

Möglichkeiten für eine Regenwasserbewirtschaftung des Bereiches Alte Technik der TU Graz

Diplomarbeit zum Erwerb des akademischen
Titels Diplomingenieur der
Studienrichtung Bauingenieurwissenschaften

MARTIN SCHOBER

Verfasst am Institut für
Siedlungswasserwirtschaft und
Landschaftswasserbau
der Technischen Universität Graz

Begutachter:
Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Harald Kainz

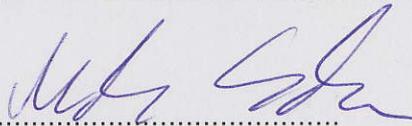
Betreuender Assistent:
Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber

Graz, April 2009

ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, April 2009



.....
(Martin Schober)

DANKSAGUNG:

Mein Dank gebührt in erster Linie meinen Eltern Gertraud und Wilfried Schober, die mir meine gesamte Ausbildung und mein Studium ermöglicht haben und mich über viele Jahre in jeglicher Art und Weise unterstützt haben. Mit Abschluss dieses Studiums geht nicht nur für mich, sondern vor allem für meine Eltern ein langersehnter Traum in Erfüllung.

Mein weiterer Dank geht an Herrn Ass.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Günter Gruber, der mir dieses Thema der Diplomarbeit vorgeschlagen und diese Arbeit auch betreut hat. Er hatte bei meinen vielen Fragen immer Zeit für mich, stand mir hilfreich zur Seite und ohne ihn wäre die Diplomarbeit nicht das, was sie jetzt ist.

Ebenso möchte ich mich bei Herrn Univ.-Prof. DDipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Harald Kainz für die Begutachtung der Diplomarbeit bedanken.

Ein großes Dankeschön geht auch an alle Freunde in Graz und in Linz, welche mir die Studienzeit zu einer wunderbaren und unvergesslichen Zeit machten und zeigten, dass es auch ein Leben neben dem Studieren gibt.

Abschließend möchte ich danke sagen an alle Einrichtungen, Behörden, Ämter, Institute und sonstigen Institutionen, welche mir bei der Beschaffung der einzelnen Unterlagen behilflich waren. Ohne deren Hilfe wäre diese Diplomarbeit in diesem Umfang nicht möglich gewesen.

Kurzfassung:

Möglichkeiten für eine Regenwasserbewirtschaftung des Bereiches Alte Technik der TU Graz

Die Technische Universität Graz feiert im Jahr 2011 ihr 200-jähriges Bestehen. In Vorbereitung auf dieses Ereignis werden zurzeit unterschiedliche Projekte durchgeführt. Eines davon betrifft den Bereich der Alten Technik mit dem Hauptgebäude der TU Graz, dessen Grünanlagen im Rahmen des Projektes Campus 2011 neu gestaltet werden sollen.

Ziel der Diplomarbeit ist es, nach Möglichkeit auch Maßnahmen einer zeitgemäßen Regenwasserbewirtschaftung in die Neugestaltung der Grünanlagen zu integrieren. Dafür werden in der Diplomarbeit zunächst die unterschiedlichen Möglichkeiten aufgezeigt und schließlich einige davon in einer sinnvollen Kombination zur Umsetzung vorgeschlagen. Nachdem eine Umsetzung der vorgeschlagenen Maßnahmen durchaus Vorbildcharakter für eine nachträgliche Implementierung solcher Maßnahmen im innerstädtischen Bereich haben könnte, sollte das Projekt öffentlichkeitswirksam begleitet werden. Dafür wurde in der Diplomarbeit die Errichtung eines Lehrpfades vorgeschlagen, welcher den Weg des Regenwassers bis zur Versickerung in den Untergrund bzw. zur Einleitung in den Kroisbach mit Schau- und Informationstafeln mitverfolgt.

Abstract:

Possible measures for rainwater management in the area of Alte Technik at Graz University of Technology

In 2011 Graz University of Technology will celebrate its 200 year anniversary. For this different projects are in the state of preparation. One project is dealing with the public garden in the area of Alte Technik with the main building of TU Graz which should be redesigned for this event in the frame of the Campus 2011 project.

The goal of the diploma thesis is the integration of modern measures of rainwater management. Beginning with a literature survey about the different possible measures for rainwater management finally several measures are recommended for implementation in an applicable combination.

Since the subsequent installation of such measures in dense populated urban areas will in a way serve as example for other areas the implementation phase of measures should be public oriented with e.g. press releases. In addition the installation of a nature trail is recommended which explains supported by some information panels the path of rainwater on the one hand percolating to groundwater and on the other hand discharging into creek Kroisbach.

Inhaltverzeichnis

Veranlassung und Ziel	1
Teil A: REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG	2
1. Einleitung	3
1.1. Historische Entwicklung der Regenwasserbewirtschaftung	3
1.2. Internationale Entwicklung der Regenwasserbewirtschaftung in der Vergangenheit und in der Zukunft	3
1.2.1. Europa	3
1.2.2. Nordamerika (USA/Kanada)	4
1.2.3. Asien	4
1.2.4. Australien	5
1.2.5. Brasilien	5
2. Vorgehensweise bei der Auswahl von geeigneten Regenwasserbewirtschaftungs- methoden	6
2.1. Machbarkeit	8
2.2. Qualität der Niederschlagswässer	8
3. Überblick über Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung	11
3.1. Versickerung	11
3.1.1. Flächenversickerung	14
3.1.2. Versickerungsmulden / -becken	15
3.1.3. Rigolgenversickerung / Mulden-Rigolen-Systeme	18
3.1.4. Rohrversickerung	20
3.1.5. Schachtversickerung	21
3.2. Speichersysteme – Retention	23
3.2.1. Filtermulden	23
3.2.2. Retentionsfilterbecken	24
3.2.3. Einstaudach / Gründach	26
3.3. Vorbehandlung der Regenwässer	28
3.3.1. Absetzschacht	29
3.3.2. Versickerungsschacht mit Schlammfang durch tiefliegende Schachtsohle	30
3.3.3. Geotextiler Filtersack in Versickerungsschächten	31
3.3.4. Leichtstoffabscheider	32
3.3.5. Absetzteich	32
3.3.6. Vegetationspassage	33

4. Regenwassernutzung	35
4.1. Allgemeines	35
4.1.1. Möglichkeiten und Anforderungen zur Nutzung von Niederschlagswasser ...	35
4.1.2. Ökologische und ökonomische Betrachtung	37
4.2. Nutzungsmöglichkeiten und -kriterien	40
4.2.1. Private Nutzung von Regenwässern	40
4.2.2. Gewerbliche und kommunale Nutzung von Regenwässern	42
Teil B: CAMPUS 2011	44
1. Projektvorstellung	45
1.1. Projekt des Institutes für Straßen- und Verkehrswesen (Prof. Fellendorf)	45
1.2. Projekt des Institutes für Architektur und Landschaft (Prof. Loenhart)	49
1.3. Projekt des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau (Prof. Kainz)	51
2. Grundlagenermittlung für eine Projektierung	52
2.1. Allgemeines	52
2.2. Grundlagen der Dimensionierung	54
2.2.1. Bemessungsregen	54
2.2.2. Nutzbare Niederschlagsmenge-Regenwassernutzung	55
2.2.3. Abflusswirksame Gesamtfläche	55
2.2.4. Sickerfähigkeit (Durchlässigkeit) des Untergrundes	58
2.2.5. Grundwassermächtigkeit	60
2.3. Bestand der Regenwasserableitung	61
2.4. Kroisbach	62
2.4.1. Allgemeines	62
2.4.2. Hydrologie	67
3. Berechnung der Systemmöglichkeiten	68
3.1. Versickerungssysteme	68
3.1.1. Flächenversickerung	68
3.1.2. Muldenversickerung	69
3.1.3. Rigolenversickerung	70
3.1.4. Gelochter Sickerschacht	72
3.1.5. Vergleich der einzelnen Systeme	74
4. Betriebskonzept eines möglichen Regenwasserbewirtschaftungssystems	78
4.1. Problemstellung	78

4.2. Lösungsansätze	78
4.2.1. Versickerungssystem	80
4.2.2. Regenwassernutzung (Zisterne)	82
4.2.3. Ableitung der Wässer von den Parkflächen	83
4.2.4. Sonstige Flächen.....	83
5. Öffentlichkeitsarbeit	85
5.1. TU Graz als Vorreiter	85
5.2. Regenwasserbewirtschaftung – Was ist das?.....	85
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	87
7. Literaturverzeichnis	91
8. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis	93

Veranlassung und Ziel

Das Jahr 2011 ist für die Technische Universität Graz ein Jahr zum Feiern. Vor 200 Jahren gründete Erzherzog Johann am 26. November 1811 das Joanneum und somit den Vorgänger der heutigen TU Graz. Aus diesem Grund wurde die Idee geboren, die TU Graz an ihrem Standort (Alte Technik) etwas umzugestalten. Insbesondere durch eine Neugestaltung der bestehenden Parkanlagen soll die TU im Jahr 2011 in neuem Glanz erstrahlen und innovativ und modern wirken.

Meine Arbeit beschäftigt sich im Speziellen mit dem Campus der Alten Technik (Rechbauerstraße/Lessingstraße) und der Möglichkeit, Elemente einer zeitgemäßen Regenwasserbewirtschaftung in die Umgestaltung mit aufzunehmen. Im Vorfeld meiner Arbeit wurde das Thema Campus 2011 bereits am Institut für Architektur und Landschaft (Prof. Loenhart) und am Institut für Straßen- und Verkehrswesen (Prof. Fellendorf) im Rahmen von Seminaren bzw. Masterprojekten bearbeitet.

Bei einer Umgestaltung und Modernisierung der Grünanlagen am Campus Alte Technik sollen auch Systeme einer modernen Regenwasserbewirtschaftung in den Parkanlagen installiert und verschwundene, eingehauste Bäche in Graz, sowie der in diesem Bereich unterirdisch laufende Kroisbach, wieder in ein kleinräumiges Stadtbild integriert werden.

Ziel meiner Arbeit soll neben einer Zusammenstellung von Systemen einer modernen und zukunftsorientierten Regenwasserbewirtschaftung (Teil A) auch ein Konzept für eine Neugestaltung des Campus Alte Technik mit integrierten Elementen aus Regenwassernutzung und -bewirtschaftung (Teil B) sein. Es soll eine Art Machbarkeitsstudie erstellt werden, ob eine Niederschlagswasserbewirtschaftung auf dem Campus Alte Technik möglich ist und wenn ja, wie ein Konzept und der Betrieb dafür aussehen könnte.

Neben den wasserwirtschaftlichen Vorteilen dieser Konzepte, könnte die TU Graz damit aber auch eine Art Musterbeispiel für die Umsetzung solcher Maßnahmen schaffen und damit auch Wegbereiter für weitere Umgestaltungen in unseren Städten werden.

Teil A

REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG

1. Einleitung

1.1. Historische Entwicklung der Regenwasserbewirtschaftung

Niederschlag gab es schon immer und so wurde lt. Geiger/Dreiseitl (2001) bereits im Jahre 3000 v. Chr. in Babylon damit begonnen, die Regenwässer und auch die Abwässer zu sammeln und zentral zu versickern. Die Regenwässer waren zu dieser Zeit auch die einzige Möglichkeit einer Trinkwasserversorgung in entlegenen Gebieten ohne geeigneten Gewässern und Grundwasservorkommen

Auch die Römer sammelten die Regenwässer in Zisternen für weitere Nutzungen. Im Mittelalter wurden die Schlösser und Parkanlagen meist mit gesammelten Regenwässern bewirtschaftet.

