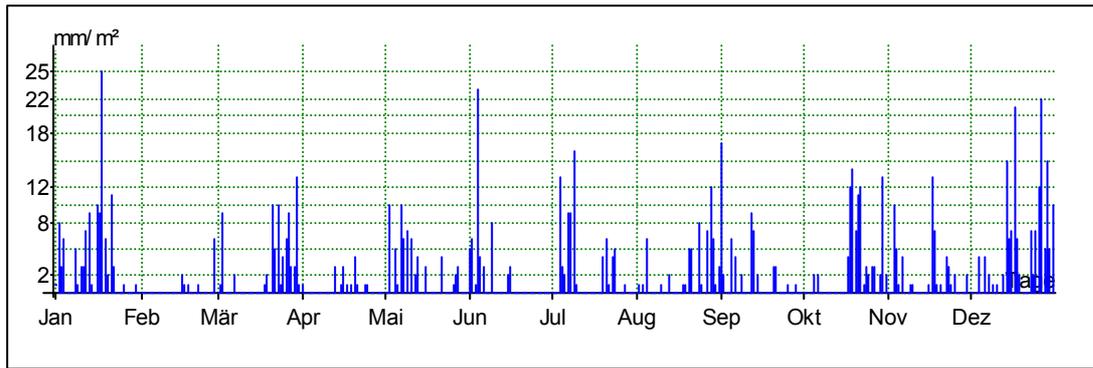
Datum	Person	Firma
21.05.2003	Frau Kieck	Stadterneuerungs- und Stadtentwicklungsgesellschaft STEG Hamburg mbH
27.05.2003	Herr Meier	Behörde für Umwelt und Gesundheit HH
27.05.2003	Frau Kersting	Geologisches Landesamt, Hamburg
06.06.2003	Dipl.-Geogr. Hydr. Krob	bws-GmbH Hamburg
11.06.2003	Herr Rusche	Ing.-Büro. Rusche für Regenwassernutzung
11.07.2003	Dipl.-Geogr. Hydr. Krob	bws-GmbH Hamburg

Anhang I

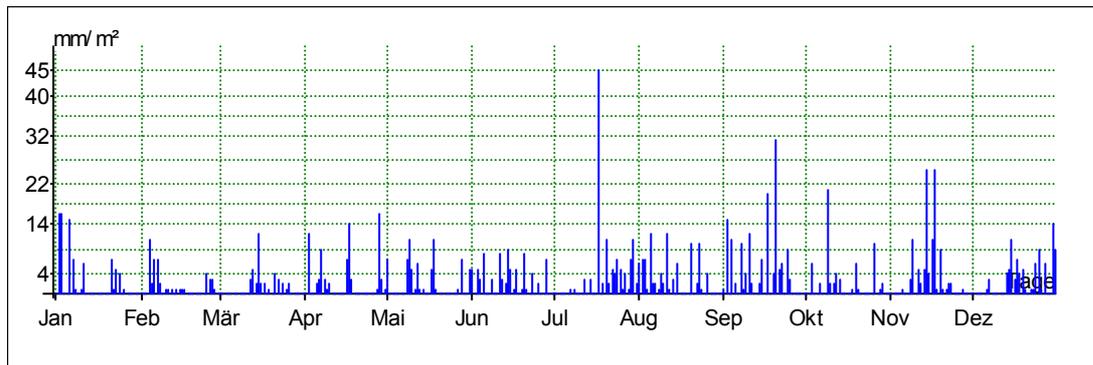
Tägliche Niederschlagswerte in Hamburg

Zeitraum 1980-1989

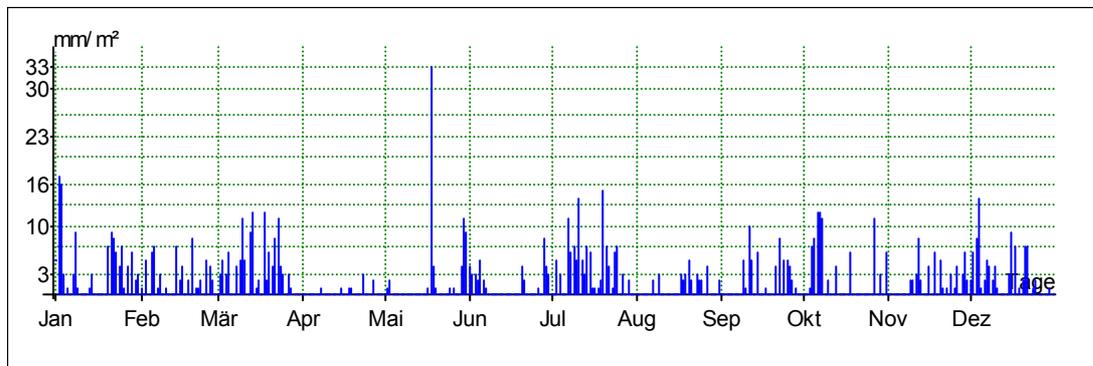
1980 \varnothing 960 mm/a1981 \varnothing 790 mm/a1982 \varnothing 906 mm/a



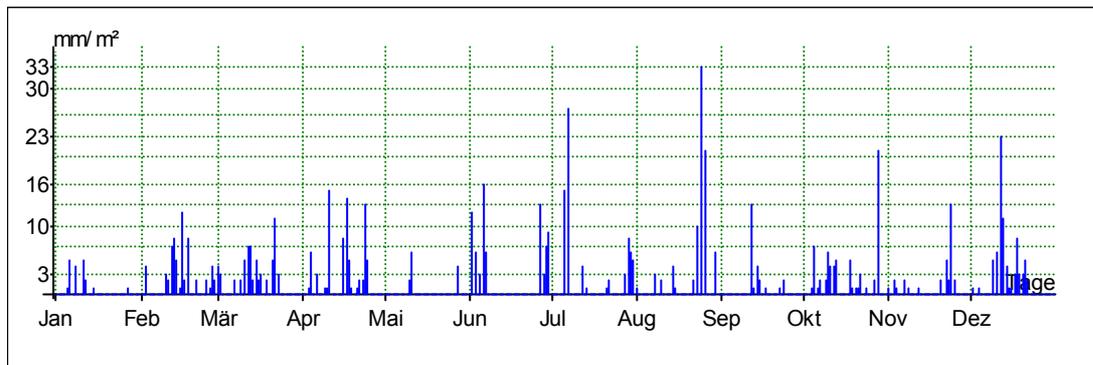
1983 \varnothing 840 mm/a



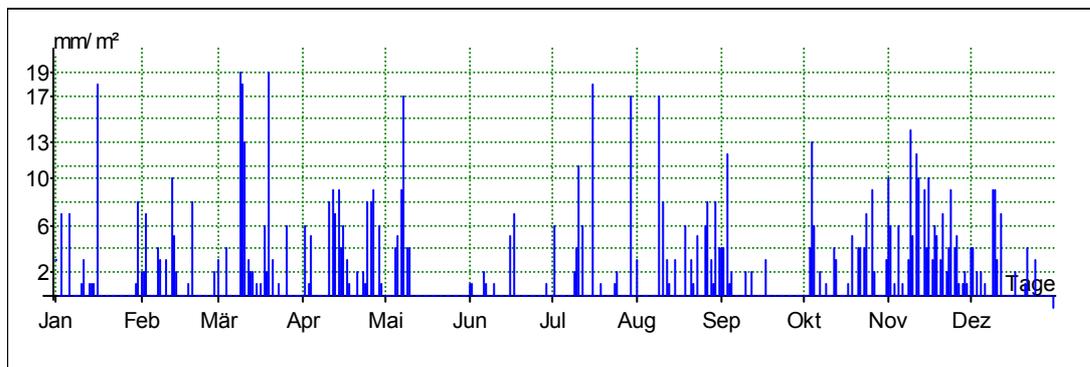
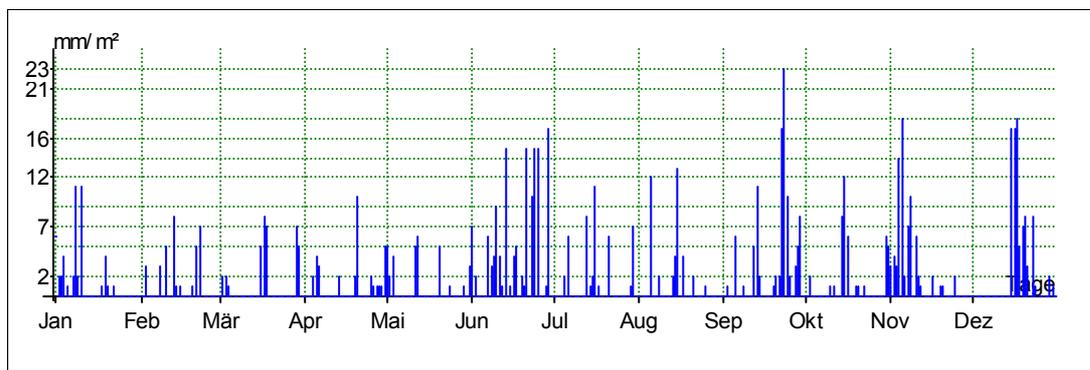
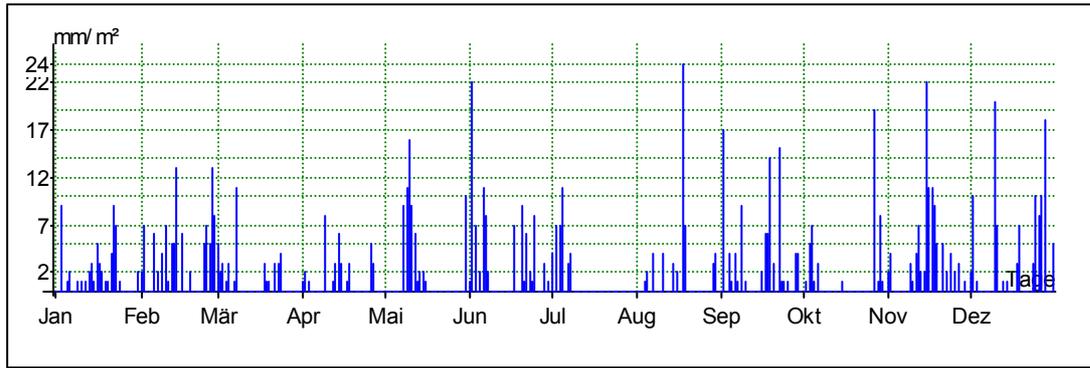
1984 \varnothing 1006 mm/a



1985 \varnothing 854 mm/a



1986 \varnothing 665 mm/a



Gesamtdurchschnitt 1980-1989: 837 mm

Anhang II

Starkniederschlagstabelle für das Karolinenviertel

Grundlage: KOSTRA- Atlas „Starkniederschlagshöhen für Deutschland“ 1997

Niederschlagshöhen und -spenden fuer das ausgewählte Rasterfeld

T	I	.5	1.	2.	5.	10.	20.	50.	100.
D	I	hn	hn						
I	I	RN	RN						
5 min	I	5.0	6.3	7.7	9.4	10.7	12.1	13.8	15.1
10 min	I	6.0	7.9	9.8	12.4	14.3	16.3	18.8	20.7
15 min	I	6.6	9.0	11.4	14.6	17.0	19.4	22.6	25.0
20 min	I	7.0	9.9	12.7	16.4	19.2	22.0	25.8	28.6
30 min	I	7.7	11.2	14.7	19.4	22.9	26.4	31.0	34.5
45 min	I	8.4	12.8	17.1	22.9	27.3	31.7	37.5	41.9
60 min	I	8.9	14.0	19.1	25.9	31.0	36.1	42.9	48.0
90 min	I	10.4	15.8	21.1	28.2	33.6	38.9	46.0	51.4
2 h	I	11.6	17.2	22.7	30.0	35.5	41.1	48.4	53.9
3 h	I	13.5	19.3	25.1	32.8	38.6	44.4	52.0	57.8
4 h	I	15.0	21.0	27.0	34.9	40.9	46.9	54.8	60.8
6 h	I	17.4	23.7	29.9	38.2	44.5	50.7	59.0	65.3
9 h	I	20.1	26.7	33.2	41.9	48.4	55.0	63.7	70.2
12 h	I	22.2	29.0	35.8	44.7	51.5	58.3	67.2	74.0
18 h	I	22.7	30.5	38.3	48.5	56.3	64.0	74.2	82.0
24 h	I	23.3	32.0	40.7	52.3	61.0	69.7	81.3	90.0
48 h	I	36.7	45.0	53.3	64.2	72.5	80.8	91.7	100.0
72 h	I	35.2	45.0	54.8	67.7	77.5	87.3	100.2	110.0

T - Wiederkehrzeit (in a): mittlere Zeitspanne in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet

D - Niederschlagsdauer einschliesslich Unterbrechungen (in mm, h)

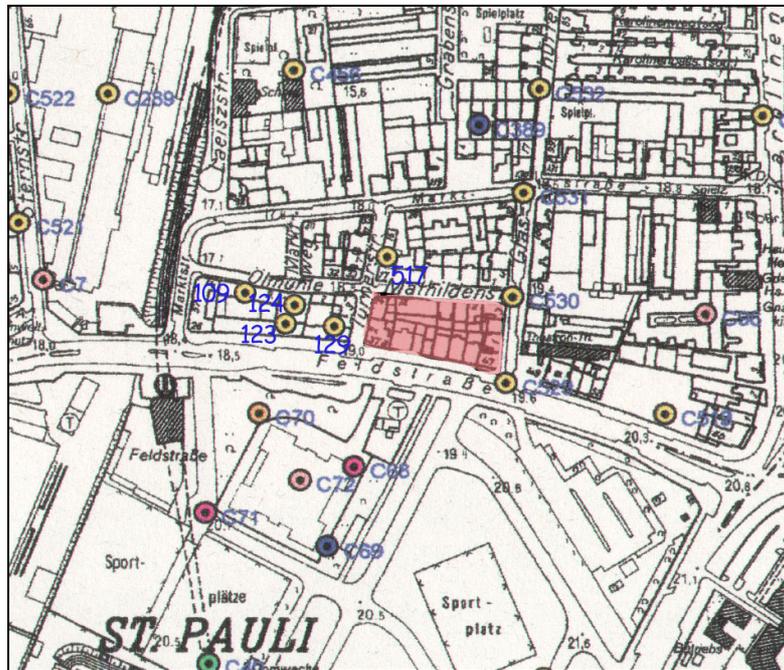
hn - Niederschlagshöhe (in mm)

RN - Niederschlagsspende (in l/(s*ha))

Anhang III

Schichtverzeichnisse der Bohrungen

(zur Verfügung gestellt von Frau Kersting, Geologisches Landesamt Hamburg, am 27.05.03)



Lage der Bohrungen

Lageplan ³⁵64 Rechts ⁵⁹36 Hoch
Vermessungsamt der Freien und Hansestadt Hamburg

Anmerkungen:

- Die Markierungen der Bohrungen 109, 123, 124, 129 und 517 sind nachträglich eingefügt und aus einem älteren Lageplan des Geologischen Landesamtes übernommen worden
- Die betrachtete Blockrandbebauung ist rot unterlegt

Schreiben von Frau Bulla, Geologisches Landesamt Hamburg vom 05.06.2003

Betr.: Versickerung von Niederschlagswasser Feldstr./Mathildenstr.