Die Nutzung von Regenwasser zu Trinkwasserzwecken geriet aber in unserer Zeit durch den Bau von Wasserversorgungsleitungen, die vollflächige Versorgung und vor allem durch das Überangebot an Trinkwasser immer mehr ins Hintertreffen, so dass heute das Niederschlagswasser kaum mehr genutzt wird. Vielmehr wird es häufig als Abwasser betrachtet und vielerorts dem Kanal und der Kläranlage zugeführt und somit dem natürlichen Kreislauf über das Grundwasser entzogen.

1.2. Internationale Entwicklung der Regenwasserbewirtschaftung in der Vergangenheit und in der Zukunft

1.2.1. Europa

Nach D. Sperfeld (2005) ging von Deutschland eine wichtige Rolle für eine Verbreitung einer nachhaltigen Regenwasserbewirtschaftung in Europa aus. Durch große realisierte Anlagen und somit auch einer Marktentwicklung wurde eine Niederschlagswassernutzung interessant und übertrug sich schließlich auch auf die deutschen Nachbarländer wie Österreich, der Schweiz, Belgien und Dänemark.

Der Erfolg bzw. die Marktentwicklung einer Regenwasserbewirtschaftung hängt im Wesentlichen vom aktuellen Wasserpreis bzw. dem Wasserangebot ab.

So kämpft Frankreich seit Jahren in einzelnen Regionen mit unzureichenden Niederschlägen und fallendem Grundwasserspiegel. Dies hatte bereits Auswirkungen auf die Verbrauchsgewohnheiten wie z. B. Verbote der Bewässerung von Grünanlagen. Natürlich steht der Wasserversorger einer Regenwassernutzung aus verschiedensten Gründen eher skeptisch gegenüber, aber das Interesse seitens der Bevölkerung, der Planer und Architekten nimmt stetig zu.

Im südeuropäischen Raum (Spanien, Portugal, Griechenland), wo es zufolge von häufigen Trockenperioden immer wieder zu Engpässen in der Versorgung kommen kann, steckt die Entwicklung der Regenwassernutzung in den Kinderschuhen und wird nur teilweise genutzt.

Die Entwicklungen der Regenwasserbewirtschaftung im osteuropäischen Raum (Tschechien, Slowakei, Polen,..) gehen in erster Linie nicht von den einzelnen Nationen selbst aus (ausgenommen staatliche und öffentliche Großprojekte), sondern vielmehr von Großinvestitionen aus Deutschland für Produktionsstätten von Regenwassernutzungsunternehmen bzw. Manufakturen, welche dort aufgrund des Lohngefälles im osteuropäischen Raum errichtet werden. (D. Sperfeld, 2005)

1.2.2. Nordamerika (USA/Kanada)

Das allgemeine Interesse an Regenwassernutzung steigt und es ist bereits ein gewisser Qualitätsstandard an Speichertechnik vorhanden. Ein Problem ist allerdings das fehlende Umweltbewusstsein der Amerikaner hinsichtlich der Wasserressourcen und eine pauschale Abrechnung für den Verbrauch von Wasser, welcher bis zu viermal so hoch als in Deutschland oder Österreich ist.

Andere Probleme erzeugen die baulichen Gegebenheiten, wie z. B. die chemisch behandelten Dachdeckungen in Kanada, welche die Qualität der Niederschlagswässer negativ verändern.

Alles in allem betrachtet steht einer positiven Marktentwicklung und Verbreitung von Regenwasserbewirtschaftungssystemen in Nordamerika nichts im Wege. (D. Sperfeld, 2005)

1.2.3. Asien

In China wurden bereits einige größere Projekte zur Regenwasserbewirtschaftung und Wasserrecycling realisiert, wobei in technischer Hinsicht die Chinesen auf High-Tech-Produkte setzen. In Zukunft kann es in dieser Region aus Gründen der hohen Bevölkerungszahl und des immer stärkeren Wirtschaftswachstums zu einer weiten Verbreitung und hohen Investitionen in die Regenwasserbewirtschaftung kommen.

Japan, die fortschrittlichste Industrie- und Technonation Asiens, ist in der Regenwassernutzung durch Förderungsprogramme der öffentlichen Verwaltung bereits weit fortgeschritten. Dabei geht es weniger um eine Nutzung in der Haustechnik, vielmehr um eine Katastrophenvorsorge mit Trinkwasseraufbereitung und Löschwasserreserven im Erdbebenfall.

In Südkorea hat aufgrund seiner allgemeinen Trinkwasserknappheit bzw. der zahlreichen Starkniederschläge und den damit verbundenen Hochwässern eine Entwicklung von Maßnahmen zur Reduzierung von Hochwasserspitzen bzw. zur Nutzung der Niederschlagswässer stattgefunden. Dieser steht aber momentan ein zu niedriger Wasserpreis bzw. nur eine pauschale Vergütung für eine rasche Umsetzung dieser Maßnahmen im Weg.

In Indien versucht die Regierung mit einigen Programmen, den immer größer werdenden Problemen in der Trinkwasserversorgung Herr zu werden. Durch die steigende Landflucht steigt der Druck auf die Städte und somit die Notwendigkeit für den Ausbau der Wasserversorgung, welche durch Regenwassernutzung für den Haus- und Sanitärbereich etwas abgemindert werden kann. Die Finanzierung bis hin zu Anleitungen zur Errichtung von Regenwassernutzungsanlagen erfolgt in Indien über unabhängige Organisationen wie das Centre for Science and Environment (CSE) (D. Sperfeld, 2005).

1.2.4. Australien

Aufgrund des hohen Trinkwasserverbrauchs der privaten Haushalte in den Städten Australiens wird es in den nächsten Jahren eine großräumige Ausbreitung von Regenwassernutzungsanlagen geben. Schon heute gibt es seitens der Regierung Regularien z. B. den Building Sustainability Index (BASIX), welcher seit 1. Oktober 2005 zu einer Regenwassernutzung verpflichtet.

Ebenso wird eine Regenwassernutzung für Trinkwasserzwecke immer häufiger, da das Risiko von Erkrankungen laut einer australischen Studie (J. Heyworth, 2001) als geringfügig eingeschätzt wird.

Im Gegensatz zu anderen Nationen unterstützen in Australien die Wasserversorger aufgrund der geringen Wasserressourcen den Ausbau von Regenwassernutzungsanlagen und Wassersparmaßnahmen. Dies wird zu einer wesentlichen Beschleunigung des Aufbaus von gezielter Regenwasserbewirtschaftung beitragen (D. Sperfeld, 2005).

1.2.5. Brasilien

Durch die verschiedenen Klimazonen hat Brasilien mit mehreren Problemen zu kämpfen. Zum einen ist der Nordosten des Landes sehr trocken, weshalb die Regierung dort ein 1-Millionen-Zisternenprogramm eingeführt hat, um eine Basisversorgung der Bevölkerung zu gewährleisten.

Anders verhält sich der Niederschlag entlang der Küste im Süden, wo es in den letzten Jahren aufgrund des Klimawandels zu immer stärkeren Regenereignissen kommt, und nicht wie früher in den dahinterliegenden Bergen, welche als eine Art Trinkwasserreservoir dienen. Deswegen hat die Regierung reagiert und für Dachflächen größer als 500 m² einen Regenwasserspeicher verpflichtend vorgeschrieben. In den nächsten Jahren wird aufgrund der bevorstehenden Wasserknappheit die gesamte Regenwassernutzung immer interessanter. Vor allem in der Industrie und in der Landwirtschaft, für Kühlung und die Bewässerung gibt es ein großes Potential für die Regenwasserbewirtschaftung (D. Sperfeld, 2005).

2. Vorgehensweise bei der Auswahl von geeigneten Regenwasserbewirtschaftungsmethoden

Bei der Auswahl der geeigneten Methode zur Regenwasserbewirtschaftung müssen einige Parameter aus den Bereichen Ökologie und Ökonomie betrachtet und miteinander verglichen werden.

Aufgrund dieser Parameter können Maßnahmen gesetzt werden, welche den oberflächlichen Abfluss bei Regenereignissen minimieren bzw. steuern und regeln können.

Es soll dabei gemäß eines Prioritätenkatalog vorgegangen werden, wobei primär versucht werden soll, die Niederschlagswässer am Ort ihrer Entstehung zu versickern und somit auf kürzestem Wege wieder dem natürlichen Kreislauf zuzuführen

In der Richtlinie Regenwasserentsorgung des Verbands Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleuten (VSA, 2002) findet man in Abbildung 1 dargestellte empfohlene Vorgehensweise für die Wahl einer geeigneten Entsorgungsart von Regenwasser.

Demnach werden neben den drei Prioritäten

- Versickerung
- Einleitung in oberirdische Gewässer
- Ableitung in öffentliche Mischwasserkanalisation

die einzelnen Möglichkeiten auch auf ihre

- **Machbarkeit:** technische Machbarkeit, anfallende Wassermenge, Sickerleistung, räumliche Gegebenheiten
- **Zulässigkeit:** Klassifizierung der Niederschlagswässer, Menge der Wässer, Art und Zustand des betroffenen Grundwassers bzw. Oberflächengewässers, Aspekte des Bodenschutzes
- **Verhältnismäßigkeit:** Alle Möglichkeiten sollen in einem Variantenvergleich geprüft werden und die Variante gewählt werden, welche sowohl ökologisch wie auch ökonomisch den größten Vorteil bringt

geprüft.

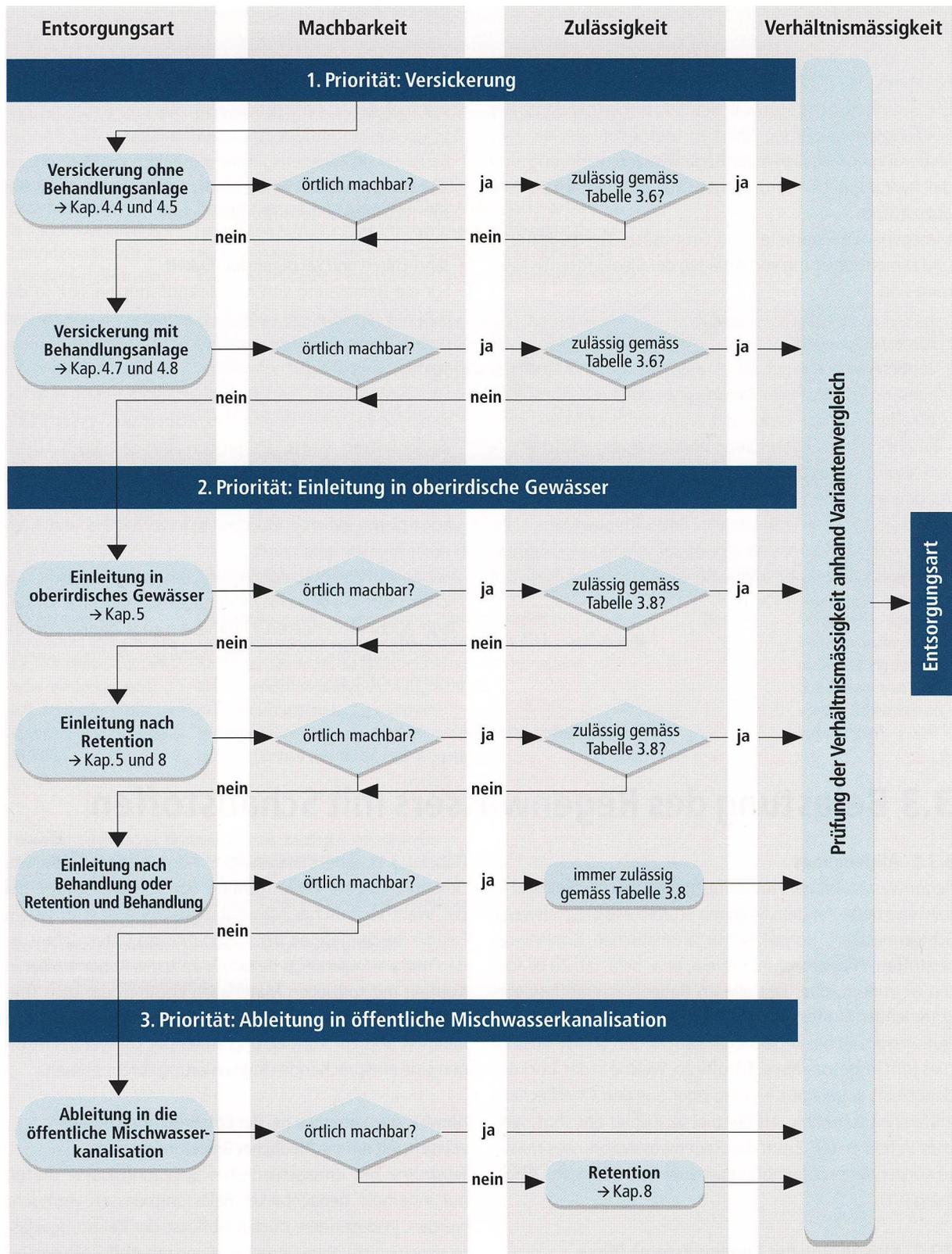


Abbildung 1: Prioritätenkatalog lt. VSA (2002)