Sehr geehrter Herr Schwark,

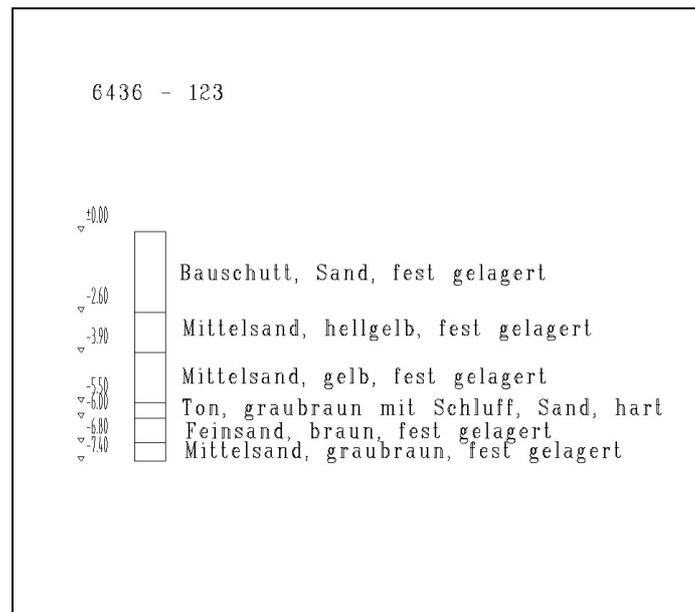
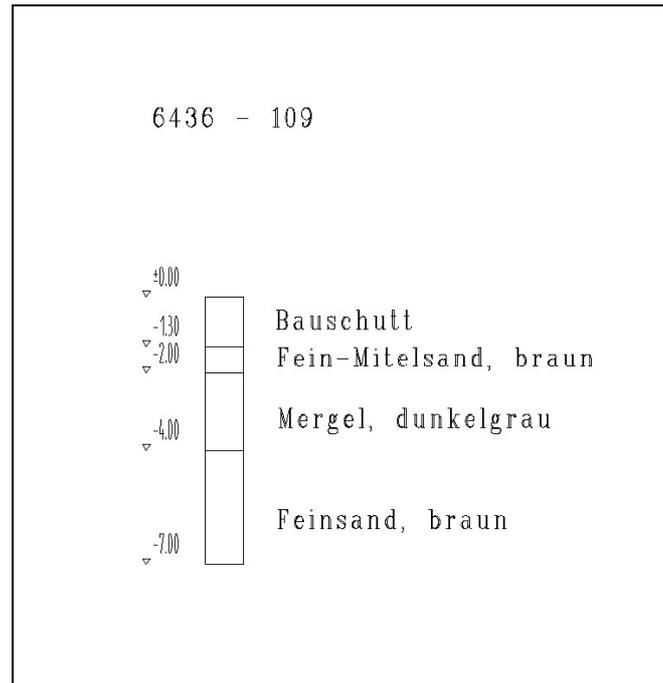
An Hand der beim Geologischen Landesamt vorhandenen Bodenaufschlüsse, die Sie uns zur Auswertung zugeschickt haben, besteht der Untergrund aus einer Wechselfolge von Sand und Geschiebelehm/-mergel. Oberflächennah ist vorwiegend eine fein-/mittelsandige Überdeckung von mind. 6 m Mächtigkeit vorhanden. Darunter folgen schluffiger Sand bzw. Geschiebemergel. Der erste Grundwasserleiter befindet sich gem. der Baugrundkarte in einer Tiefe von 5 m bis 10 m. Die Grundwasserganglinie der Messstelle Nr. 1111 zeigt ein Maximalwert von + 12,26 m NN d.h. ca. 6 m unter GOK. Die Messstelle Nr. 1215 ist in einer Tiefe von 159 m – 181 m unter GOK verfiltert und somit für Ihre Ermittlung ungeeignet.

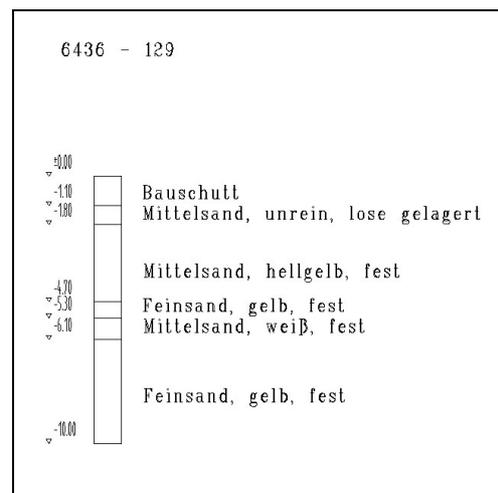
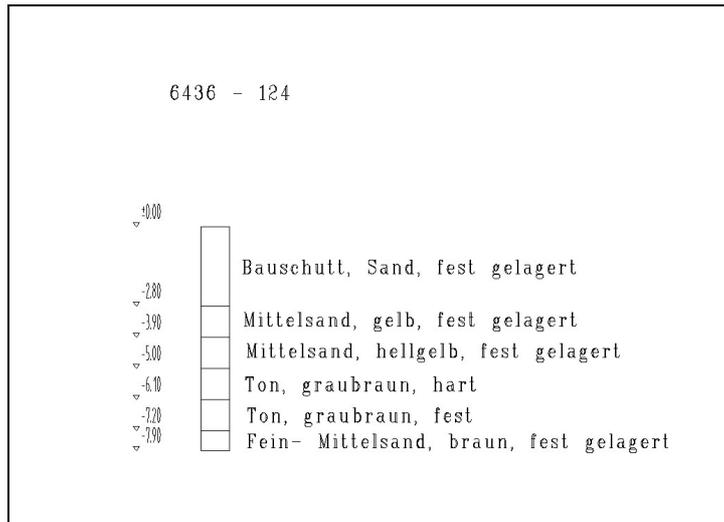
Auf Grund dieser Erkenntnisse kann man feststellen, dass die Versickerung von Niederschlagswasser in dem o.g. Bereich grundsätzlich möglich ist. Gem. der hydraulischen Berechnung (nach ATV-A 138) ist für je 100 m² angeschlossene Fläche, bei einer angenommenen Durchlässigkeit von 5×10^{-5} m/s, eine Versickerungsanlage von mind. 2,5 m³ Speicherkapazität notwendig.

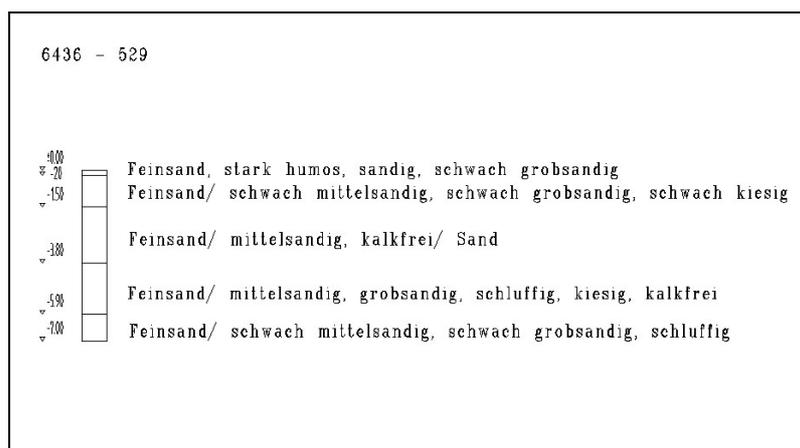
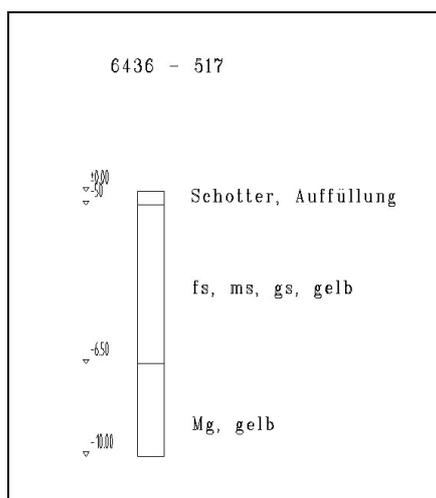
Von Versickerungsanlagen dürfen keine Schäden an Gebäuden und keine nachteilige Beeinflussung des Grundwassers ausgehen. Deshalb sollen die Mindestabstände der Anlagen von Gebäuden das 1,5 fache der Baugrubentiefe und zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem höchsten Grundwasserstand von mind. 1,0 m nicht unterschreiten. Hierzu sollten Gründungsebenen und Entfernungen von Gebäuden festgestellt werden. Die qualitativen Anforderungen/ Belastungspotential der Niederschlagsabflüsse sind ebenfalls zu beurteilen.

Ich hoffe, daß diese Informationen Ihnen bei der Bewertung der Situation behilflich sein werden. Zur Klärung ggf. weiterer Fragen stehen wir gerne zur Verfügung.

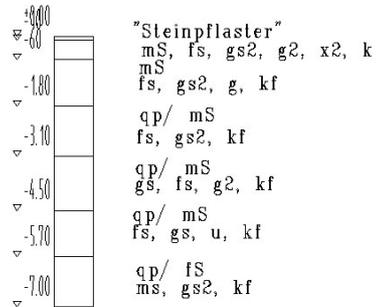
Mit freundlichen Grüßen



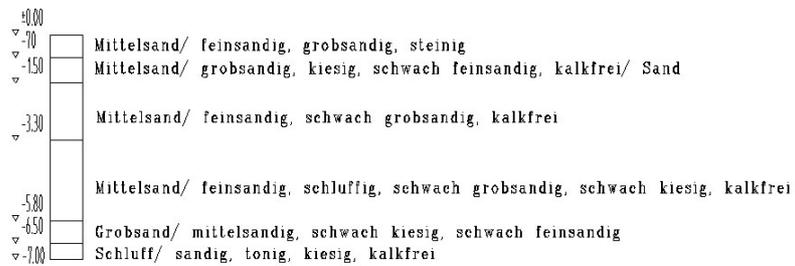


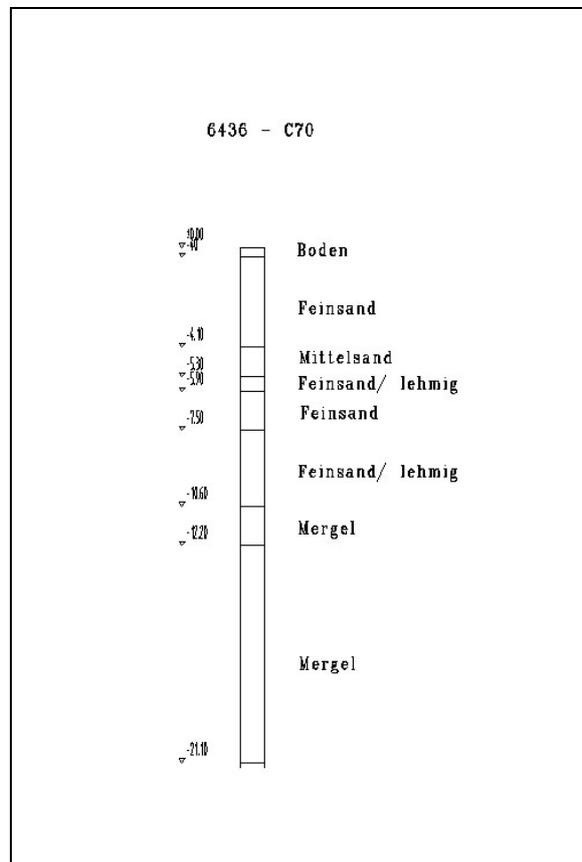
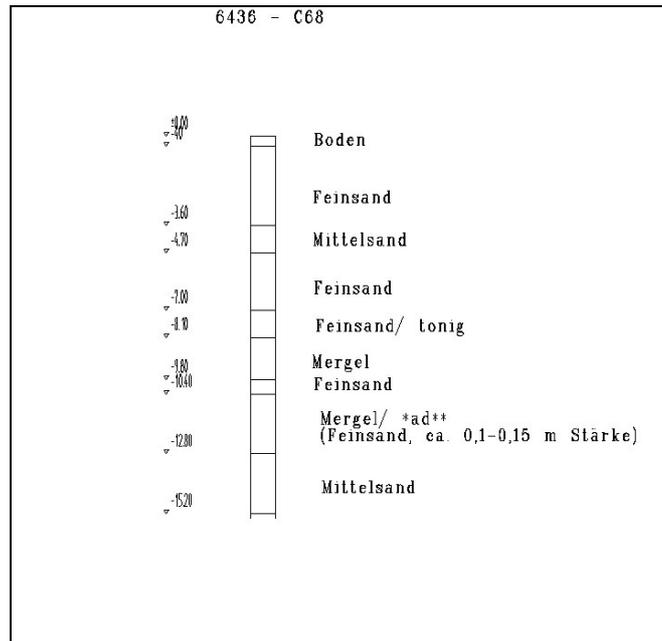