2.1. Machbarkeit

Um eine Regenwasserbewirtschaftung wirtschaftlich betreiben zu können, müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Anfallende Wässer in Qualität und Menge
- Räumliche bzw. rechtliche Platzverhältnisse
- Mögliche Sickerleistung des Bodens
- Immissionsfähigkeit des Vorfluters
- Grundwassermächtigkeit

2.2. Qualität der Niederschlagswässer

Die Niederschlagsqualität in chemischer Hinsicht ist ein frühzeitig zu erfassender Parameter zur Auswahl eines bestimmten Systems. Selbst beim Herunterfallen durch die Atmosphäre nimmt der Niederschlag Schwebstoffe auf, welche die Wässer mehr oder weniger verunreinigen. Die anteilmäßig stärkste Verschmutzung findet danach beim Auftreffen auf die Oberfläche statt, wo die verschiedensten Stoffe und Elemente in das Regenwasser gelangen und wodurch das Regenwasser zu behandlungsbedürftigem Abwasser wird

Als Kenngrößen gibt der Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (ÖWAV) im Regelblatt 35 (2002) folgende mittlere Konzentrationen für Dachabflüsse (Tabelle 1) bzw. mittlere Konzentrationen für Straßenabflüsse mit DTV > 10.000 Kfz/24h (Tabelle 2) an

Tabelle 1: Mittlere. Konzentration in Dachabflüssen (ohne Verwendung von Schwermetallen) (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)

AFS	CSB	ges. N	ges. P	Cd	Cu	Pb	Zn	PAK ¹⁾
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
60	<30	2	0,3	0,6	20	20	100	1,5

1) Summenkonzentration der sechs in der TrinkwVO angeführten PAK

Tabelle 2: Mittlere Konzentration in Straßenabläufen (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)

AFS	CSB	ges. N	ges. P	Cd	Cu	Pb	Zn	PAK ¹⁾
mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
200	100	2	0,5	1,5	100	30	500	3

1) Summenkonzentration der sechs in der TrinkwVO angeführten PAK

Des Weiteren erfolgt im ÖWAV Regelblatt 35 (2002) eine weitere Unterteilung nach:

- Landwirtschaftlich genutzten Hofflächen, Wirtschaftswegen und Straßen
- Betrieblichen Flächen
- Flughäfen

Da Messungen der Beschaffenheit und Belastung der Niederschlagswässer nur mit hohem Aufwand möglich sind, wird im Regelfall auf Erfahrungswerte zurückgegriffen. Dabei wird die Art der Fläche charakterisiert und einem Flächentyp zugeordnet, welcher, wie in Tabelle 3 dargestellt, einer bestimmten Regenwasserbewirtschaftungsart zugeteilt werden kann bzw. soll.

Tabelle 3: Bewertung der Niederschlagsabflüsse in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)

Flächentyp	Art der Fläche
F1	Dachflächen, normal verschmutzt, nicht Cu-, Pb- oder Zn-gedeckt
F2	Rad- und Gehwege. Hofflächen und Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel in Wohngebieten und mit diesen vergleichbaren Gewerbegebieten, saisonal genutzte Parkplätze (z. B. Badeteiche) mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24 h. Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) bis 500 Kfz/24h (Wohnstraßen).
F3	Dachflächen, Cu-, Pb- und Zn-gedeckt (Ausnahme Bagatellgrenzen – siehe Abschnitt 5.1) Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) von 500 bis 15.000 Kfz/24h. Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel, die nicht dem Typ F2 zugeordnet werden können. Park- und Stellflächen für LKW, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen (z. B. Verluste von Treib- und Schmierstoffen, Frostschutzmitteln, Flüssigkeiten aus Brems- oder Klimatisierungssystemen etc.) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.
F4	Parkplätze für PKW mit häufigem Fahrzeugwechsel (z.B. Einkaufszentren). Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsaufkommen (DTV) über 15.000 Kfz/24h (Straßen mit in der Regel mehr als zwei Fahrspuren) und überregionale Hauptverkehrsstraßen unabhängig vom Verkehrsaufkommen. Landwirtschaftliche Hof- und Manipulationsflächen, auf denen mit Mineral- und Wirtschaftsdünger sowie Pflanzenschutzmittel hantiert wird. Straßen und Plätze mit starker Verschmutzung z.B. durch Landwirtschaft, Fuhrunternehmen, Reiterhöfe und Märkte.
F5	Park- und Stellplätze für LKW mit häufigem Fahrzeugwechsel, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Emissionen aus den Fahrzeugen nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann. Betriebliche Verkehrsflächen, sofern eine wesentliche Verschmutzung des Niederschlagswassers durch Ladegutverlust oder Manipulation (Tätigkeiten auf diesen Flächen) nicht mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden kann.

Nach einer erfolgten Zuordnung der Niederschlagswässer zu einem bestimmten Flächentyp F1 - F5 erfolgt nach Prüfung der Varianten und der Wahl eines bestimmten Bewirtschaftungssystems (Versickerung, Speicherung, ...) eine Einteilung für die Notwendigkeit einer weitergehenden Behandlung vor der Rückführungsmaßnahme in den natürlichen Kreislauf. In Tabelle 4 sind die Anforderungen an die Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche dargestellt-

Tabelle 4: Anforderung an die Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)

Flächentyp	Art der Fläche
F1	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben; die unterirdische Versickerung gilt aber als unbedenklich.
F2	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist anzustreben, die unterirdische Versickerung kann in Ausnahmefällen toleriert werden, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist und eine geeignete Vorreinigung (z.B. Schlammfang, Adsorptionsfiltermatten)ausgeführt wird. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in der Regel zulässig.
F3	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Das Ausmaß einer eventuell erforderlichen Vorbehandlung (z.B. Absetzbecken, Zuleitung über Mulden und Gräben) vor der zentralen Sickeranlage muss im Einzelfall geprüft werden. Die Flächenversickerung über durchlässige Beläge ist in Ausnahmefällen zulässig, wenn auf Grund der Untergrundverhältnisse eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten ist.
F4	Die Versickerung über eine Oberbodenpassage ist in der Regel zulässig und anzustreben. Eine Vorbehandlung vor der zentralen Sickeranlage ist in der Regel erforderlich. Das Ausmaß der Vorbehandlung muss im Einzelfall festgelegt werden. Bei zentralen Versickerungsbecken ($A_{red}/A_s > 15$) ist der k_f -Wert mit höchstens 10-5 m/s anzusetzen.
F5	Die Versickerung ist in der Regel nur mit Kontrollmöglichkeit nach der Reinigung zulässig.

In der Tabelle 5 sind Anforderungen an die Vorbehandlung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche gemäß ÖWAV Rbl. 35 (2002) dargestellt

Tabelle 5: Anforderungen an die Vorbehandlung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)

Flächentyp	Art der Fläche
F1 - F3	In der Regel ist keine Behandlung der Niederschlagsabflüsse dieser Flächen vor der Einleitung in ein Fließgewässer erforderlich. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.
F4, F5	Die Niederschlagsabflüsse dieser Flächen sind nach Möglichkeit getrennt zu erfassen und vorzureinigen, bevor sie in ein Fließgewässer eingeleitet werden. Als Mindestanforderung gilt eine mechanische Reinigung (Absetzbecken mit Tauchwand), nach Möglichkeit ist eine Filterpassage vorzusehen. Immissionsseitig ist die Notwendigkeit von weitergehenden Maßnahmen zu prüfen, wenn der mittlere Gewässerabfluss geringer ist als der Richtwert, der sich nach den Prüfkriterien dieses Regelblattes errechnet.

Bei einer Einleitung in Fließgewässer ist neben der Art der zu entwässernden Fläche auch die hydraulische Kapazität bzw. Gewässerbelastung des Vorfluters zu erfassen und mit den Mengen der einzuleitenden Niederschlagswässer zu vergleichen bzw. zu begrenzen.

Hinsichtlich von Grenzwerten für eine Einleitung gibt es laut ÖWAV Rbl. 35 (2002) folgenden Vorgaben: (bei einem Übersteigen dieser Grenzwerte sind Retentionsmaßnahmen vorzusehen)

$$P/MQ \geq 10 \left[\frac{\text{Personen}}{\text{l/s}} \right]$$

P... Personen im Siedlungsgebiet

MQ.. mittlerer Gewässerabfluss

$$A/MQ \geq 0,1 \left[\frac{\text{ha}}{\text{l/s}} \right]$$

A... undurchlässige Fläche bei Freilandstraßen

$$Q_{e,1} \geq 0,5 * HQ_1$$

Q_{e,1}... maximaler Niederschlagsabfluss bei Bemessungsregen mit Jährlichkeit n = 1

HQ₁... einjähriger Hochwasserabfluss

3. Überblick über Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung

Im Prinzip gibt es vier Möglichkeiten einer modernen Regenwasserbewirtschaftung:

- Versickerung
- Zwischenspeicherung
- Trennung bzw. Nutzung der Niederschlagswässer
- Einleitung in Oberflächengewässer

Nach dem Auftreffen des Regens auf die Oberfläche, welche versiegelt oder durchlässig sein kann, verdunstet ein Teil dieses Niederschlages und der andere Teil wird entweder oberflächlich abtransportiert oder versickert je nach Versickerungsfähigkeit des Bodens.

3.1. Versickerung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Versickerung der Niederschlagswässer am Ort des Auftretens bzw. in der näheren Umgebung und soll einen Überblick über die existierenden und verwendeten Systeme geben.

Aus ökologischer Sicht ist eine Versickerung allen anderen Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen vorzuziehen, da es zu einer raschen Rückführung des Wassers in den natürlichen Boden-Luft-Kreislauf kommt.

Nach Geiger/Dreiseitl (2001) werden Versickerungssysteme unterschieden in:

- Versickerung ohne Speicherung
- Versickerung mit oberirdischer Speicherung
- Versickerung mit unterirdischer Speicherung
- Kombinationsmöglichkeiten

Weiters werden lt. Arbeitsblatt DWA-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) folgende Versickerungsformen genauer definiert:

- Flächenversickerung: Flächige Versickerung ohne zeitweilige Speicherung
- Versickerungsmulde: Flache Geländemulde mit kurzfristiger Speicherung
- Rigolenversickerung: Linienförmige unterirdische Versickerung in einem mit speicherfähigem Material versehenen Aushub mit oberirdischem Zufluss.
- Mulden-Rigolen-Versickerung: Kombination einer Mulde mit darunterliegendem Kieskörper mit Rigolensystem.
- Rohrversickerung: Linienförmige Versickerung in einem in speicherfähigem Material gebettetem Rohr mit unterirdischer Zuleitung.
- Schachtversickerung: Punktförmige unterirdische Versickerung in einem Schacht mit durchlässiger Sohle bzw. gelochter oder geschlitzter Wandung.

Am Beginn einer Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme mit Versickerung steht eine Grundlagenerhebung der wichtigsten Parameter: Grundsätzlich müssen die Böden an der Versickerungsstelle, der Grundwasserstand und die Grundwasserqualität und die anfallenden Niederschlagswässer in Quantität und Qualität erhoben bzw. ermittelt werden.

Die Grundlagen werden lt. F. Sieker et al. (1996) in die folgenden 2 Hauptfaktoren unterteilt:

- Geo- und Biofaktoren
- Siedlungsfaktoren

Geo- und Biofaktoren

Die Böden und der Untergrund (bis hinunter zum Grundwasser) sind zu Beginn einer Planung unter verschiedensten Aspekten zu betrachten. Aufgrund dieser Untersuchungen kann nachfolgend entschieden werden, welches Versickerungssystem angewendet werden kann. Ist z. B. die Versickerungsfähigkeit des Bodens für einfache Systeme zu gering, können bzw. müssen folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Bodenaustausch (Verbesserung der Durchlässigkeit)
- Komplexere Systeme der Versickerung mit Speichermöglichkeit und/oder gedrosselter Abgabe der Niederschlagswässer an ein Oberflächengewässer
- Keine Versickerung als Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme möglich und Ausweichen auf andere Systeme

Bodenart

Wesentliche Auskunft über die Versickerungsfähigkeit eines Bodens liefert lt. F. Sieker et al. (1996) die Bodenart und insbesondere die Anteile an Sand und Schluff, welche für die Wasserdurchlässigkeit mitbestimmend sind.

Die Bestimmung der Bodenart kann durch vorhandenes Kartenmaterial (Bodenkarte) oder durch Felduntersuchungen am Ort der geplanten Versickerung erfolgen. Dabei soll primär aber die Bodenansprache im Gelände erfolgen, da diese Erkundung präziser erfolgen kann und genaueren Aufschluss über die Anforderungen für eine Versickerung geben kann, als eine Arbeit mit Kartenmaterial.

Der maßgebende Wert für die Versickerungsleistung im Untersuchungsgebiet ist der Durchlässigkeitswert (k_f -Wert). Dieser ist allerdings von der vorhandenen Wassersättigung des Bodens abhängig und kann daher nicht als fixe Größe angesetzt werden. So besitzen zum Beispiel Bodenkarten neben den Bodenarten und -typen keine fixen k_f -Werte, sondern stets zu erwartende k_f -Wert-Bereiche. Aus diesem Grund wird lt. DWA-A 138 (2005) mit einem $k_{f,u}$ -Wert von $k_f/2$ gerechnet bzw. wäre ein Versickerungsversuch mit dem vorhandenen Material zielführender. Lt. ÖNORM B 2506-1 (2000) geschieht dies nach dem gleichen Prinzip. Sollten keine genauen Kenntnisse über den vorhandenen k_f -Wert vorhanden sein, ist der Wert aus der Literatur bzw. Bodenkarten zu halbieren.

Ist der Boden in irgendeiner Weise verschmutzt oder aufgrund von Altlasten kontaminiert, sollte von einer Versickerung ins Grundwasser durch diese Bodenpassage Abstand genommen werden. Derartige Altlasten sind vor der generellen Planung zu erheben (aus Kartenmaterial, frühere Nutzung,...), da sie maßgebend für die Wahl des Standortes sind.

Grundwasser

Zweiter wichtiger Punkt der Betrachtung ist das Grundwasser in Qualität, Quantität und Mächtigkeit. Lt. F. Sieker et al. (1996) wird dabei unterschieden, ob der Grundwasserstand hoch (ca. bis 1,5 m unter Geländeoberkante) oder niedrig anzusetzen ist. In Österreich ist der maßgebende Grundwasserspiegel laut ÖNORM 2506-1 (2000) wie folgt definiert:

„vom Planer oder von der Behörde festgelegter Grundwasserspiegel in Metern über Adria, meist höchster Jahres-Grundwasserspiegel einer zusammenhängenden Reihe von Jahren oder durch theoretische Überlegungen und Berechnungen als höchstmöglicher Grundwasserstand ermittelter Wert“

Bei geringeren Abständen als 1 m zum Grundwasser empfiehlt F. Sieker et al. (1996) keine Versickerungssysteme zu errichten. In solchen Fällen sollte eine offene Rückhaltung mit Abfluss vorgesehen werden, da Gebiete mit so einem geringen Abstand in der Regel an ein Oberflächengewässer angrenzen.

3.1.1. Flächenversickerung

Wie F. Sieker et al. (1996) beschreibt, werden bei der Flächenversickerung zwei Verfahrensweisen unterschieden:

- a) Die Befestigung der Fläche wird wasserdurchlässig ausgeführt, so dass sie neben einer Nutzung als Park- oder Lagerfläche auch als Versickerungsfläche des fallenden Niederschlages dient (Rasengittersteine, Porensteine).
- b) Die Befestigung der Fläche ist undurchlässig und der fallende Niederschlag wird in unmittelbarer Nähe auf einer geeigneten Fläche großflächig versickert.

Durch das Nichtvorhandensein einer Speichermöglichkeit bei einer Flächenversickerung, muss der Untergrund eine genügend rasche Versickerung gewährleisten, damit es zu keinem wesentlichen Aufstau kommt. Dies setzt einen hohen k_f -Wert voraus.

Anwendungsbereiche für Flächenversickerung finden sich in untergeordneten Flächen wie:

- Parkplätzen
- Sportanlagen
- Hofflächen
- Rettungswege
- Wohnwegen

Die Reinigung der Niederschlagswässer bei der Flächenversickerung erfolgt über mehrere Bodenpassagen und ist bei gutem Untergrund mit feinkörnigen Deckschichten als sehr gut zu bezeichnen. Dabei ist darauf zu achten, dass der Grundwasserspiegel nicht zu hoch ist und mindestens eine Bodenpassage für die Durchsickerung von 1,5 – 2,0 m gegeben ist.

Seitens der ÖNORM B 2506-1 ist bei Ausführung einer Flächenversickerung auf folgende Punkte zu achten:

- Eine ausreichende Bodendurchlässigkeit muss mindestens 10^{-5} m/s betragen. Diese Durchlässigkeit ist im Einzelfall zu prüfen, wobei der Versiegelungsgrad des Belages zu berücksichtigen ist.
- Bei vorgesehener Befahrbarkeit der Flächen muss der Untergrund ausreichend tragfähig sein, was eine notwendige Verdichtung mit sich zieht. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der k_f -Wert nicht unter 10^{-5} m/s fällt.
- Die Materialien müssen ausreichend frostbeständig und für die auftretenden Belastungen geeignet sein.
- Bei Verkehrsflächen mit der Gefahr einer externen Verunreinigung durch grundwassergefährdende Stoffe ist eine Flächenversickerung mit durchlässigen Belägen nicht zulässig.
- Zufluss, welcher von externen Flächen zugeleitet wird, sollte großflächig verteilt werden. Eine punktförmige Einleitung ist zu vermeiden.

Die Wartung einer Flächenversickerung beschränkt sich auf eine regelmäßige Mahd der Grünflächen und ein Befreien von Unrat und Laub. Bei einem Nachlassen der Sickerwirkung ist ein Austausch der Filterschicht notwendig.

Einen schematischen Aufbau einer Flächenversickerung bzw. ein Ausführungsbeispiel sieht man in Abbildung 2 und Abbildung 3.

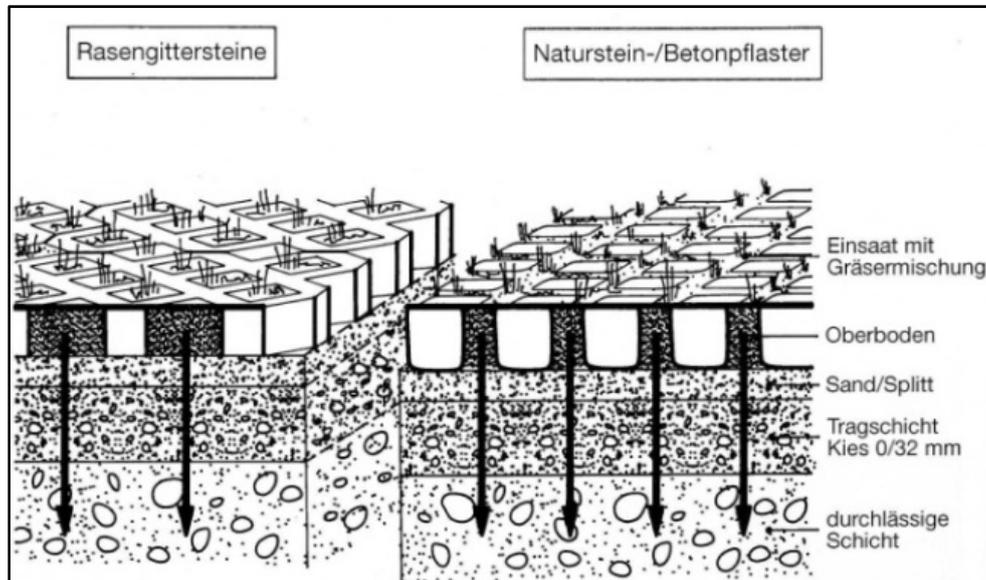


Abbildung 2: Flächenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)



Abbildung 3: Flächenversickerung - Ausführungsbeispiel (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.1.2. Versickerungsmulden / -becken

Die Unterscheidung zwischen Versickerungsmulde und Versickerungsbecken ergibt sich durch die Größe und Tiefe des Beckens bzw. der Größe der zu entwässernden Fläche. Unterschiede in der Wirkungsweise der Versickerung gibt es nicht.

Versickerungsmulden:

Versickerungsmulden sind oberflächlich angeordnete Niederschlagswasserspeicher, welche in Erdbauweise hergestellt werden und oberflächlich begrünt sind. Die Wasserzuführung erfolgt oberirdisch bzw. oberflächennah. In Abhängigkeit der Größe der zu entwässernden Fläche spricht man von einer dezentralen oder zentralen Anordnung (F. Sieker et al., 1996).

Bei der Muldenversickerung wird das Wasser ähnlich wie bei der Flächenversickerung über belebte Bodenpassagen gefiltert und gereinigt und in das Grundwasser geführt.

Durch die Ausformung als Mulde ist der Flächenbedarf bzw. die Anforderung an die Versickerungsrate im Gegensatz zur Flächenversickerung bei gleichen Gegebenheiten (anfallende Wassermenge, Bodenart) geringer, da bei einer Mulde ein zeitweiser Einstau und eine somit langsamere Abgabe an den Bodenkörper möglich ist. Dabei darf eine Tiefe der Mulde von 40 cm nicht überschritten werden.