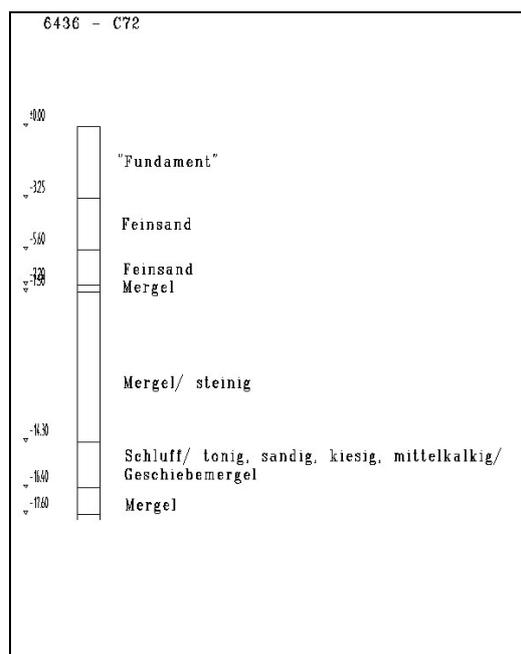
6436 - 530



6436 - 531

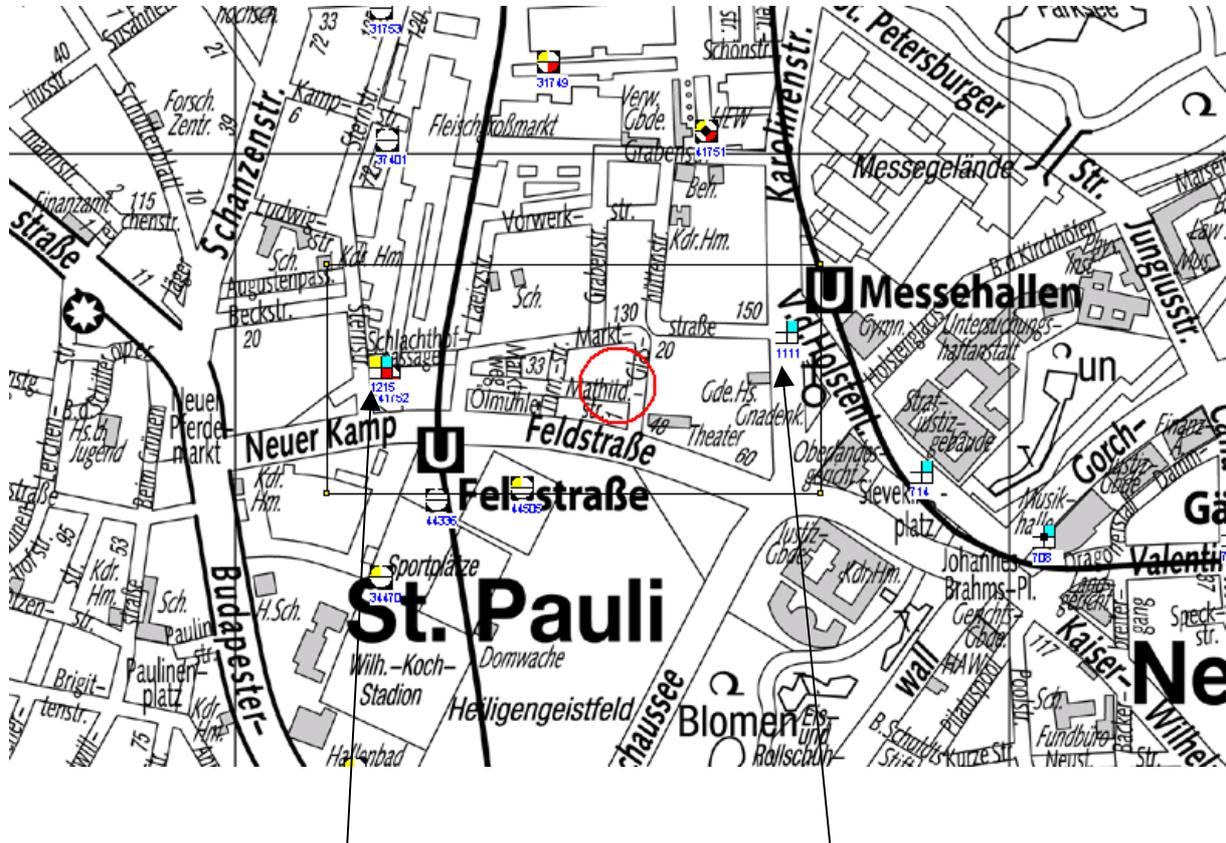






Anhang IV

Grundwassermessstände



Grundwassermessstelle 1215
Tiefbrunnen; 181,0 m untere Filterkante
St. Pauli/Sternstraße

Flurstückskennzeichen:
020120-000-01467/000

Rechtswert	Hochwert
3564174,1	5936703,2

Nach Angaben aus GERONIMUS
keine Verdachtsflächen

Grundwassermessstelle 1111
Flachbrunnen; 7,3 m untere Filterkante
St. Pauli/Karolinenstr. 12

Flurstückskennzeichen:
liegt nicht vor

Rechtswert	Hochwert
3564699,9	5936748,1

Nach Angaben aus GERONIMUS
keine Verdachtsflächen

Anhang V

Leistungsverzeichnisse Regenwassernutzung

Modell 1.1.1					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis €	Gesamtpreis €
1			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Filterschacht (Volumenfilter VF6 eingebaut) Unterteil DN 120 cm, Höhe 75 cm 3 Bohrungen mit Forsheda-Dichtung und KG-Paßstücken, Zulauf Regenwasser 2 x DN 250, Ablauf zur Zisterne DN 200, Ablauf zu Kanal oder Versickerung DN 250 liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3500,00	3500,00
1.2	3	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	9600,00
1.3	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer-schalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automati- scher Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m³/h	800,00	800,00
1.4	1	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca. 1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m³/h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	5000,00
1.5	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2 Dachanschlüsse					
2.1	24	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderli- chen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1440,00
2.2	33	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	660,00
3 Entwässerungsleitungen					
3.1	253	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	5540,70
3.2	79	m²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	829,50
3.3	79	m²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	979,60
3.4	223	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	4928,30
3.5	30	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	927,00
4 Gebäudedurchführung					
4.1	41	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldäm- mender Einlage liefern und montieren	55,00	2255,00
4.2	6	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	540,00
4.3	6	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	198,00
4.4	6	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	396,00
5 Rohrinstitution					
5.1	3	psch	Rohrinstitution pro Gebäude	1500,00	4500,00
6 Honorare					
6.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					44594,10

Modell 1.1.2					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Filterschacht (Volumenfilter VF6 eingebaut) Unterteil DN 120 cm, Höhe 75 cm 3 Bohrungen mit Forsheda-Dichtung und KG-Paßstücken, Zulauf Regenwasser 2 x DN 250, Ablauf zur Zisterne DN 200, Ablauf zu Kanal oder Versickerung DN 250 liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3500,00	3500,00
1.2	3	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	9600,00
1.3	2	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m³/h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zistemenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	10000,00
1.4	1	Stck	Doppelpumpenanlage als Ladepumpen für vollautomatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmerschalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m³/h liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	800,00	800,00
1.5	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2			Dachanschlüsse		
2.1	24	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforder- lichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1440,00
2.2	33	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	660,00
3			Entwässerungsleitungen		
3.1	253	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	5540,70
3.2	79	m²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	829,50
3.3	79	m²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	979,60
3.4	223	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	4928,30 0,00
3.5	30	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	927,00
4			Gebäudedurchführung		
4.1	41	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldäm- mender Einlage liefern und montieren	55,00	2255,00
4.2	6	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	540,00
4.3	6	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	198,00
4.4	6	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	396,00
5			Rohrinstallation		
5.1	8	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	12000,00
6			Honorare		
6.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					57094,10

Modell 1.2.1					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Filterschacht (Volumenfilter VF2 eingebaut) für Dachflächen bis 850 m² 3 Bohrungen mit Forsheda-Dichtung und KG-Paßstücken, Zulauf Regenwasser Material: Edelstahl max. Durchflußmenge: 25,5 l/s liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	2000,00	2000,00
1.2	1	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht DN 0000, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stützen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	3200,00
1.3	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen Volumen 5000 l sonst wie vor	2800,00	5600,00
1.4	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer-schalter und Rückschlagklap- pe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Förder- menge 4,5 m³/h liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	800,00	800,00
1.5	1	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m³/h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	5000,00
1.6	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2			Dachanschlüsse		
2.1	11	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	660,00
2.2	12	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	240,00
3			Entwässerungsleitungen		
3.1	122	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	2671,80
3.2	68	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	1502,80
3.3	54	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	1668,60
4			Rohrinstallation		
4.1	2	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	3000,00
5			Honorare		
5.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					28843,20

Modell 1.2.2					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1.			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Filterschacht (Volumenfilter VF2 eingebaut) für Dachflächen bis 850 m ² 3 Bohrungen mit Forsheda-Dichtung und KG-Paßstücken, Zulauf Regenwasser Material: Edelstahl max. Durchflußmenge: 25,5 l/s liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	2000,00	2000,00
1.2	1	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angefoertem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	3200,00
1.3	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen Volumen 5000 l sonst wie vor	2800,00	5600,00
1.4	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer-schalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m ³ /h liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	800,00	800,00
1.5	1	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca. 1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m ³ /h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	5000,00
1.6	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2			Dachanschlüsse		
2.1	11	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Über-gangsstücke	60,00	660,00
2.2	12	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	240,00
3			Entwässerungsleitungen		
3.1	122	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	2671,80
3.2	68	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	1502,80
3.3	54	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	1668,60
4			Rohrinstallation		
4.1	4	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	6000,00
5			Honorare		
5.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
			Summe		31.843,20

Modell 2.1.1					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
Regenwassernutzungsanlage					
1					
1.1	1	Stck	Wechselsprunghfilter DN300PE < 4000 m ² in Filterschacht liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3500,00	3500,00
1.2	4	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angepasstem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportbö- sen Volumen 6500 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3400,00	13600,00
1.3	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer- schalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motor- schutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m ³ /h	800,00	800,00
1.4	2	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtdurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m ³ /h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	10000,00
1.6	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
Dachanschlüsse					
2					
2.1	38	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	2280,00
2.2	45	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	900,00
Entwässerungsleitungen					
3					
3.1	353	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	7730,70
3.2	79	m ²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	829,50
3.3	79	m ²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	979,60
3.4	198	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	4375,80
3.5	155	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	4789,50
3.6	78	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und im Innenbereich einbauen		0,00
Gebäuedurchführung					
4					
4.1	51	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schall- dämmender Einlage liefern und montieren	55,00	2805,00
4.2	8	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	720,00
4.3	8	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	264,00
4.4	8	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	528,00
Rohrinstallation					
5					
5.1	4	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	6000,00
Honorare					
6					
6.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					62602,10

Modell 2.1.2					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	
1			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Wechselsprungfilter DN300PE < 4000 m ² in Filterschacht liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	3200,00
1.2	4	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6500 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3400,00	13600,00
1.3	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer- schalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4.5 m ³ /h	800,00	800,00
1.4	3	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m ³ /h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	15000,00
1.5	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2			Dachanschlüsse		
2.1	38	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	2280,00
2.2	45	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	900,00
3			Entwässerungsleitungen		
3.1	353	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	7730,70
3.2	79	m ²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	829,50
3.3	79	m ²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelager- ten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	979,60
3.4	198	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	4375,80
3.5	155	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	4789,50
4			Gebäudedurchführung		
4.1	51	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	2805,00
4.2	8	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	720,00
4.3	8	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerks- stärke bis 24 cm	33,00	264,00
4.4	8	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	528,00
5.			Rohrinstallation		
5.1	10	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	15000,00
6.			Honorare		
6.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
			Summe		76302,10

Modell 2.2.1					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit		Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1 Regenwassernutzungsanlage					
1.1	1	Stck	Wechselsprunghfilter DN300PE < 4000 m ² in Filterschacht liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	3200,00
1.2	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht DN 0000, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	6400,00
1.3	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht DN 0000, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportösen Volumen 5000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	2800,00	5600,00
1.4	1	Stck	Tauchmotorpumpe für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwimmer-schalter und Rückschlag- klappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m ³ /h liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	800,00	800,00
1.5	1	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m ³ /h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternenzulauf mit Rückflußverhinderer liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	5000,00	5000,00
1.6	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2 Dachanschlüsse					
2.1	19	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1140,00
2.2	19	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	380,00
3 Entwässerungsleitungen					
3.1	222	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	4861,80
3.2	127	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	2806,70
3.3	95	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	2935,50
4 Rohrinstallation					
4.1	4	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	6000,00
5 Honorare					
5.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					41624,00

Modell 2.2.2					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1			Regenwassernutzungsanlage		
1.1	1	Stck	Filterschacht (Volumenfilter VF6 eingebaut) Unterteil DN 120 cm, Höhe 75 cm 3 Bohrungen mit Forsheda-Dichtung und KG-Paßstücken, Zulauf Regenwasser 2 x DN 250, Ablauf zur Zisterne DN 200, Ablauf zu Kanal oder Versickerung DN 250 liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	3200,00
1.2	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungs- rohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportlösen Volumen 6000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	3200,00	6400,00
1.3	2	Stck	Monolithischer Regenwasser-speicher aus Polyethylen als Batterianlage mit angeformtem Domschacht DN 0000, beruhigtem Zulauf DN 100, Anschluss für Versorgungsrohr DN 100, Überlauf DN 100 mit Tier-sperre und Überlaufsiphon, Trage-griffen / Transportlösen Volumen 5000 l mit zusätzlichem Stutzen zur Kopplung mehrerer Tanks liefern und nach Herstellervorgabe einbauen	2800,00	5600,00
1.4	1	Stck	Doppelpumpenanlage für voll-automatischen Betrieb, anschlussfertig, mit Schwim- mer-schalter und Rückschlagklappe, thermischem Überlastungsschutz, integriertem Motorschutz mit automatischer Wiedereinschaltung, Fördermenge 4,5 m³/h	800,00	800,00
1.5	2	Stck	Hybrid-Einheit zur Freiaufstellung im Gebäude Speicherinhalt ca.1000 Ltr., schwarzes lichtundurchlässiges PE. Notüberlauf DN 100 mit Geruchsverschluss Mit mehrstufiger Kreiseltauchpumpe und Schaltautomat als Doppelpumpenanlage Fördermenge 4,5 m³/h Trinkwassernachspeisung 1/2" nach DIN 1988 Zisternen-zulauf mit Rückflußverhinderer	5000,00	10000,00
1.6	1	Stck	Hebeanlage	1500,00	1500,00
2			Dachanschlüsse		
2.1	19	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1140,00
2.2	19	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	380,00
3			Entwässerungsleitungen		
3.1	222	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	4861,80
3.2	127	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	2806,70
3.3	95	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 150 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	30,90	2935,50
4			Rohrinstallation		
4.1	4	psch	Rohrinstallation pro Gebäude	1500,00	6000,00
5			Honorare		
5.1	1	psch	Honorar für Ingenieurleistungen/ Planungsleistungen	1000,00	1000,00
Summe					46624,00