Laut F. Sieker et al. (1996) ist eine Anordnung als dezentrale Versickerung nur bei einer möglichen Fläche von ca. 5 bis 15% der abflusswirksamen Fläche vorzunehmen. Bei anderen Randbedingungen ist eine semizentrale Versickerung mit Zuleitung zu konzipieren.

Die Anwendungsgebiete von Versickerungsmulden finden sich lt. Geiger/Dreiseitl (2001) in:

- Gebieten mit hohem Grünflächenanteil
- Neubaugebieten
- Als gestalterisches Element für Wohnungsumfeldverbesserung
- Bei zu geringem Platz für Flächenversickerung

Folgende bauliche Anforderungen an Versickerungsmulden werden in der ÖNORM B 2506-1 gegeben:

- Die Sickerleistung bzw. der k_f -Wert ist für die Deckschicht wie für den anstehenden Boden zu ermitteln.
- Für die Deckschicht ist sandiger Humus mit einem k_f -wert von 10^{-5} m/s bis 10^{-4} m/s zu verwenden. Die Dicke beträgt mindestens 30 cm.
- Die wirksame Sickerfläche ist bei einer Mulde vom Wasserstand abhängig. Vereinfacht darf hier die Horizontalprojektion bei halber Füllung $h'_s / 2$ angesetzt werden.
- Es ist eine Mindestdiefe von 20 cm als Ausgleich gegen Verschlämmung und Bewuchs zu wählen.
- Es sollte ein permanenter Einstau von mehr als 2 Tagen vermieden werden.
- Es muss ein Überlaufschutz für eine Mulde hergestellt werden, um eine Beeinträchtigung der angrenzenden Bereiche an die Mulde zu vermeiden. Diese sind höhenmäßig so anzuordnen, dass das gesamte Speichervolumen ausgenutzt werden kann.

In der Abbildung 4 und der Abbildung 5 sind Beispiele für eine Muldenversickerung dargestellt

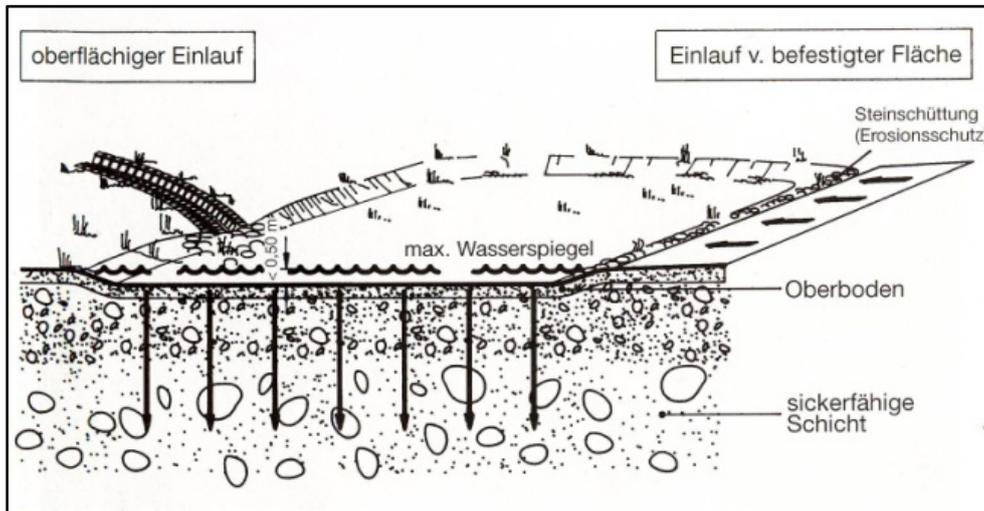


Abbildung 4: Muldenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)



Abbildung 5: Muldenversickerung (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)

Versickerungsbecken

Laut DWA-A 138 wird ein Versickerungsbecken über das Verhältnis der zu entwässerten angeschlossenen Fläche A_u zur versickerungswirksamen Fläche A_s definiert. Dieses Verhältnis ist in der Regel größer als 15 : 1 und benötigt besondere Voraussetzungen für eine rasche Versickerung in den Boden. In der Regel sind Durchlässigkeiten von $k_f \geq 10^{-5}$ m/s vorauszusetzen. Bei zu geringer Durchlässigkeit käme es zu einer langen Einstauzeit. Durch die erhöhte Menge an Wasser und einer bei guter Versickerung raschen Entleerungszeit kann es zu einer örtlichen Anhebung des Grundwassers kommen. Deswegen sollte ein Mindestflurabstand zum Grundwasserkörper von 1,0 m eingehalten werden.

Insbesondere ist bei einem Versickerungsbecken auf die Selbstabdichtung im Laufe der Benutzungsdauer zu achten. Durch die im Niederschlagswasser mitgeführten Schwebstoffe kommt es zu einer Kolmation im Becken. Diese Kolmation kann mit

einer geneigten Sohle hin zum Einlauf bzw. einem vorgeschalteten Sedimentationsbereich örtlich bzw. zeitlich gesteuert werden.

Einen schematischen Aufbau eines Versickerungsbeckens bzw. ein Ausführungsbeispiel sieht man in Abbildung 6 und Abbildung 7.

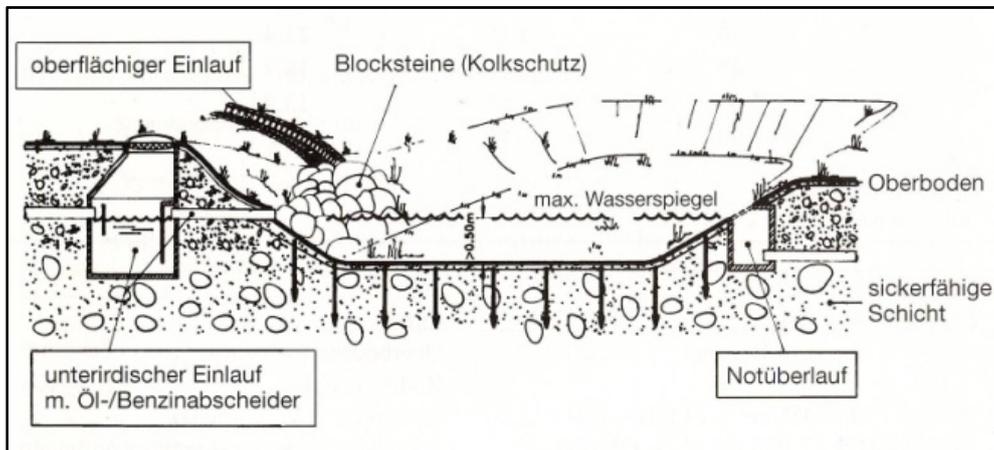


Abbildung 6: Beckenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)



Abbildung 7: Beckenversickerung (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.1.3. Rigolgenversickerung / Mulden-Rigolen-Systeme

Die Rigolgenversickerung ist durch eine künstliche, unterirdische Versickerung in mit Kiespackungen gefüllten Gräben gekennzeichnet, welche das Niederschlagswasser nach unten und seitlich versickern lassen. Die Rigole wird oberirdisch gefüllt und kann mit einer Mulde kombiniert eine erhöhte Speicherfähigkeit aufweisen.

Die Rigole findet ihr Anwendungsgebiet bei oberflächlich wenig durchlässigen Böden mit k_f - Werten kleiner als 10^{-6} m/s. Diese Schichten werden durch die Rigole bzw. durch die Kiespackung durchstoßen und es kann eine Versickerung in den versickerungsfähigeren Unterboden stattfinden.

Das Speichervolumen einer Rigole entspricht laut F. Sieker et al. (1996) dem Porenvolumen des Füllmaterials (Mittel- bis Grobkies: ca. 30 Vol.-%; Lavagestein: ca. 40 Vol.-%). Um einen Eintrag von Feinstoffen aus dem umgebenden, feinkörnigen Material und somit einer Kolmation der Rigole zu verhindern, wird die Rigole allseitig mit Geotextil ummantelt.

Die Wartung einer Rigole ist nur erschwert möglich und kann nur durch bereits bei der Herstellung mit eingebrachten Revisionsschächten erfolgen. Bei einem Ausfall der Rigole ist eine Sanierung meist nur durch einen vollständigen Austausch der Kiespackungen und des Geotextiles möglich.

Die Dimensionierung einer Rigole erfolgt laut Geiger/Dreiseitl (2001) folgendermaßen:

- k_f -Wert der Rigole muss größer als 10^{-6} m/s sein
- Eine Füllung erfolgt mit Grobkies oder Lavakies, zum Beispiel mit einer Körnung 16/32

Die Bemessung hängt vom gewählten Querschnitt ab und der daraus ermittelten Länge.

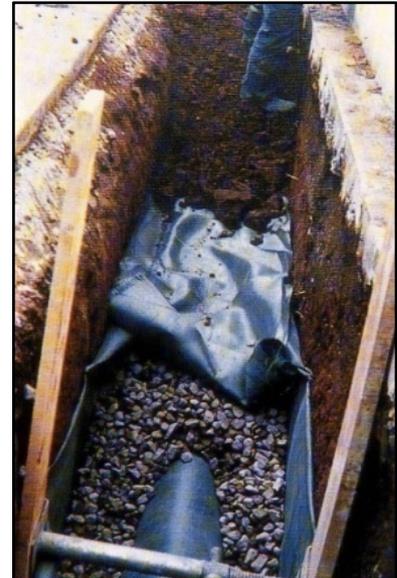


Abbildung 8: Rigole in Ausführung (Geiger/Dreiseitl, 2001)

Das Beispiel einer Rigole in Ausführung sieht man in Abbildung 8 und den schematischen Aufbau einer Rigole in Abbildung 9.

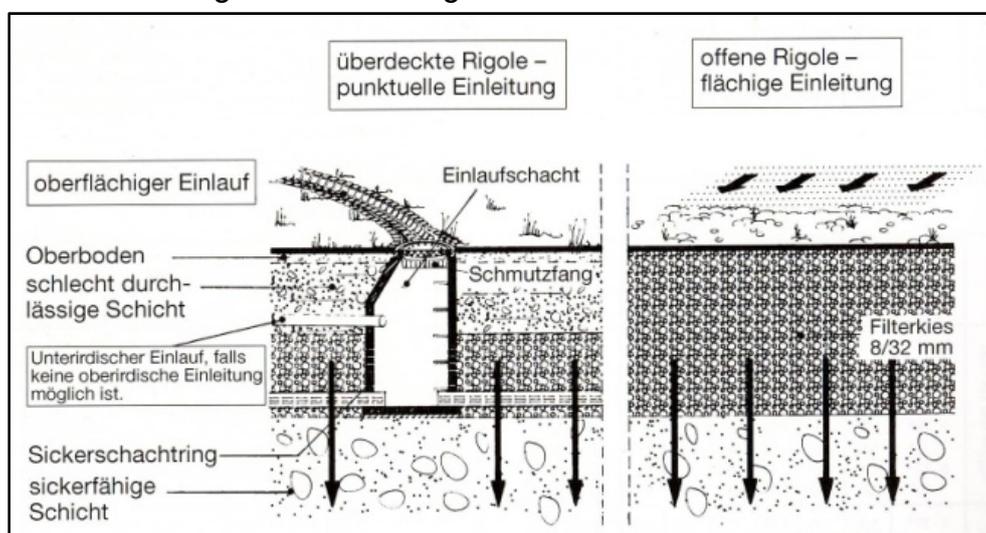


Abbildung 9: Rigolenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)

Das Mulden-Rigolen-System ist, wie bei F. Sieker et al. (1996) beschrieben, eine Kombination und Vernetzung einzelner Mulden-Rigolen Elemente.