Anhang VI

Leistungsverzeichnisse Versickerung

Modell 3.1 Mulden-Rigolenanlage					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2	Dachanschlüsse				
2.1	18	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1080,00
2.2	5	Stck	Anschluss Regenfallrohr DIN 18461 - KR 150 - Zn an offene Muldenzuleitung mit Rohrbogen 60° herstellen, einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Formteile und Schellen	10,00	50,00
2.3	33	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	660,00
3	Gebäuedurchführung				
3.1	41	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	2255,00
3.2	6	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	540,00
3.3	6	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	198,00
3.4	6	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	396,00
4	Entwässerungsrohre				
4.1	144	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	3153,60
4.2	88	m²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	924,00
4.3	88	m²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	1091,20
4.4	139	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	3071,90
4.5	20	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	30,90	618,00
4.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200	27,50	0,00
4.11	1	Stck	Anschluss Entwässerungsrohr - Sammelschacht herstellen	245,00	245,00
5	Pflasterrinne				
5.1	30	m	Pflasterrinne aus Klinkerpflaster herstellen Breite = 50 cm herstellen; einschl. liefern des Materials, Boden profilgerecht lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen; Bettung in 15 cm Beton B 15	60,00	1800,00
6	Mulde				
6.1	86	m²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 30 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	15,00	1290,00
7	Rigolensystem				
7.1	31	m³	Rigole herstellen, Breite 1,50 m Höhe 1,00 m; Boden profilgerecht lösen, fördern und abfahren; Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m² und einer Dicke von 6,3 mm, liefern und einbauen	70,00	2170,00
7.2	45	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen	110,00	4950,00
7.3	1	Stck	Kontrollschacht für Anschluss an Rigolensystem für 850 m² Dachfläche liefern und einbauen	800,00	800,00
7.4	1	Stck	Anschluss Sammelschacht- Rigolenanlage sanddicht herstellen	65,00	65,00
Summe					20574,70

Modell 3.1 Rigolenanlage					
Pos.-Nr.	Menge		Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2	Dachanschlüsse				
2.1	23	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1380,00
2.2	23	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	10,00	230,00
2.3	5	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	100,00
3	Gebäuedurchführung				
3.1	41	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	2255,00
3.2	6	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	540,00
3.3	6	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	198,00
3.4	6	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	396,00
4	Entwässerungsröhre				
4.1	198	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	4336,20
4.2	88	m ²	Pflasterbelag aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern nach Wiedereinbau des Aushubs oberhalb der Leitungszone Verlegen der Pflasterung	10,50	924,00
4.3	88	m ²	Pflasterbelag verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	1091,20
4.4	187,5	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	4143,75
4.5	26	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	30,90	803,40
4.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200		0,00
4.7	1	Stck	Anschluss Entwässerungsröhre - Sammelschacht herstellen	245,00	245,00
5	Rigolensystem				
5.1	82	m ³	Bodenaushub für Rigolensystem herstellen, Aushubtiefe = 1,00 Boden der Klasse 3-5 DIN 18300 lösen und abfahren Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m ² und einer Dicke von 6,3 mm liefern und einbauen	70,00	5740,00
5.2	76	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen, Einbautiefe = 1,00 m	110,00	8360,00
5.3	1	Stck	Kontrollschacht für Anschluss an Rigolensystem für 1700 m ² Dachfläche liefern und einbauen	800,00	800,00
5.4	1	Stck	Anschluss Kontrollschacht- Rigolenanlage sanddicht herstellen	65,00	65,00
Summe					31907,55

Modell 3.2 Muldenversickerungsanlage					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	
				€	
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2	Dachanschlüsse				
2.1	5	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	300,00
2.2	5		Anschluss Regenfallrohr DIN 18461 - KR 150 - Zn an offene Muldenzu- leitung mit Rohrbogen 60° herstellen, einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Formteile und Schellen	10,00	50,00
2.3	5		Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	100,00
3	Entwässerungsleitungen				
3.1	43	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wieder- einbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	941,70
3.2	20	m ²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	210,00
3.3	20	m ²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischenlagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	248,00
3.4	37	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgra- ben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	817,70
3.5	20	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	30,90	618,00
3.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200	0,00	0,00
3.7	1	Stck	Anschluss Entwässerungsrohr - Sammelschacht herstellen	245,00	245,00
4	Pflasterrinne				
4.1	30	m	Pflasterrinne aus Klinkerpflaster herstellen Breite = 50 cm herstellen; einschl. liefern des Materials, Boden profilgerecht lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen; Bettung in 15 cm Beton B 15	60,00	1800,00
5	Mulde				
5.1	44	m ²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 22 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	15,00	660,00
6	Rigolensystem				
6.1	15	m ³	Bodenaushub für Rigolensystem herstellen, Aushubtiefe = 1,00 Boden der Klasse 3-5 DIN 18300 lösen und abfahren Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m ² und einer Dicke von 6,3 mm liefern und einbauen	70,00	1050,00
6.2	19	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen	110,00	2090,00
6.3	1	Stck	Kontrollschacht für 360 m ² Dachfläche liefern und einbauen	800	800,00
			Summe	10230,40	

Modell 3.1 Mulden-Rigolenanlage					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	Gesamtpreis
				€	€
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2 Dachanschlüsse					
2.1	18	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	1080,00
2.2	5	Stck	Anschluss Regenfallrohr DIN 18461 - KR 150 - Zn an offene Muldenzuleitung mit Rohrbogen 60° herstellen, einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Formteile und Schellen	10,00	50,00
2.3	33	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	660,00
3 Gebäudedurchführung					
3.1	41	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	2255,00
3.2	6	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	540,00
3.3	6	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	198,00
3.4	6	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	396,00
4 Entwässerungsrohre					
4.1	144	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	3153,60
4.2	88	m ²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	924,00
4.3	88	m ²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	1091,20
4.4	139	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	3071,90
4.5	20	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	30,90	618,00
4.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200	0,00	0,00
4.11	1	Stck	Anschluss Entwässerungsrohr - Sammelschacht herstellen	245,00	245,00
5 Pflasterrinne					
5.1	30	m	Pflasterrinne aus Klinkerpflaster herstellen Breite = 50 cm herstellen; einschl. liefern des Materials, Boden profilgerecht lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen; Bettung in 15 cm Beton B 15	60,00	1800,00
6 Mulde					
6.1	86	m ²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 30 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	15,00	1290,00
7 Rigolensystem					
7.1	31	m ³	Rigole herstellen, Breite 1,50 m Höhe 1,00 m; Boden profilgerecht lösen, fördern und abfahren; Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m ² und einer Dicke von 6,3 mm, liefern und einbauen	70,00	2170,00
7.2	45	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen	110,00	4950,00
7.3	1	Stck	Kontrollschacht für Anschluss an Rigolensystem für 850 m ² Dachfläche liefern und einbauen	800,00	800,00
7.4	1	Stck	Anschluss Sammelschacht- Rigolenanlage sanddicht herstellen	65,00	65,00
Summe					20574,70

Modell 4 Muldenanlage					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Einzelpreis	
				€	€
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2	Dachanschlüsse				
2.1	6	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	360,00
2.2	6	Stck	Anschluss Regenfallrohr DIN 18461 - KR 150 - Zn an offene Muldenzuleitung mit Rohrbogen 60° herstellen, einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Formteile und Schellen	10,00	60,00
2.3	9	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	180,00
3	Gebäudedurchführung				
3.1	10	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	550,00
3.2	2	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	180,00
3.3	2	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	66,00
3.4	2	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	132,00
4	Entwässerungsrohre				
4.1	0	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	21,90	0,00
4.2	0	m ²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	10,50	0,00
4.3	0	m ²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,40	0,00
4.4	0	lfdm	Entwässerungsrohre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	22,10	0,00
4.5	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	30,90	0,00
4.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200	0,00	0,00
4.7	0	Stck	Anschluss Entwässerungsrohr - Sammelschacht herstellen	245,00	0,00
5	Pflasterrinne				
5.1	30	m	Pflasterrinne aus Klinkerpflaster herstellen Breite = 50 cm herstellen; einschl. liefern des Materials, Boden profilgerecht lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen; Bettung in 15 cm Beton B 15	60,00	1800,00
6	Mulde				
6.1	60	m ²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 30 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	15,00	900,00
7	Rigolensystem				
7.1	0	m ³	Rigole herstellen, Breite 1,00 m Höhe 1,00 m; Boden profilgerecht lösen, fördern und abfahren; Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m ² und einer Dicke von 6,3 mm liefern und einbauen	70,00	0,00
7.2	0	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen	110,00	0,00
7.3	0	Stck	Kontrollschacht für 400 m ² Dachfläche liefern und einbauen	800,00	0,00
7.4	0	Stck	Anschluss Kontrollschacht- Drainrohr (Rigole) herstellen	65,00	0,00
Summe					4528,00

Modell 4 Rigolenanlage					
Pos.-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	Gesamtpreis	
				€	€
1	1	psch.	Baustelleneinrichtung	300,00	300,00
2	Dachanschlüsse				
2.1	5	Stck	Anschluss Regenfallrohr- Grundleitung herstellen einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Muffen und Übergangsstücke	60,00	300,00
2.2	0	Stck	Anschluss Regenfallrohr DIN 18461 - KR 150 - Zn an offene Muldenzuleitung mit Rohrbogen 60° herstellen, einschl. liefern und montieren aller erforderlichen Formteile und Schellen	10,00	0,00
2.3	5	Stck	Standrohr bis 10 cm unter GOK einkürzen und verschliessen	20,00	100,00
3	Gebäuedurchführung				
3.1	0	lfdm	SML- Rohr DN 125 nach DIN 19522 einschl. CV-Verbinder sowie Befestigung mit schalldämmender Einlage liefern und montieren	55,00	0,00
3.2	0	Stck	Dichtung DN 150 gegen nicht drückendes Wasser	90,00	0,00
3.3	0	Stck	Kernbohrung im Kellerbereich für Rohrleitungen bis DN 150 herstellen, Mauerwerksstärke bis 24 cm	33,00	0,00
3.4	0	Stck	wie vor, jedoch Mauerwerksstärke bis 48 cm	66,00	0,00
4	Entwässerungsröhre				
4.1	42	lfdm	Rohrgraben herstellen, mittlere Tiefe = 60 cm, Breite = 35 cm einschl. Boden der Klasse 3-5 nach DIN 18300 lösen und zum Wiedereinbau seitlich lagern Aushub nach Verlegen der Leitung in Graben oberhalb der Leitungszone wieder einbauen Zum Verfüllen nicht verwendeten Aushub abfahren	15,00	630,00
4.2	0	m²	Pflasterbelag in Sand verlegt, einschl. Bettung aufnehmen und zum Wiedereinbau seitlich lagern	7,00	0,00
4.3	0	m²	Pflasterbelag in 5 cm Kiessand 0/4 verlegen, Verwenden des seitlich zwischengelagerten Materials, einschl. Herstellen des Planums	12,00	0,00
4.4	42	lfdm	Entwässerungsröhre HDPE DIN 19537 DN 100 liefern und in Rohrgraben, Tiefe bis 60 cm, verlegen, Auflager 15 cm Kiessand 0/4	10,00	420,00
4.5	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 150	14,00	0,00
4.6	0	lfdm	wie vor, jedoch DN 200	27,00	0,00
4.7	1	Stck	Anschluss Entwässerungsröhr - Sammelschacht herstellen	245,00	245,00
5	Pflasterrinne				
5.1	0	m	Pflasterrinne aus Klinkerpflaster herstellen Breite = 50 cm herstellen; einschl. liefern des Materials, Boden profilgerecht lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen; Bettung in 15 cm Beton B 15	60,00	0,00
6	Mulde				
6.1	0	m²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 20 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	12,00	0,00
6.2	0	m²	Versickerungsmulde herstellen, Tiefe = 30 cm, Boden lösen, fördern und auf Nebenflächen einbauen, Rasen ansäen 30 cm Oberboden als Deckschicht einbauen Randgefälle 2:1	15,00	0,00
7	Rigolensystem				
7.1	16	m³	Rigole herstellen, Breite 1,00 m Höhe 1,00 m; Boden profilgerecht lösen, fördern und abfahren; Planum herstellen; Filtervlies mit einer Masse von 600g/ m² und einer Dicke von 6,3 mm liefern und einbauen	70,00	1120,00
7.2	21	Stck	Rigolenelemente Typ INTEWA Drainmax l/b/h = 2,4/0,325/0,6 m oder glw. liefern und gem. Herstellerangaben einbauen	110,00	2310,00
7.3	1	Stck	Kontrollschacht für 400 m² Dachfläche liefern und einbauen	800,00	800,00
7.4	1	Stck	Anschluss Kontrollschacht- Drainrohr (Rigole) herstellen	65,00	65,00
Summe				6290,00	

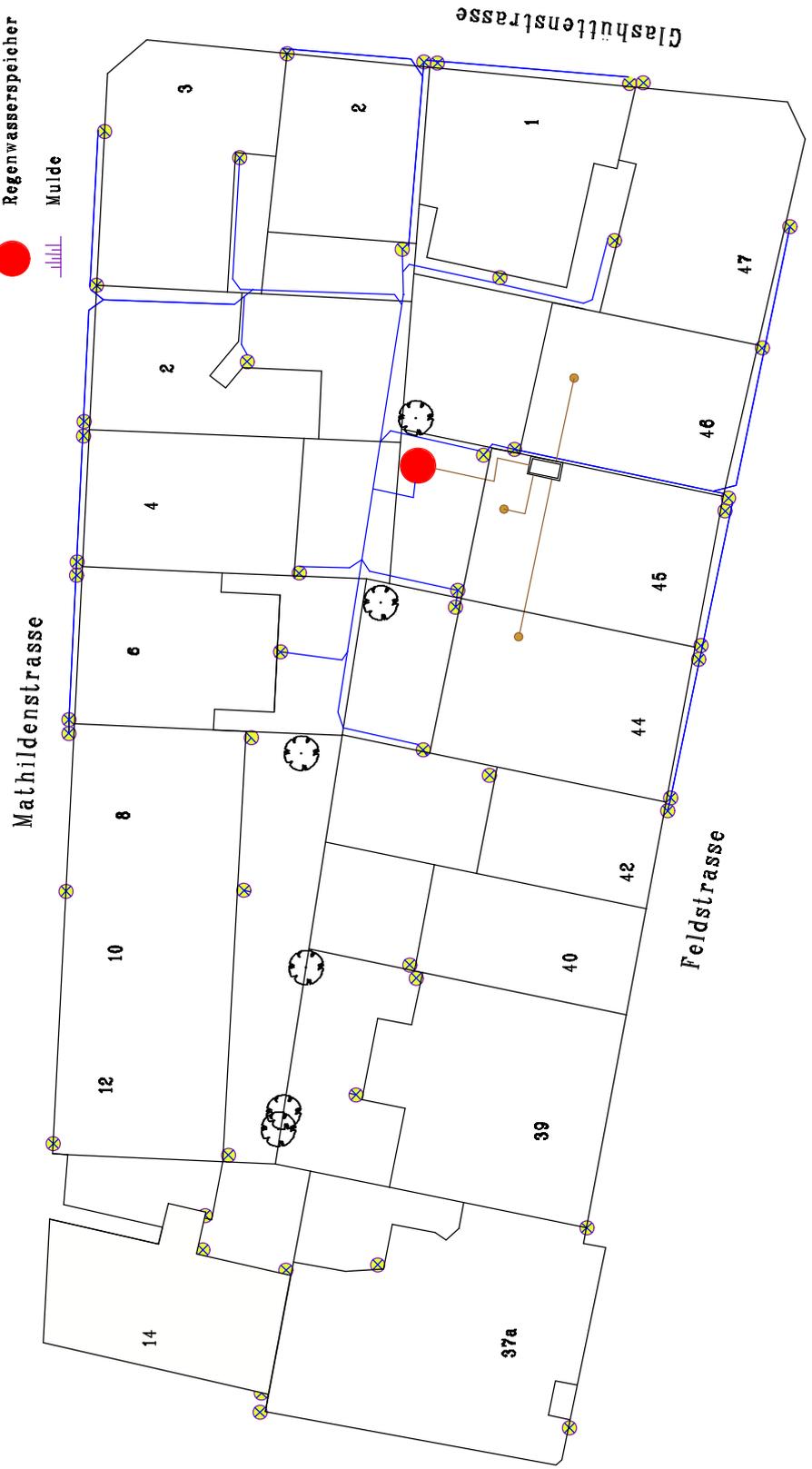
Anhang VII

Planunterlagen

Plan 01	Modell 1.1.1.....	195
Plan 02	Modell 1.1.2.....	196
Plan 03	Modell 1.2.1.....	197
Plan 04	Modell 1.2.2.....	198
Plan 05	Modell 2.1.1.....	199
Plan 06	Modell 2.1.2.....	200
Plan 07	Modell 2.2.1.....	201
Plan 08	Modell 2.2.2.....	202
Plan 09	Modell 3.1 Mulden-Rigole.....	203
Plan 10	Modell 3.1 Rigole.....	204
Plan 11	Modell 3.2.....	205
Plan 12	Modell 4.....	206
Plan 13	Modell 5.....	207

Legende

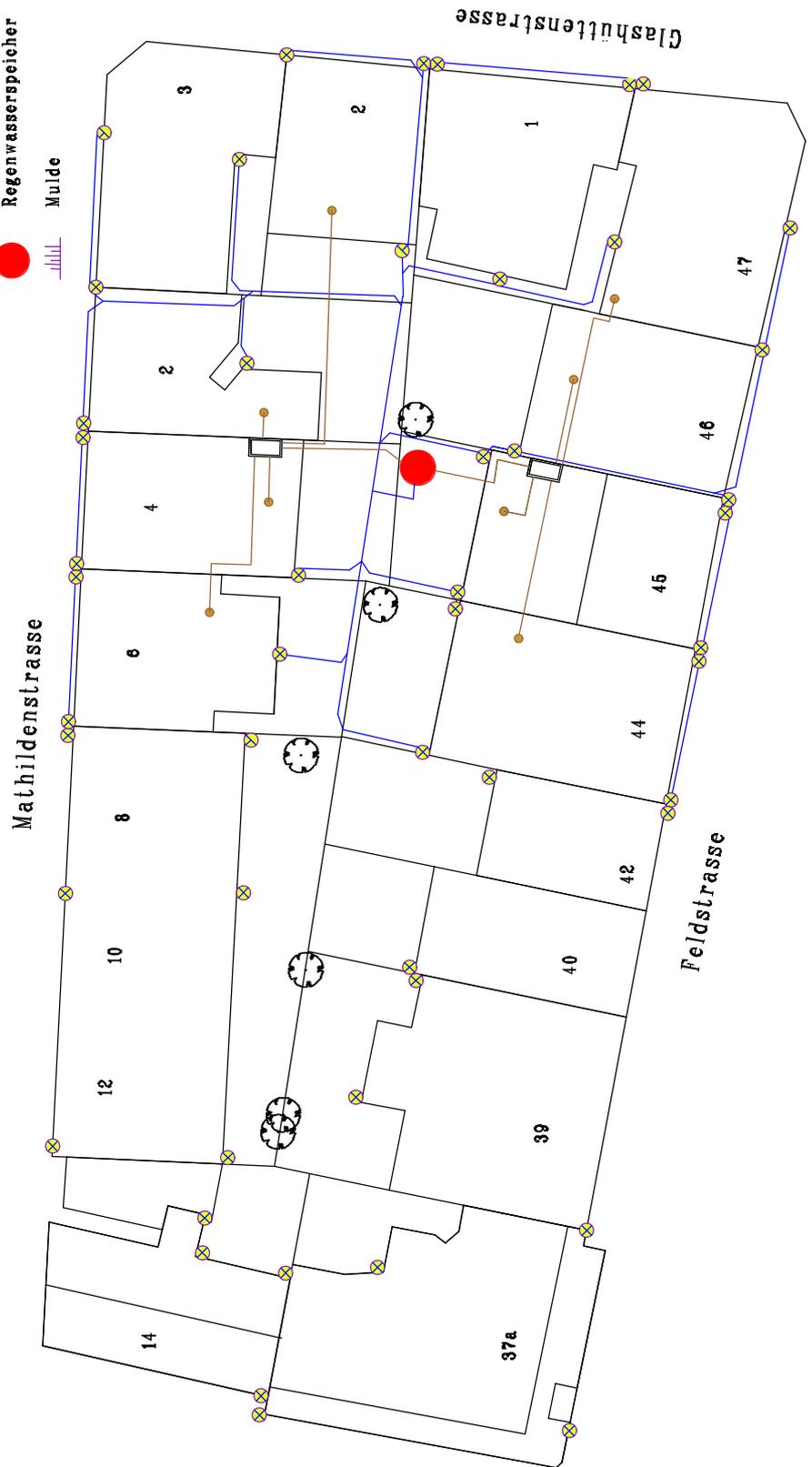
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- ▨ Rigole
- ▭ Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ▭ Mulde



<p><u>Plan-Nr.</u></p> <p style="text-align: center;">01</p>	<p><u>Planinhalt</u></p> <p style="text-align: center;">Modell 1.1.1 RWNA aller DF für den reellen Bedarf</p>	<p><u>Maßstab</u></p> <p style="text-align: center;">1:500</p>
<p><u>Verfasser</u></p> <p>Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B</p>	<p style="text-align: center;">Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen</p> <p style="text-align: center;">HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen</p>	<p><u>Datum</u></p> <p style="text-align: center;">23.07.2003</p> <p style="text-align: right;">Seite 195</p>

Legende

- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- Rigole
- Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ||||| Mulde



Plan-Nr.

02

Planinhalt

Modell 1.1.2
RWNA aller DF für den optimierten Bedarf

Maßstab

1:500

Verfasser

Andre'Schwark
Matr.-Nr.: 1556557
Semester B9 B

Modellhafte Auslegung und Beurteilung
von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen

HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen

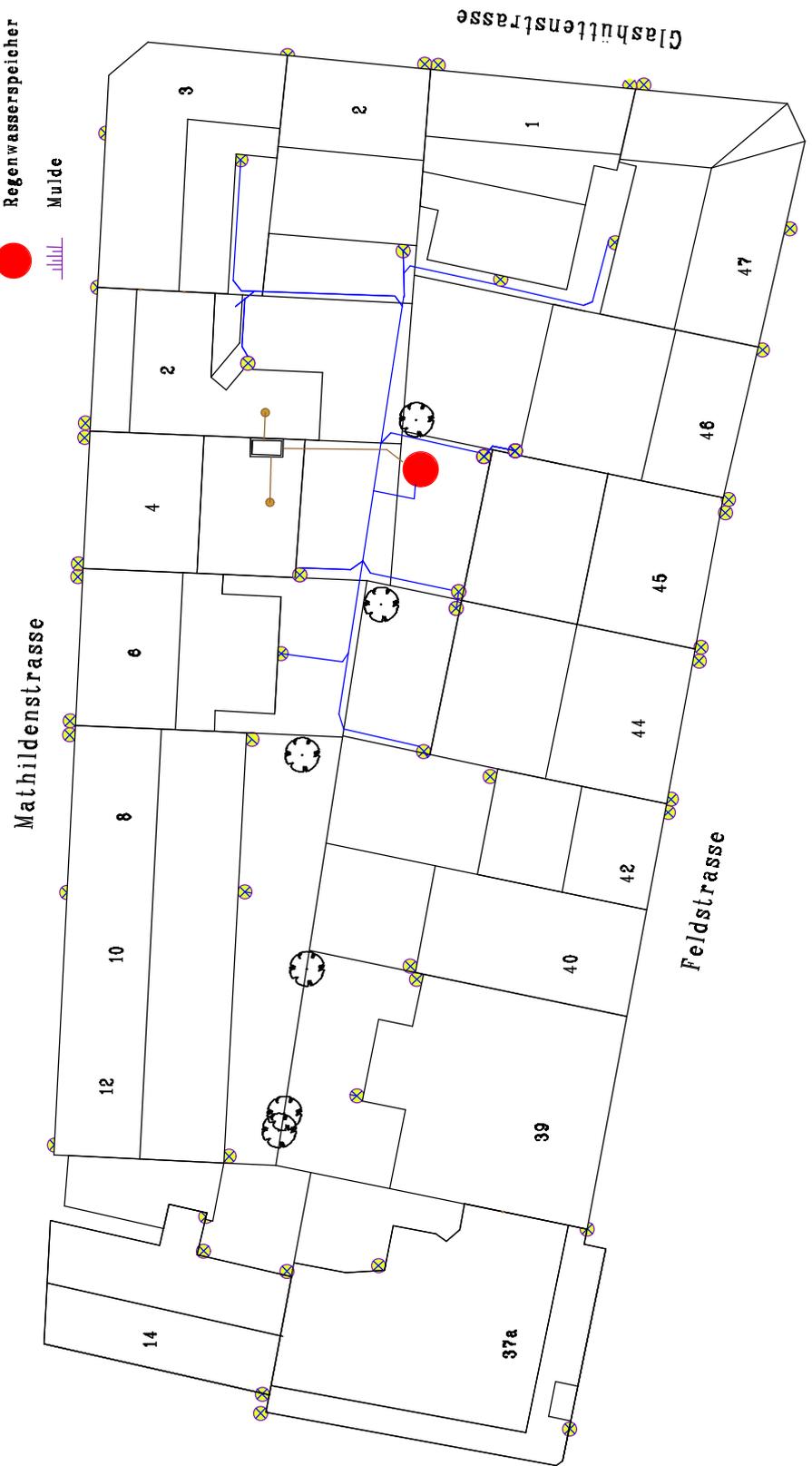
Datum

23.07.2003

Seite 196

Legende

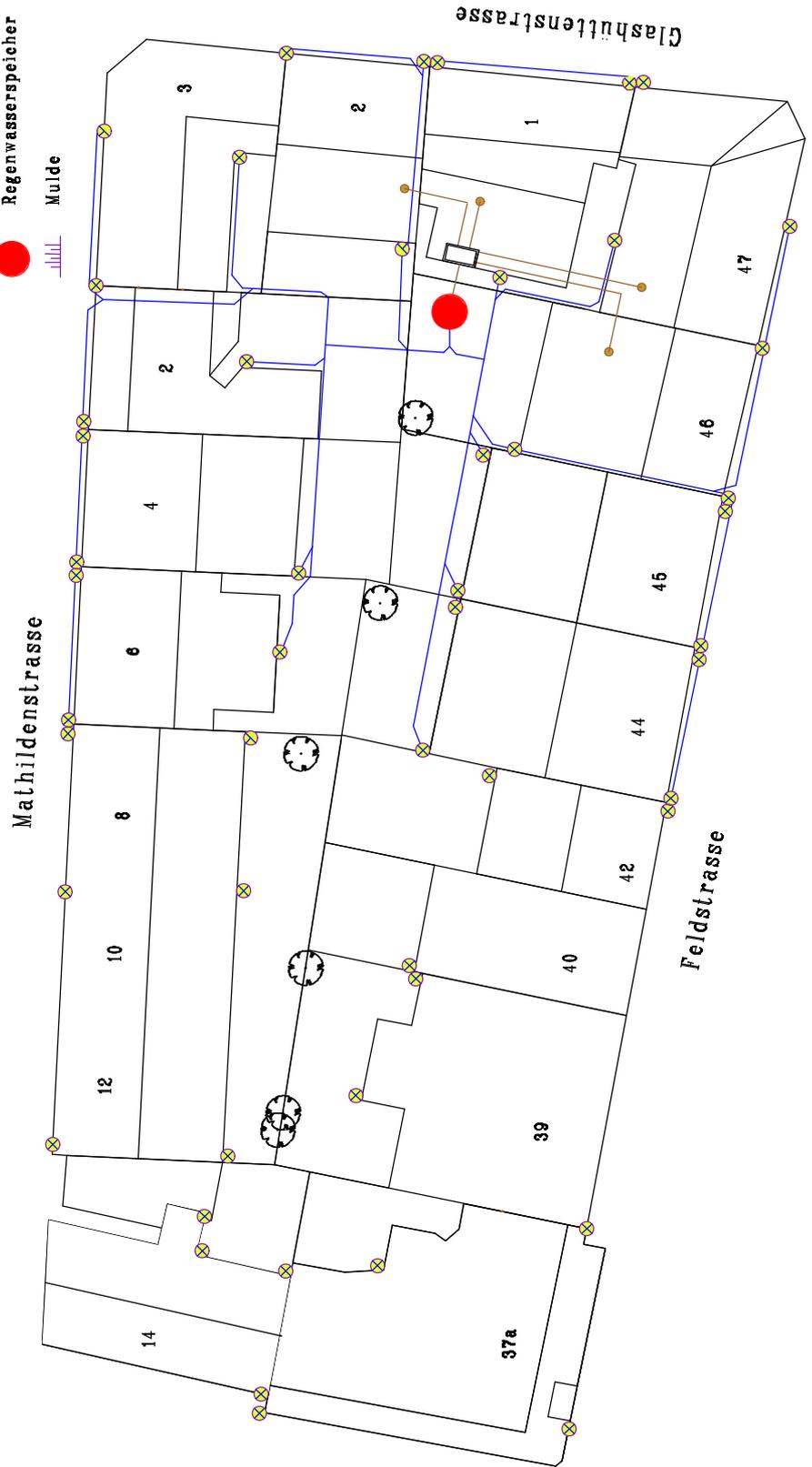
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- Rigole
- Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ||||| Mulde



<u>Plan-Nr.</u> <div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">03</div>	<u>Planinhalt</u> Modell 1.2.1 RWNA der inneren DF für den reellen Bedarf	<u>Maßstab</u> <div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">1:500</div>
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen <div style="text-align: center; font-size: 12px;">HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen</div>	<u>Datum</u> <div style="text-align: center; font-size: 24px; font-weight: bold;">23.07.2003</div> <div style="text-align: right; font-size: 24px; font-weight: bold;">Seite 197</div>

Legende

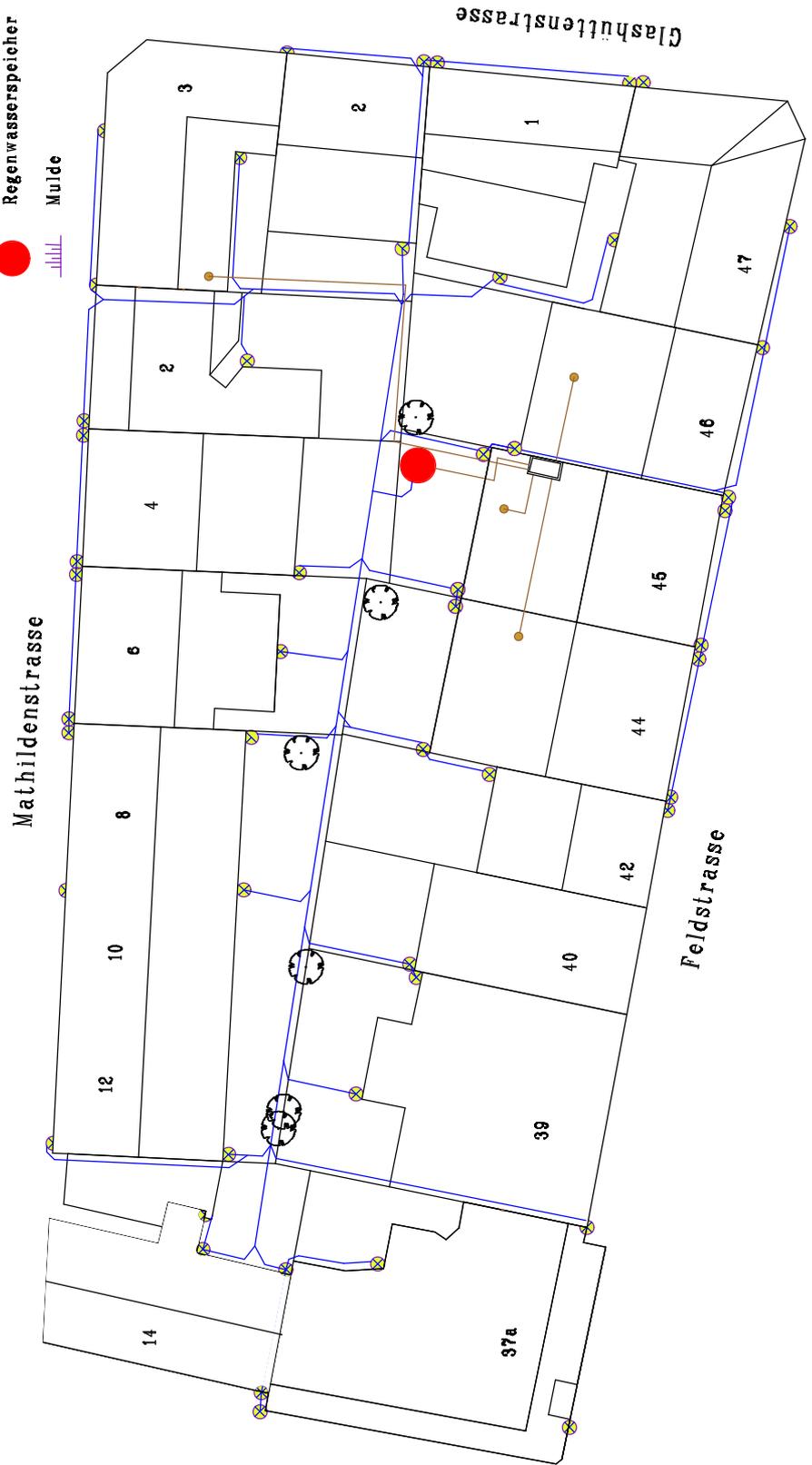
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- Rigole
- Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ||||| Mulde



<u>Plan-Nr.</u> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">04</p>	<u>Planinhalt</u> <p style="text-align: center;">Modell 1.2.2 RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf</p>	<u>Maßstab</u> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:500</p>
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen	<u>Datum</u> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">23.07.2003</p> <p style="text-align: right; font-size: 1.2em;">Seite 196</p>

Legende

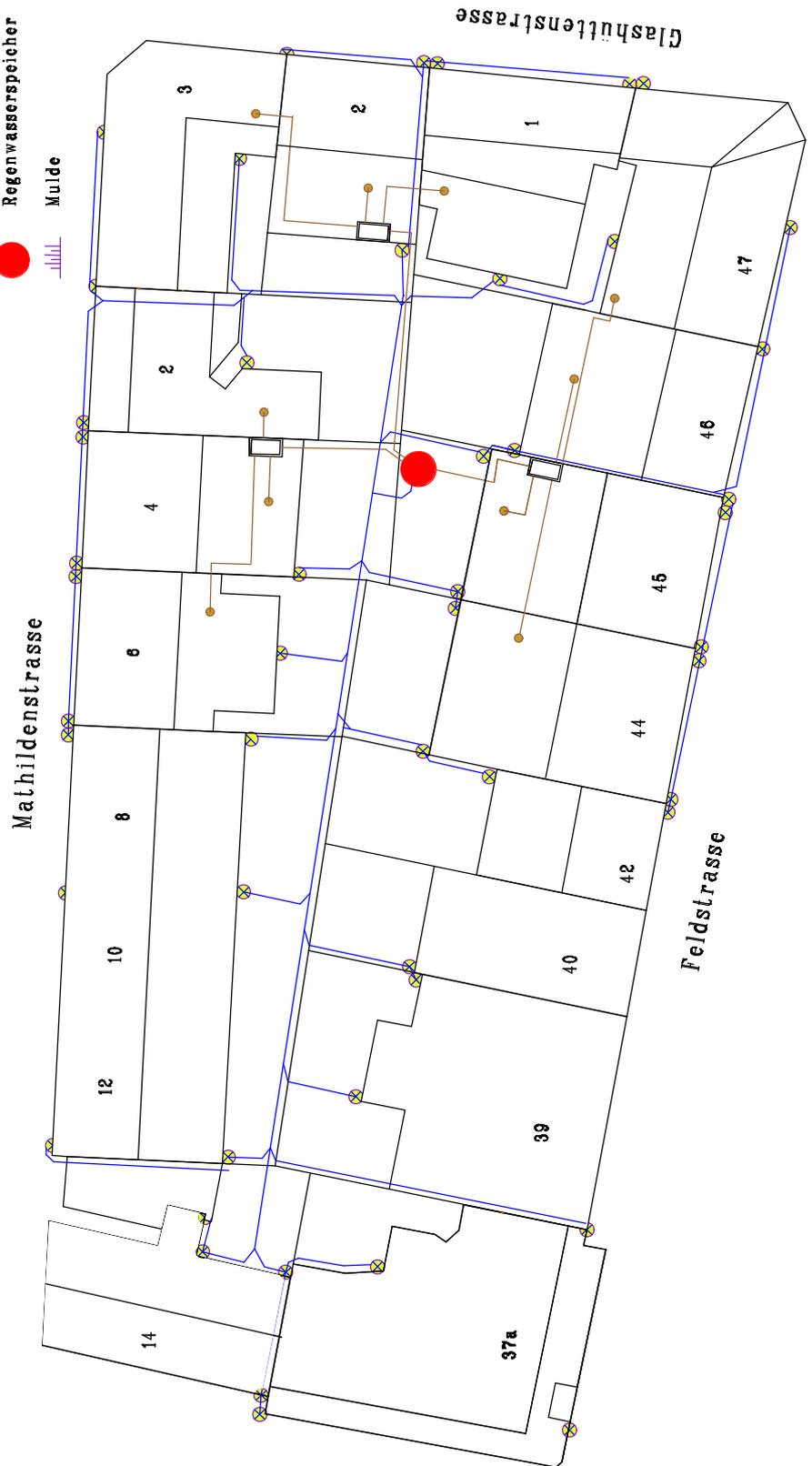
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
-  Rigole
-  Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
-  Mulde



<u>Plan-Nr.</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">05</div>	<u>Planinhalt</u> Modell 2.1.1 RWNA aller DF für den reellen Bedarf	<u>Maßstab</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:500</div>
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen	<u>Datum</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">23.07.2003</div> <div style="text-align: right; font-size: 1.2em;">Seite 199</div>

Legende

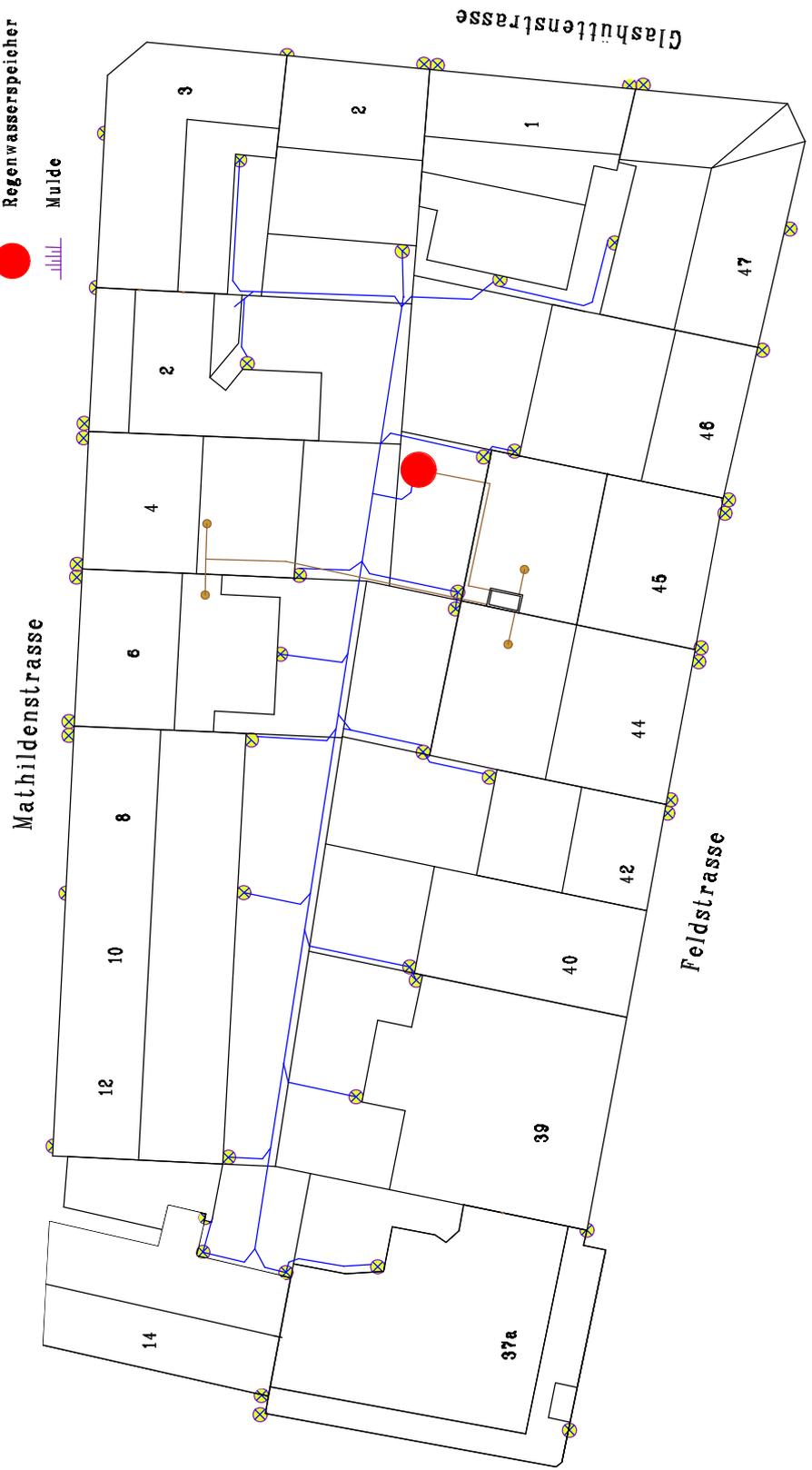
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
-  Rigole
-  Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
-  Mulde