Ein Mulden-Rigolen-Element ist eine Kombination von Mulde und Rigole und hat bei fachgerechter Dimensionierung den Vorteil einer Optimierung des Oberflächenbedarfs der Mulde. Die Mulde wird bei diesem Element als Filter bzw. Bodenpassage für die Niederschlagswässer dimensioniert und die Rigole als Versickerungskörper.

Die Kosten für die Herstellung werden dabei aber nicht verringert, da die Baukosten für die Herstellung einer Rigole höher sind.

Mulden-Rigolen-Systeme entstehen durch eine Vernetzung einzelner Elemente durch eine unterirdische Verbindung mit Dränrohren. Diese liegen nur knapp oberhalb der Rigolensohle. Außerhalb der Rigolen werden sie als vollwandige Rohre geführt und in einem Drosselschacht zusammengeführt. Trotz dieser Rohre werden die Niederschlagswässer primär in der Rigole zur Versickerung gebracht und die Dränrohre dienen mit einem Hochpunkt knapp unter der Rigolenoberkante in den Drosselschächten als Überlaufschutz der einzelnen Elemente des Systems.

Wie F. Sieker et al. (1996) schreibt, können Mulden-Rigolen-Elemente generell in Reihe oder parallel geschaltet werden. Bei einem in Reihe geschalteten System werden die Überläufe aus einem Element in das nächste unterhalb gelegene Element weitergeleitet. Dieses System eignet sich aber nur für kleinere Systeme.

Größere Systeme sollten parallel geschaltet werden. Dieses bedingt zwar einen höheren bautechnischen und ökonomischen Aufwand, aber einen sichereren und effizienteren Umgang mit den Wässern. Bei diesem System erfolgt die Entwässerung aus jedem Element einzeln zu einer Sammelleitung, welche in ein Oberflächengewässer oder in den bestehenden Kanal entwässern kann.

Eine Dimensionierung eines solchen Mulden-Rigolen-Systems kann nicht mehr statisch oder mittels Tabellen geschehen, sondern sollte aufgrund des komplexen Zusammenwirkens von Muldenversickerung, Muldenablauf, Rigolenversickerung und Ablauf in einer Langzeitsimulation erfolgen. Beispielhaft sieht man in Abbildung 10 den Aufbau einer Kombination einer Rohr-/Rigolenversickerung mit einer Mulde.

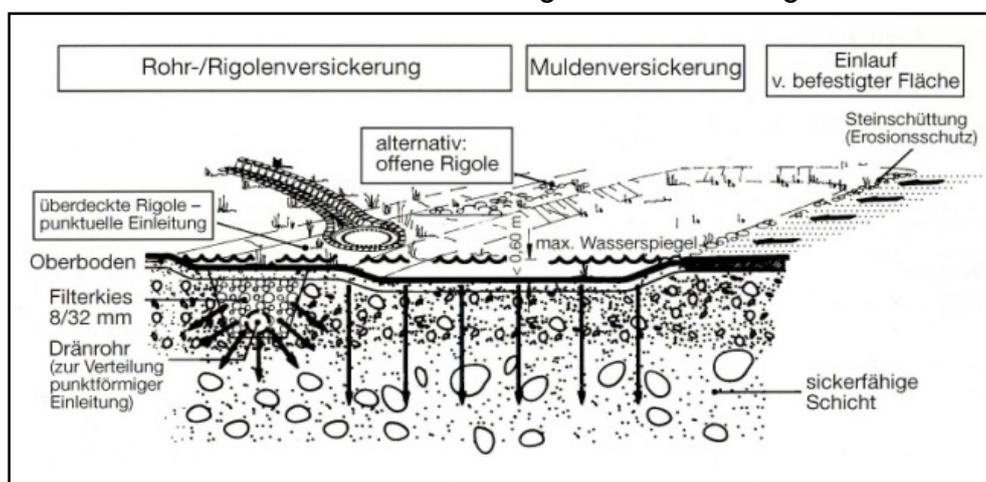


Abbildung 10: Mulden-Rigolen/Rohrversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.1.4. Rohrversickerung

Die Rohrversickerung ist eine Versickerungsart in Kombination mit einer Mulden- bzw. Rigolenversickerung. Diese Versickerung kann mit einer oberirdischen oder unterirdischen Zuleitung hergestellt werden und das Niederschlagswasser wird durch die geschlitzten oder gelochten Rohre versickert.

Das Prinzip der Versickerung ist im Grunde eine Umkehrung des Horizontalfilterbrunnens. Über einen Einlaufschacht (Direkteinleitung, Überlaufwasser einer Mulde oder Rigole) gelangt das Regenwasser in Versickerungsröhre mit großen Durchmesser (in der Regel größer DN 300). Diese Röhre sind in einem Kieskörper verlegt, an welchen dieselben Anforderungen gestellt werden wie bei einer Rigolenversickerung (Körnung 16/32 mm, Ummantelung des Kieskörpers mit einem Vlies als Schutz gegen Durchwurzelung und Feinstoffeintrag). Aufgrund dieses Kieskörpers besitzt die Rohrversickerung selbst aufgrund der fehlenden Bodenpassage keinerlei Reinigungswirkung und wird deswegen gerne mit eine Mulde kombiniert.

Die Dimensionierung kann nach Geiger/Dreiseitl (2001) erfolgen:

- k_f -Wert muss größer als 10^{-6} m/s sein
- Länge und Querschnitt der Kiespackungen sind voneinander abhängig
- Zielgröße der Bemessung ist die Länge der Anlage

Anwendung findet die Rohrversickerung bei oberflächigen, undurchlässigen Bodenschichten mit darunterliegendem, gut sickerfähigem Material und wenn ein Durchdringen der Bodenschicht mit einer Rigolenversickerung aufgrund der Mächtigkeit der Schichten nicht wirtschaftlich ist.

Neben Einlaufschächten sollten auch Kontroll- bzw. Wartungsschächte im Abstand von 50 bis 80 m angeordnet werden, um eine gelegentliche Säuberung der Röhre durchführen zu können.

Der Abbildung 11 kann man den schematischen Aufbau einer solchen Rohrversickerung entnehmen.

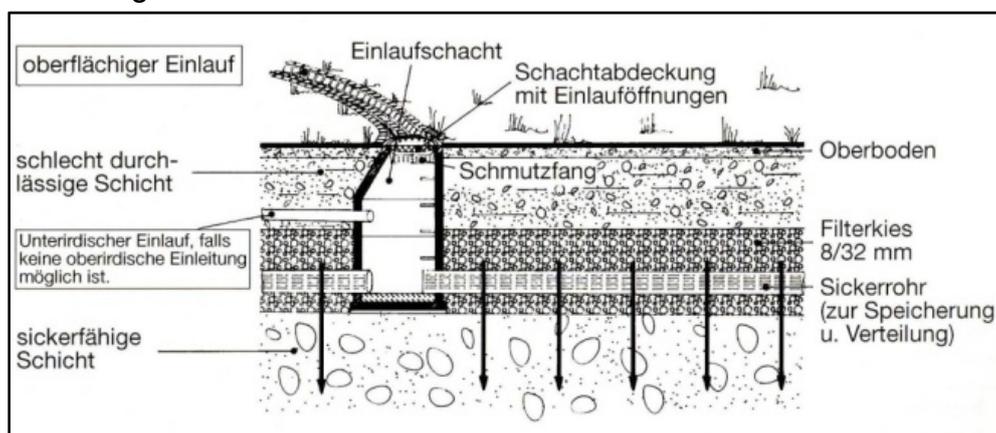


Abbildung 11: Rohrversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.1.5. Schachtversickerung

Bei einer Schachtversickerung wird das Niederschlagswasser gesammelt und punktförmig einem künstlich hergestellten Schacht zugeführt. In diesem versickert das Wasser durch den offenen Boden und die gelochten bzw. geschlitzten Wände in das anstehende Erdreich. Durch sein größeres Volumen wirkt der Schacht gleichzeitig als Speicher und gibt das Regenwasser nur langsam an den Untergrund ab, was zu keinerlei Störung der Grundwassermächtigkeit führt.

Um die Sickerleistung eines Schachtes zu erhöhen, wird der Schacht mit abgestuften Kiespackungen umfüllt. Weiters können mehrere Schächte über Rohre oder Rigolen miteinander kommunizierend verbunden werden. Somit können mit dieser Art der Versickerung auch größere Flächen entwässert bzw. versickert werden und bei Starkregenereignissen ist ein gewisses Speichervolumen im System selbst vorhanden.

Da der Sickerschacht wie auch die Rohrversickerung von sich aus keinerlei Reinigungsleistung besitzen, empfiehlt es sich, bei verschmutzten bzw. für das Grundwasser unverträglichen Wässern eine Versickerung mit Bodenpassage (zum Beispiel Mulden- oder Rigolensystem) und/oder eine mechanische Vorreinigung vorzuschalten. Weiters besteht die Möglichkeit im Schacht ein Filtervlies oder eine Filterschicht zu installieren. Der Abstand zum Grundwasser sollte von der Sohle des Schachtes weg mindestens 2,50 m betragen, um eine ausreichend mächtige Bodenpassage zu gewährleisten.

Die Inspektions- bzw. Wartungsintervalle für einen Versickerungsschacht sollten laut DWA-A 138 ca. ein halbes Jahr betragen und bei Bedarf eine Wiederherstellung der Durchlässigkeit mit sich ziehen.

Dimensionierung (Geiger/Dreiseitl, 2001):

- k_f -Wert des Erdreiches größer als 10^{-6} m/s
- Abstand von Gebäuden > 6,0 m; Abstand zw. den Schächten mind. 10,0 m
- Schachttiefe mindestens 2,0 m; lichte Schachtweite > 1,0 m
- Zielgröße einer Dimensionierung ist das Volumen (Höhe, DN) des Schachtes

Anwendungsbereiche für eine Schachtversickerung sind:

- Im innerstädtischen Bereich mit nur geringem Platzangebot
- Bei Einzelobjekten zur eigenständigen Entwässerung
- Bei mäßig gutem Untergrund

Abbildung 12 zeigt den Aufbau einer Schachtversickerung.

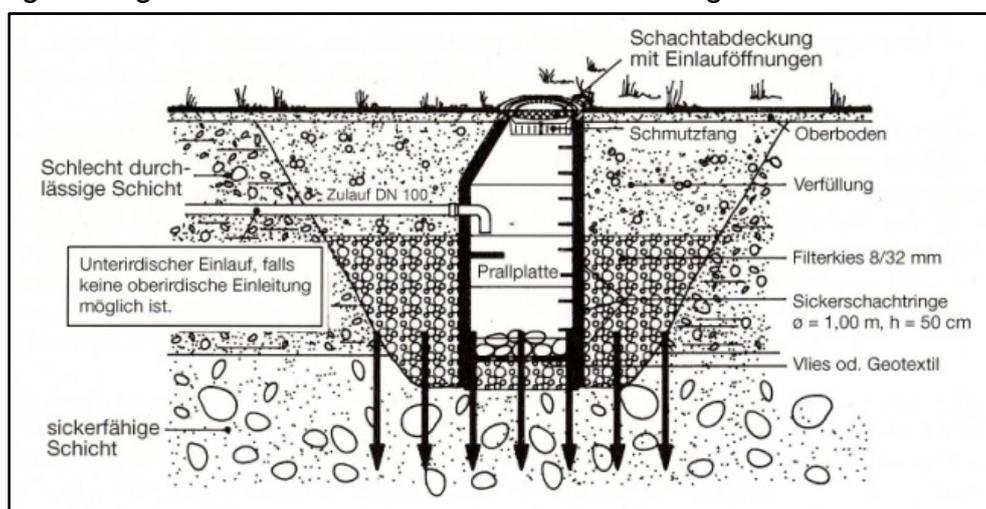


Abbildung 12: Schachtversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.2. Speichersysteme – Retention

Die Notwendigkeit von Speichersystemen bzw. Retention kann wasserwirtschaftliche, ökologische und/oder ökonomische Gründe haben.