<u>Plan-Nr.</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">06</div>	<u>Planinhalt</u> Modell 2.1.2 RWNA aller DF für den optimierten Bedarf	<u>Maßstab</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">1:500</div>
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen	<u>Datum</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">23.07.2003</div> <div style="text-align: right;">Seite 200</div>

Legende

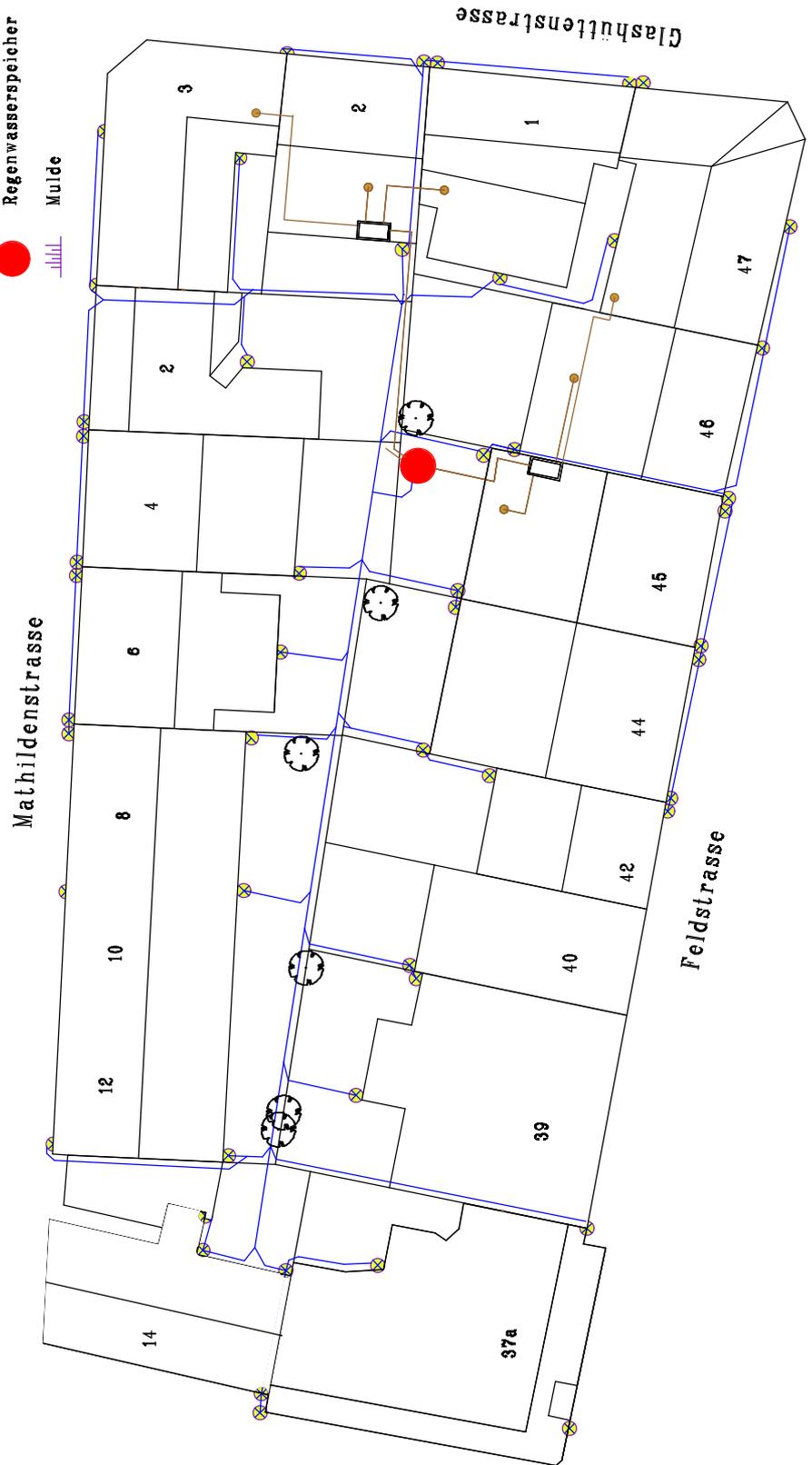
- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- ▨ Rigole
- ▭ Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ▬ Mulde



<p><u>Plan-Nr.</u></p> <p style="text-align: center;">07</p>	<p><u>Planinhalt</u></p> <p>Modell 2.2.1 RWNA der inneren DF für den reellen Bedarf</p>	<p><u>Maßstab</u></p> <p style="text-align: right;">1:500</p>
<p><u>Verfasser</u></p> <p>Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B</p>	<p>Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen</p> <p style="text-align: center;">HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurswesen</p>	<p><u>Datum</u></p> <p style="text-align: right;">23.07.2003</p> <p style="text-align: right;">Seite 201</p>

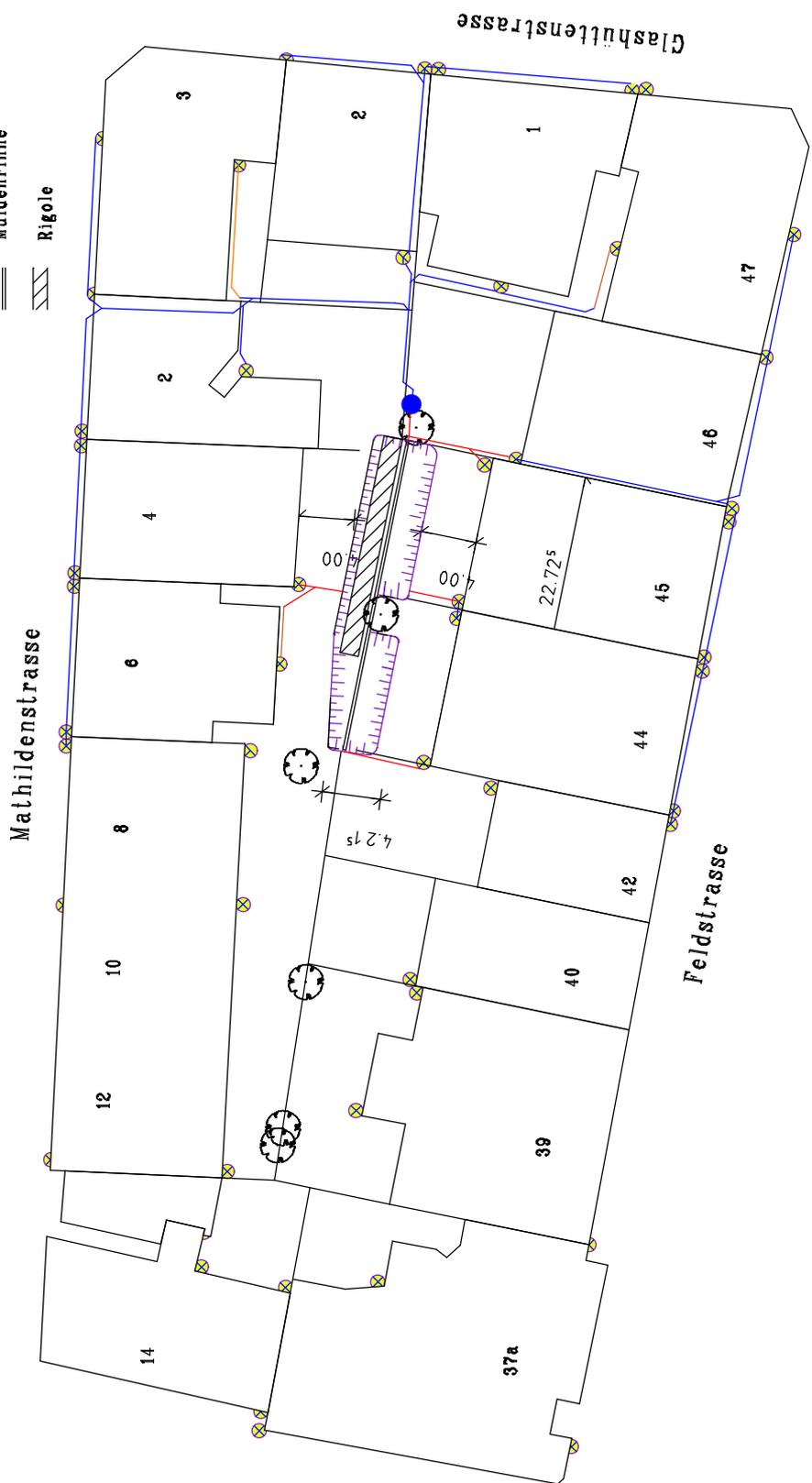
Legende

- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
- Rigole
- Hybridbehälter
- Regenwasserspeicher
- ||||| Mulde



<u>Plan-Nr.</u> 08	<u>Planinhalt</u> Modell 2.2.2 RWNA der inneren DF für den optimierten Bedarf	<u>Maßstab</u> 1:500
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen	<u>Datum</u> 23.07.2003 Seite 202

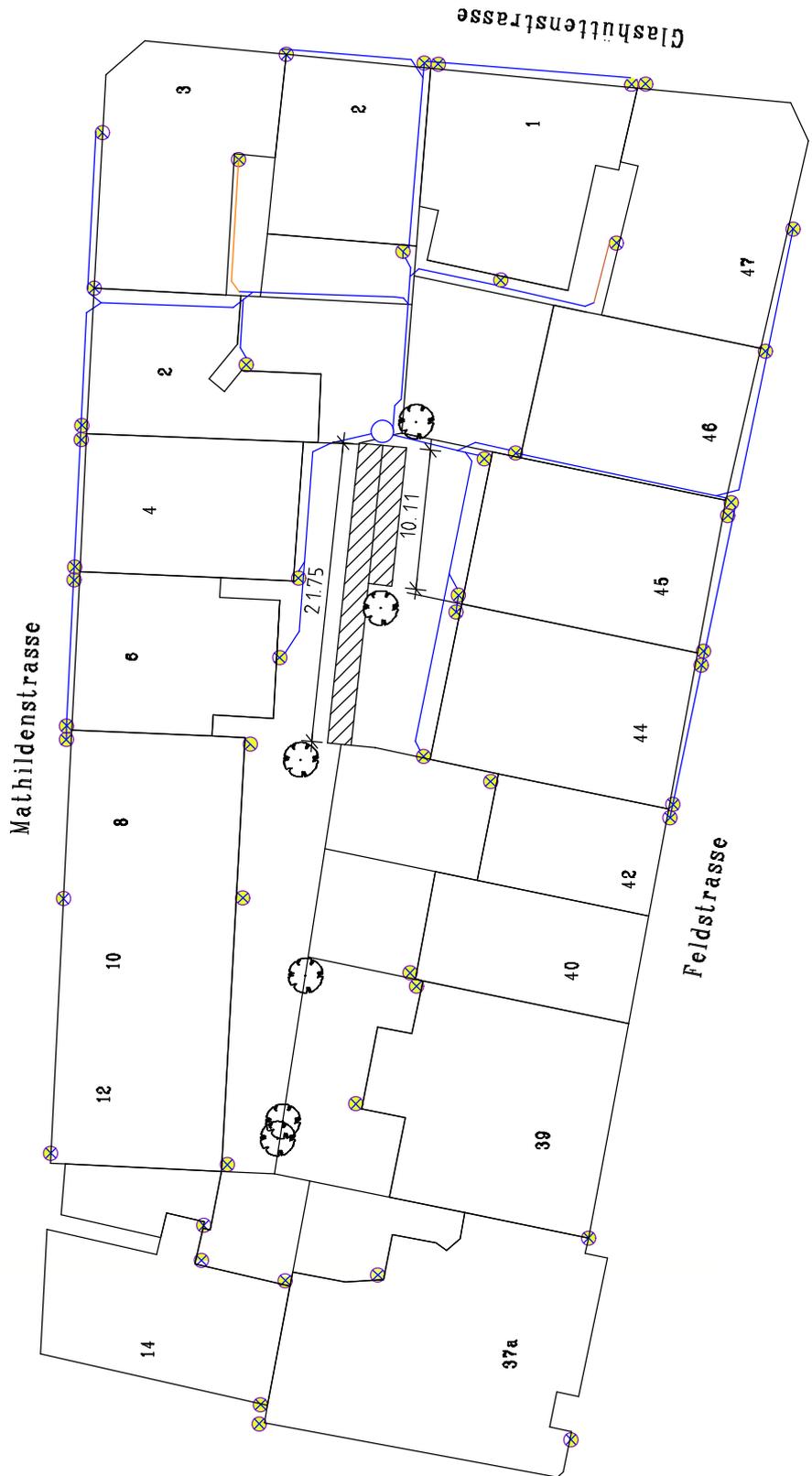
- Legende**
- offene Rinnenzuleitung
 - unterirdische Rohrleitungen
 - oberirdische Rohrleitungen
 - |||| Muldenbegrenzung
 - == Muldenrinne
 - == Rigole



<u>Plan-Nr.</u> 09	<u>Planinhalt</u> Modell 3.1 Mulden-Rigolenversickerung	<u>Maßstab</u> 1:500
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen	<u>Datum</u> 10.07.2003 Seite 203

Legende

- offene Rinnenzuleitung
- unterirdische Rohrleitungen
- oberirdische Rohrleitungen
- Muldenbegrenzung
- Muldenrinne
- Rigole



Plan-Nr.