Die nachfolgenden Systeme dienen zur Speicherung bzw. zur Dämpfung des Zuflusses der Wässer, es findet keinerlei Versickerung bzw. Verminderung der Niederschlagsmenge statt. Bei diesen Systemen kann es auch zu einer gewünschten Vorreinigung der Wässer durch

- Sedimentation in Becken
- Passieren einer belebten Bodenpassage
- Abscheiden von Schwimmstoffen (Öl, Laub,...)

kommen. In den meisten Fällen sind diese Systeme ohne großen Aufwand zu betreiben.

Laut Geiger/Dreiseitl (2001) finden diese Anlagen ihre Anwendung in folgenden Bereichen:

- Bei Starkregenereignissen (hoher Wasseranfall in kurzer Zeit) als Rückhalt vor nachgeschalteten Systemen mit nur beschränkt aufnehmbarem Volumen
- Bei keinerlei Möglichkeit der Versickerung in nächster Nähe und gedrosselter Abgabe in den bestehenden Kanal
- Bei Einleitung in stehende oder fließende Gewässer zur Reduktion der Abflussspitzen bzw. zur Einhaltung der rechtlichen Vorgaben
- In stark bebauten Gebieten als Schutz gegen die Überbelastung des Kanals

Nachfolgend werden einige Speicher-bzw. Retentionssysteme näher beschrieben:

3.2.1. Filtermulden

Die Funktion einer Filtermulde ist ähnlich einer Versickerungsmulde mit dem Unterschied, dass bei einer Filtermulde aufgrund einer Abdichtung seitlich und nach unten kein Wasser in den Untergrund versickert. Zusätzlich besitzt eine Filtermulde einen nachgeschalteten Kontrollschacht mit einer Schiebervorrichtung, um den Ablauf kontrollieren und steuern zu können.

Das eingeleitete Regenwasser wird in der Filtermulde durch Durchströmung der Bodenfilter gereinigt. Somit kann das gereinigte Wasser im Anschluss ohne weitere Reinigungsstufen in ein Oberflächengewässer oder eine Versickerungsanlage weitergeleitet werden.

Um eine einwandfreie Funktion einer Filtermulde zu gewährleisten, ist darauf zu achten, dass ein Dauerstau vermieden und eine regelmäßige Wartung (Rasenschnitt) stattfindet. Sollte der Bodenfilter durch Kolmation nicht mehr durchlässig genug sein, sollte ein Austausch der Bodenschicht stattfinden.

Dimensionierungsgrößen einer Filtermulde sind lt. Geiger/Dreiseitl (2001):

- Erforderliche Speicherkapazität
- Maximalmuldentiefe < 30 cm
- Mächtigkeit der belebten Bodenschicht (ca. 30 cm)
- Zielgröße ist eine Fläche der Filtermulden und der erforderliche Retentionsraum

Der Abbildung 13 und Abbildung 14 kann man den Aufbau bzw. eine Ausführungsbeispiel einer solchen Filtermulde entnehmen.

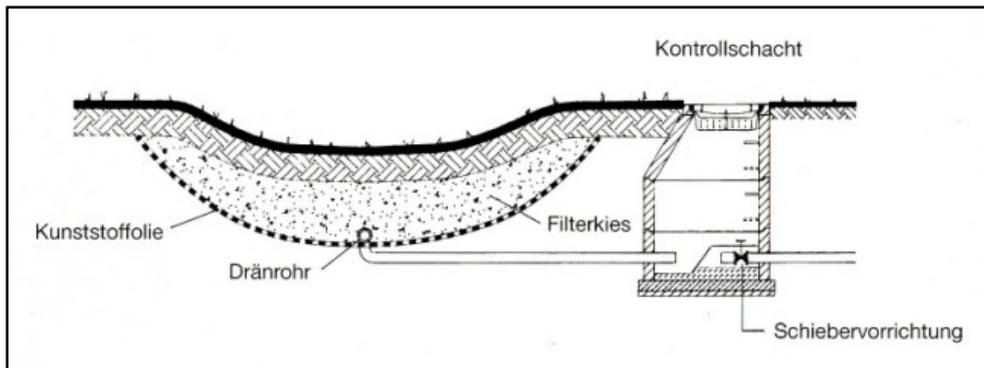


Abbildung 13: Filtermulde (Geiger/Dreiseitl, 2001)



Abbildung 14: Filtermulde (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.2.2. Retentionsfilterbecken

Laut Geiger/Dreiseitl (2001) unterscheidet sich das Retentionsfilterbecken gegenüber der Filtermulde in der Größe (größere Fläche, höhere Einstautiefe) und der technisch aufwändigeren Ausführung. Durch den zusätzlichen Einbau von Systemen zum Rückhalt von Schwimmstoffen und Öl kann eine weitgehende Reinigung der Niederschlagswässer erfolgen.

Die Wirkungsweise ist gleich der Wirkungsweise einer Filtermulde. Nach Einleitung des Niederschlagswassers in eine Mulde versickert das Wasser durch eine belebte Bodenpassage. Dabei werden partikuläre Verunreinigungen gefiltert und gelöste Stoffe zurückgehalten. Dieser Bodenpassage ist ein Ölabscheider und Schlamm-sammler (kombiniert in einem Schacht) nachgeschaltet, um die erforderliche Reini-gungsleistung zu gewährleisten.

Die Anwendungsbereiche finden sich nach Geiger/Dreiseitl (2001) in größeren zu entwässernden Einzugsgebieten und insbesondere bei stärker verschmutzten bzw. mit anorganischen Schadstoffen versetzten Niederschlagswässer aus Straßenabläu-fen und bei erhöhtem Störfallrisiko (z. B. Autobahnezufüssen).

Auf folgende Punkte ist bei der Errichtung und dem Betrieb eines Retentionsfilterbeckens laut Geiger/Dreiseitl (2001) zu achten:

- Es sind Schiebervorrichtungen nötig, um den Abfluss bei erhöhtem Anfall oder bei Störfällen zu drosseln bzw. abzusperren.
- Die Schächte sind in periodischen Abständen zu reinigen und es soll eine Qualitätskontrolle der Reinigungswirkung erfolgen.
- Durch die größere Tiefe bei Vollfüllung geht eine gewisse Gefahr für Kinder aus. Deshalb sollte ein Retentionsfilterbecken eingezäunt werden.

Dimensionierungsgrößen für ein solches Becken sind:

- Speicherkapazität der Kiesschicht
- Ausreichende Höhe der belebten Bodenschicht (20 bis 30 cm)
- Aufgrund der größeren Tiefe des Beckens sind zusätzliche Nachweise der Böschungsstandsicherheit bzw. des Boden (Grundbruch) erforderlich
- Zielgröße ist die Bemessung des Speichervolumens der Mulde und des Re-tentionsraums

Den schematischen Aufbau einer Retentionsfilterbeckens zeigt Abbildung 15 und Abbildung 16 zeigt ein Ausführungsbeispiel.

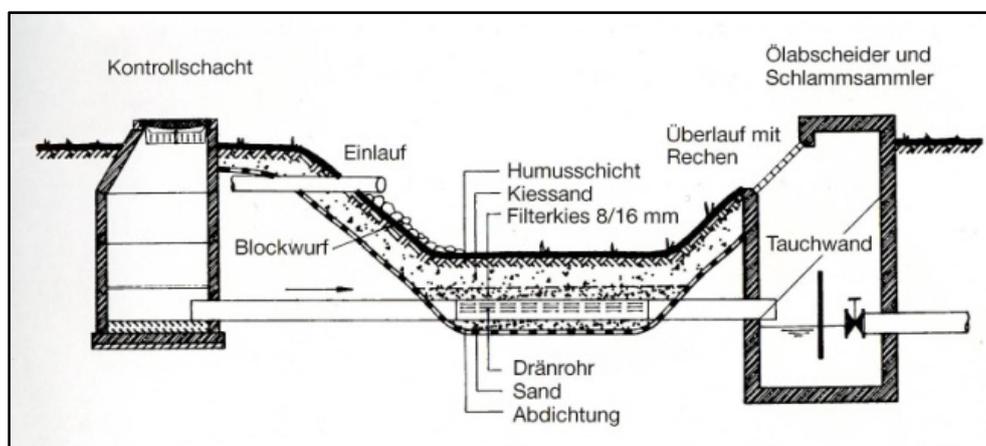


Abbildung 15: Retentions-Filterbecken (Geiger/Dreiseitl, 2001)



Abbildung 16: Retentions-Filterbecken (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.2.3. Einstaudach / Gründach

Bei einer Regenwasserbewirtschaftung mit Einstau- bzw. Gründächer geht es primär um einen verzögerten Abfluss der Wassermengen und einer gezielten Reduzierung des Niederschlagswassers durch Verdunstung. Eine Reinigungsleistung findet aufgrund der fehlenden Bodenpassage bei Einstaudächern nur bei Gründachsystemen statt.

Anwendung finden Einstau- und Gründächer auf bestehenden oder neu zu planenden Flachdächern. Diese Art der Anwendung ist vor allem in Stadtgebieten sinnvoll, da sie zu einer großflächigen Entsiegelung beiträgt. Eine weitere Möglichkeit findet sich bei Schrägdächern bis 30° Dachneigung, wo eine Begrünung ohne weitere Sicherungsmaßnahmen gesetzt werden kann.

Einstaudächer haben den Vorteil von nur geringen Umbaukosten von bestehenden Flachdächern (Einbau von Abflussschleuse und Notüberlauf). Es muss aber darauf geachtet werden, dass die maximalen Dachlasten des Gebäudes nicht überschritten werden und die erforderliche Dichtigkeit gegenüber dem Wasserdruck gegeben ist.

Bei Gründächern kann von einer guten Retentionswirkung ausgegangen werden und durch die intensive Begrünung des Daches kommt es zu einer guten natürlichen Eingliederung in die Umgebung. Nachteilig zu bemängeln ist der hohe Wartungsaufwand der Vegetation.

Laut Geiger/Dreiseitl (2001) ist auf folgende Punkte bei der Errichtung und Erhaltung zu achten:

- Es hat eine regelmäßige Kontrolle der Abläufe zu erfolgen, um etwaige Verstopfungen früh genug erkennen und beseitigen zu können.
- Eine Dimensionierung erfolgt bei Einstaudächern über die gewählte Drosselleistung und bei Gründächern über die Retentionswirkung der Bodenschichten.

- Zielgröße ist eine Bemessung der Einstauhöhe oder Substrathöhe je nach gewählter Konstruktion.