10

Planinhalt

Modell 3.1 Rigolenversickerung

Maßstab

1:500

Verfasser

Andre'Schwark
Matr.-Nr.: 1556557
Semester B9 B

Modellhafte Auslegung und Beurteilung
von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen

HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen

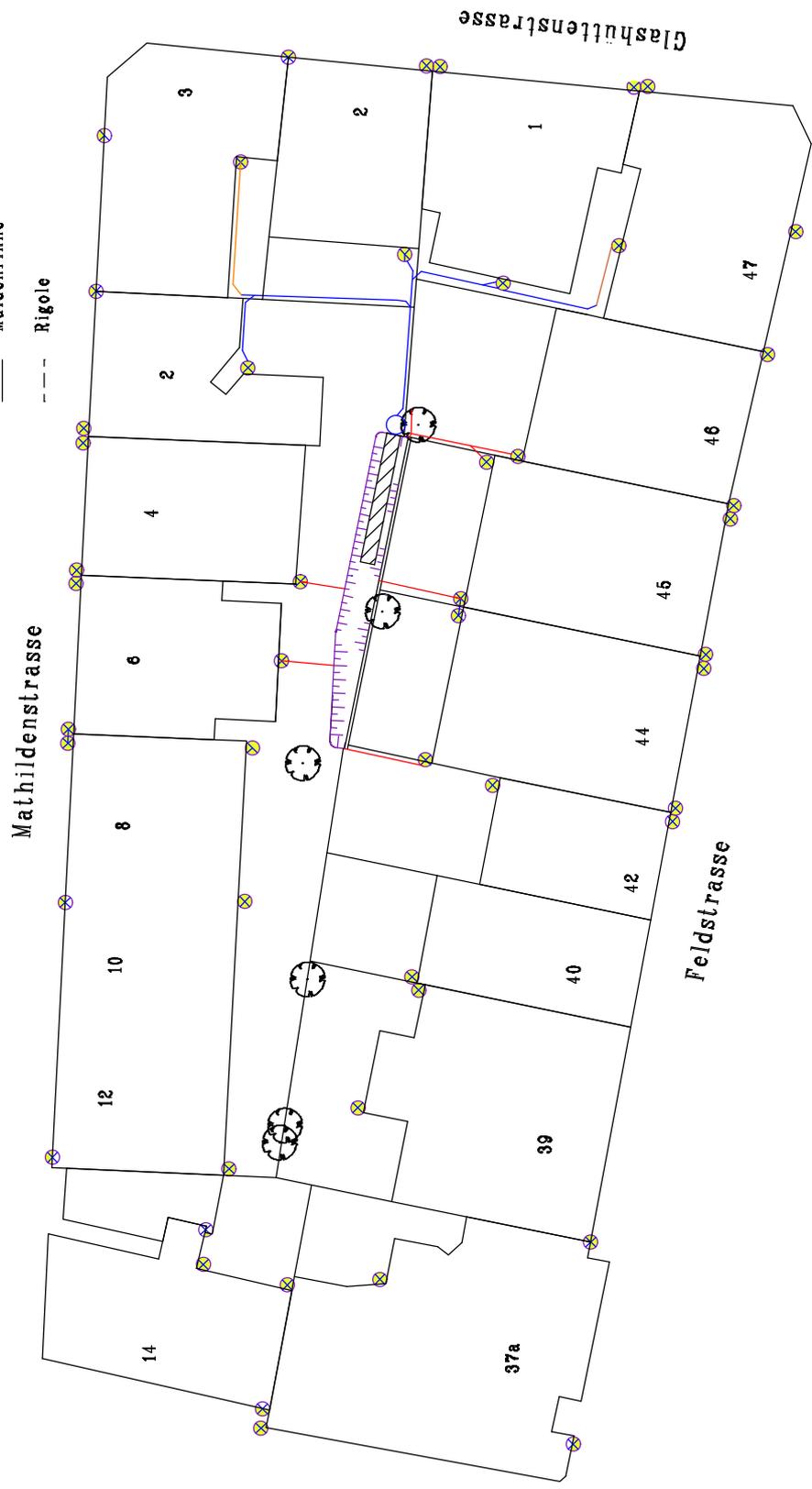
Datum

10.07.2003

Seite 204

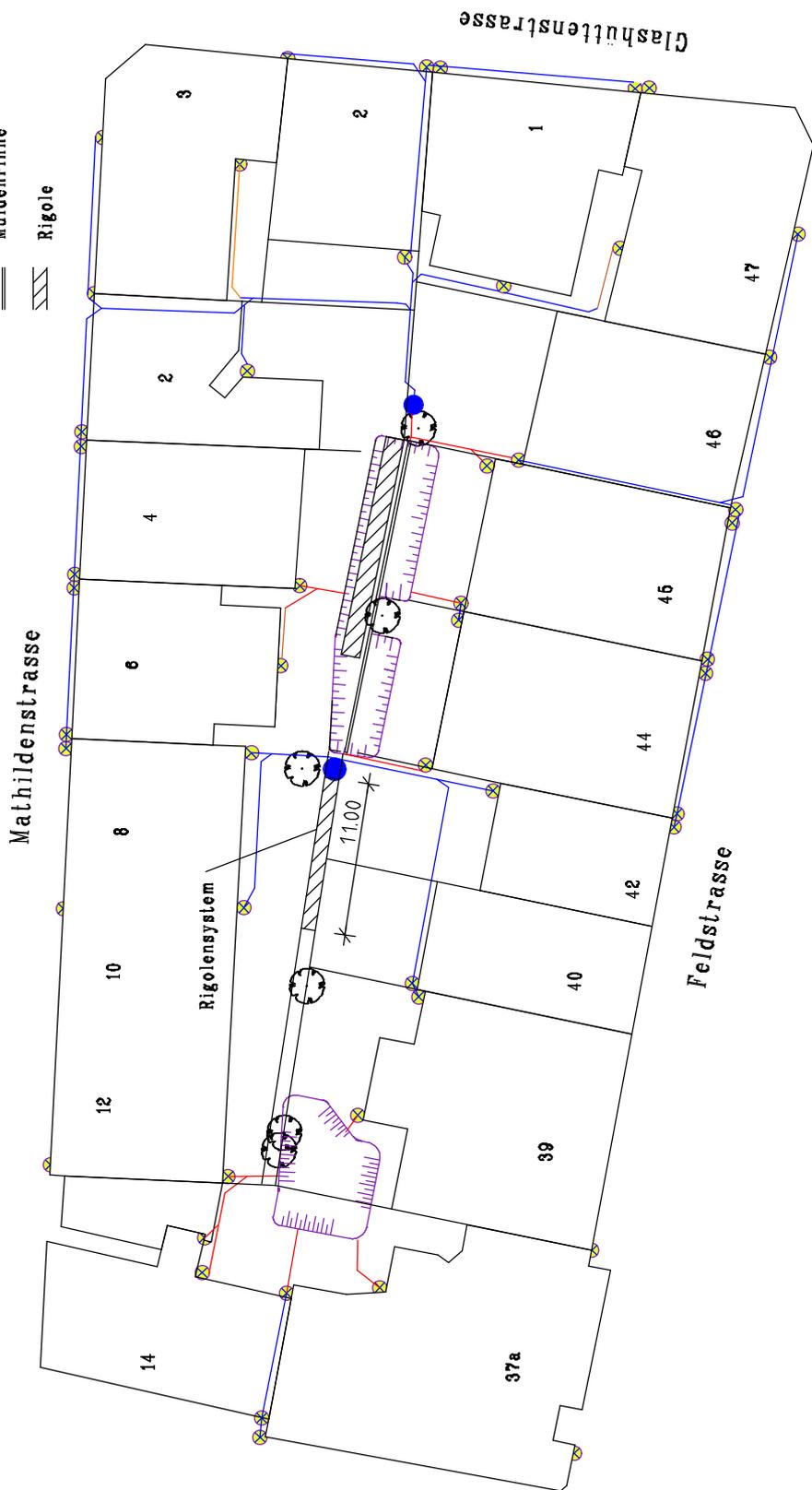
Legende

- offene Rinnenzuleitung
- unterirdische Rohrleitungen
- oberirdische Rohrleitungen
- Muldenbegrenzung
- Muldenrinne
- Rigole



<p><u>Plan-Nr.</u></p> <p style="text-align: center;">11</p>	<p><u>Planinhalt</u></p> <p style="text-align: center;">Modell 3.2 Mulden-Rigolenversickerung</p>	<p><u>Maßstab</u></p> <p style="text-align: right;">1:500</p>
<p><u>Verfasser</u></p> <p>Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B</p>	<p style="text-align: center;">Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen</p> <p style="text-align: center;">HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurswesen</p>	<p><u>Datum</u></p> <p style="text-align: right;">10.07.2003</p> <p style="text-align: right;">Seite 205</p>

- Legende**
- offene Rinnenzuleitung
 - unterirdische Rohrleitungen
 - oberirdische Rohrleitungen
 - Muldenbegrenzung
 - Muldenrinne
 - Rigole



Plan-Nr.

12

Planinhalt

Modell 4 Mulden-, Rigolen- und
Mulden-Rigolenversickerung

Maßstab

1:500

Verfasser

Andre'Schwark
Matr.-Nr.: 1556557
Semester B9 B

Modellhafte Auslegung und Beurteilung
von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen

HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen

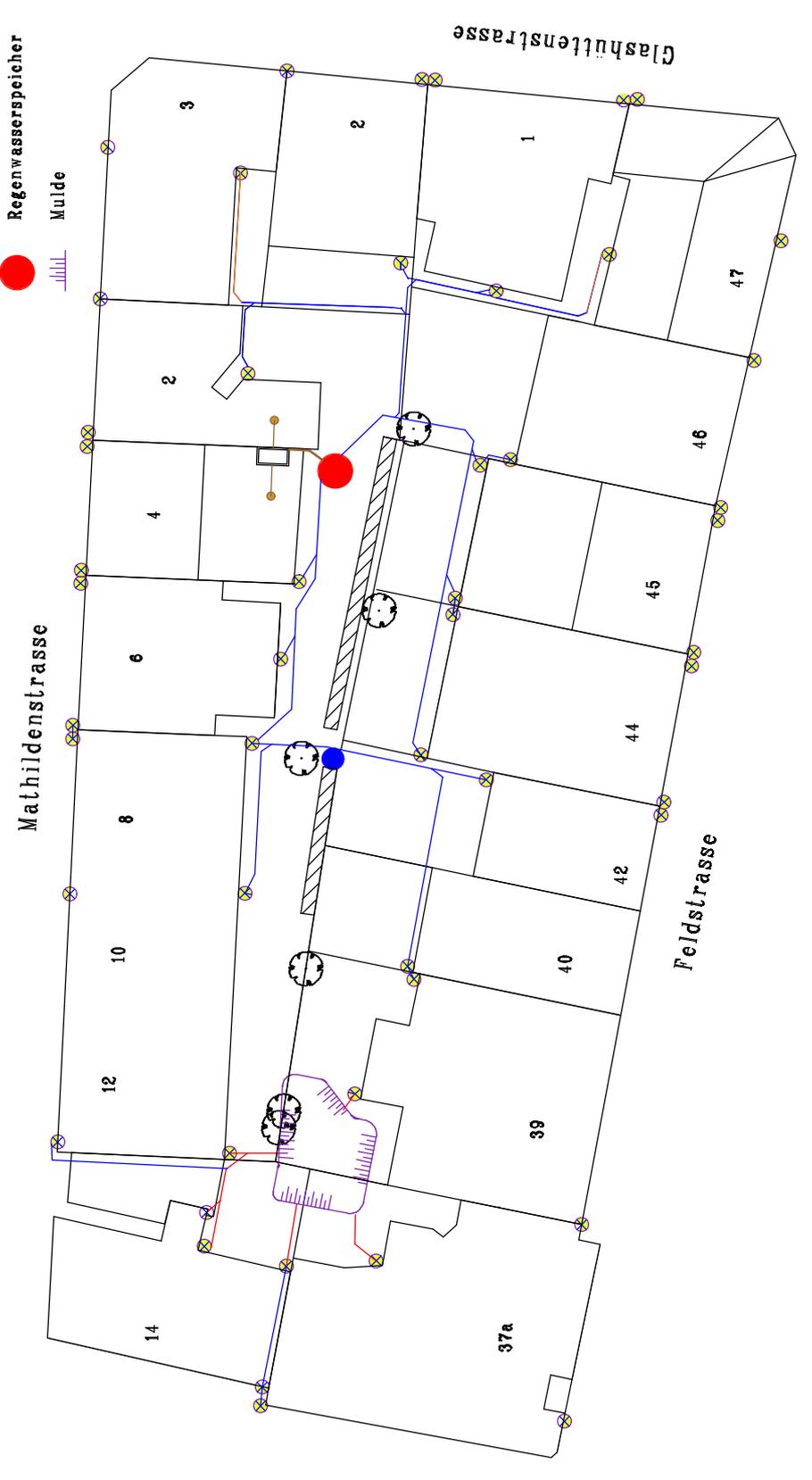
Datum

10.07.2003

Seite 206

Legende

- unterirdische Rohrleitungen
- Rigolenzulauf
- oberirdische Rohrleitungen
- Versorgungsleitungen
- Hausanschluss
-  Rigole
-  Hybridbehälter
-  Regenwasserspeicher
-  Mulde



<u>Plan-Nr.</u> <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">13</div>	<u>Planinhalt</u> <div style="text-align: center;"> Modell 5 Kombination Regenwassernutzung und Versickerung </div>	<u>Maßstab</u> <div style="text-align: center;">1:500</div>
<u>Verfasser</u> Andre'Schwark Matr.-Nr.: 1556557 Semester B9 B	<div style="text-align: center;"> Modellhafte Auslegung und Beurteilung von Regenwasserbehandlungsmaßnahmen </div> <div style="text-align: center; font-size: 0.8em;"> HAW Hamburg, Fachbereich Bauingenieurwesen </div>	<u>Datum</u> <div style="text-align: center;">10.07.2003</div> <div style="text-align: right;">Seite 207</div>