In Abbildung 17 und Abbildung 18 sieht man Beispiele für ein Einstau- bzw. Gründach

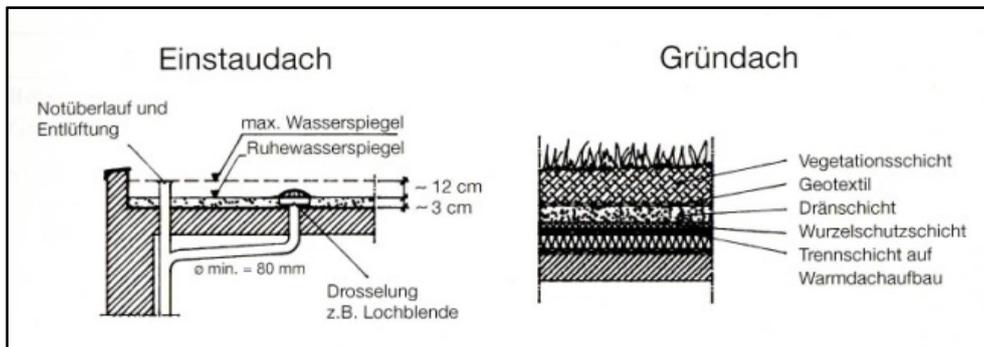


Abbildung 17: Einstau- und Gründach (Geiger/Dreiseitl, 2001)

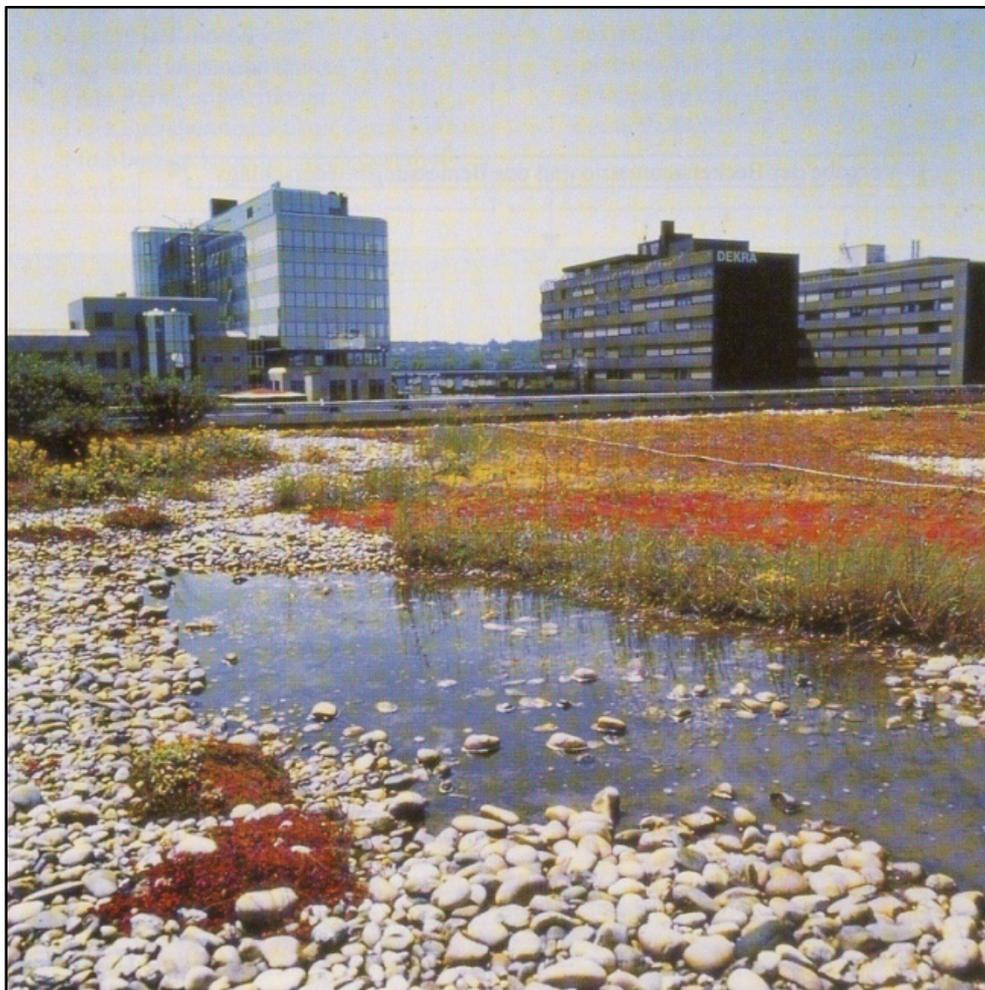


Abbildung 18: Gründach (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.3. Vorbehandlung der Regenwässer

Notwendigkeit einer Vorbehandlung

Niederschlagswasser unterliegt schon während des Fallens einer Anreicherung von Schadstoffen aus der Luft und Atmosphäre wie Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffverbindungen. Diese Stoffe stammen größtenteils aus dem Hausbrand und den Emissionen von Kraftfahrzeugen und sind in ihrer Konzentration über das Jahr hinweg gesehen sehr unterschiedlich.

Von der Oberfläche werden Stoffe verschiedenster Art und Herkunft wie Reifenabrieb, normale Straßenverschmutzung, Öle, organische Verschmutzung (Hundekot), Streugut und örtliche Baumaßnahmen durch den auftreffenden Niederschlag abgespült.

Sollen diese Wässer in weiterer Folge einer Versickerung über Bodenpassagen oder einer weiteren Regenwassernutzung zugeführt werden, ist eine Vorbehandlung der Regenwässer von Nöten.

Möglichkeiten der Vorbehandlung

Generell gibt es lt. Geiger/Dreiseitl (2001) bei der Vorbehandlung folgende Möglichkeiten:

- Sedimentation
- Filtration
- Leicht- und Schwebstoffabscheidungen
- Biologischer Abbau in der belebten Bodenzone beziehungsweise in der Schlammsschicht am Boden von Versickerungsbecken

Die Funktionsprinzipien werden je nach Menge und Verunreinigungsgrad des Niederschlagswassers sowie nachgehender Nutzung gewählt und bei Bedarf miteinander kombiniert.

Des Weiteren kann nach Geiger/Dreiseitl (2001) in zwei grobe Vorbehandlungsmethoden unterteilt werden:

Physikalische Vorbehandlung:

Die **Sedimentation** bewirkt für Feststoffe eine sehr gute Absetz- und Reinigungsleistung. Die Schadstoffe im Niederschlagswasser binden sich an die Partikel und beim Absinken dieser Partikel werden dem Wasser weitere gelöste Stoffe entzogen und am Boden sedimentiert. Um eine möglichst effiziente Sedimentation gewährleisten zu können, ist ein Becken mit geringen Turbulenzen zu konstruieren. Dabei ist auf eine fachgerechte konstruktive Installation der Ein- und Abläufe zu achten, um den Sedimentationsprozess nicht zu stören.

Die Filterwirkung der belebten Bodenpassage ist bei den meisten der Versickerungsanlagen gegeben. Insbesondere bei einer Flächenversickerung an natürlichen Oberflächen und wasserdurchlässigen Pflasterungen ist eine Reinigungsleistung vorhan-

den. So werden gelöste Stoffe bei der Bodenpassage durch Adsorption und Ionenaustausch zurückgehalten. Auch für ungelöste Stoffe wird eine hervorragende Reinigungsleistung erzielt.

Biologische Vorbehandlung:

Eine biologische Vorbehandlung und Abbau der gelösten Stoffe findet in der Passage der oberflächennahen Bodenschicht durch aerobe und anaerobe Prozesse statt, ähnlich der Wirkung der Schlammsschicht in einem Versickerungsbecken. Die biologische Stufe sollte jedoch nur in Verbindung mit einer mechanischen Reinigungsstufe installiert werden. Eine gute biologische Behandlung von Niederschlagswässern findet in Teichanlagen mit Bepflanzungen und Vegetationspassagen statt. Diese Anlagen sind gegenüber dem Untergrund abgedichtet und entwässern in eine Versickerungsanlage oder ein Oberflächengewässer. Die Reinigungsleistung einer solchen Vorbehandlung ist bei fachgerechter Ausführung und Wartung sehr gut. Dabei werden vor allem gelöste Stoffe im Wasser durch das Pflanzenwachstum abgebaut.

3.3.1. Absetzschacht

Der Absetzschacht dient als physikalische Vorreinigung durch Sedimentation und Leichtstoffrückhalt. Das anfallende Niederschlagswasser wird in einem Schacht mit ausbetonierter Sohle zwischengespeichert und sedimentiert. Ein Problem kann bei unsachgemäßer Konstruktion des Einlaufes eine mögliche Rücklösung und Aufschwemmung von bereits abgelagerten Partikeln sein.

Anwendung finden Absetzschächte bei geringerem Wasseranfall und einem Niederschlagswasser mit einem hohen Anteil an absetzbaren Stoffen (Kies und Sand von den Oberflächen). Dies ist zugleich auch der Nachteil dieses Vorbehandlungsverfahrens, da es nur für die Sedimentation gute Leistungen erbringt. Vorteilhaft sind hingegen der geringe Platzbedarf und keinerlei Nutzungseinschränkungen an der Oberfläche. Kombiniert werden Absetzschächte meist mit einer nachgeschalteten Versickerungsanlage oder einer weiteren Reinigungsstufen für eine Nutzung der Niederschlagswässer.

Allgemeine Dimensionierungsgrößen und Hinweise finden sich bei Geiger/Dreiseitl (2001):

- Raue Sohlfläche mit Gefälle zur Schachtmitte
- Ausführung mit Prallplatte beim Einlauf als Schutz und zur Vermeidung von Turbulenzen
- Installation einer Tauchwand für die Leicht- und Schwebstoffe
- Das erforderliche Absetzvolumen richtet sich nach der Beschaffenheit des Zuflusses und dem gewünschten Sedimentationsgrad
- Zielgröße ist das erforderliche Volumen des Absetztraums (Erste Näherung: $10 \text{ m}^3/\text{ha}$ angeschlossener Fläche)

Der Abbildung 19 kann man den schematischen Aufbau eines Absetzschachtes entnehmen.

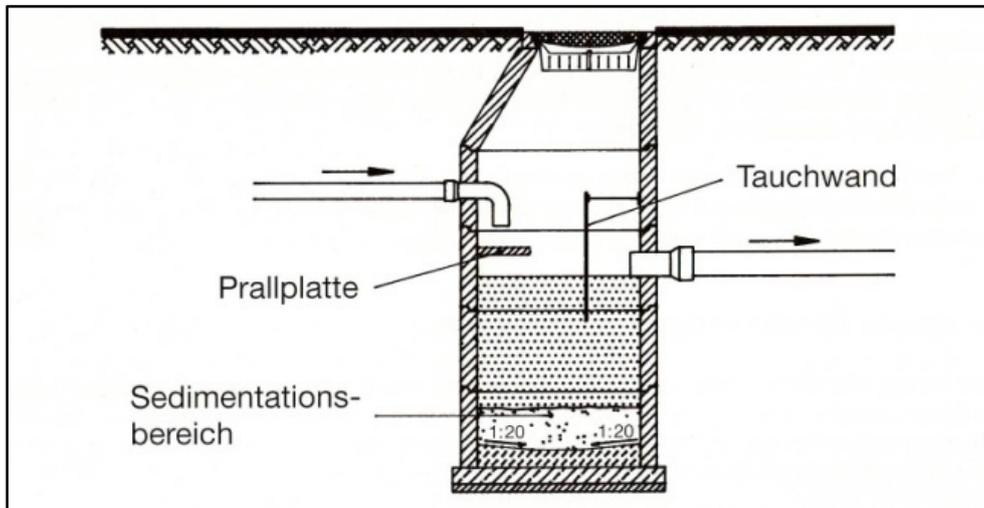


Abbildung 19: Absetzschacht (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.3.2. Versickerungsschacht mit Schlammfang durch tief-liegende Schachtsohle

Dieses System ist eine Kombination aus Versickerungsschacht und Absetzschacht. Der untere Teil des Schachtes ist vollwandig und wirkt als Sedimentationsraum. Im Gegensatz dazu ist der obere Teil des Schachtes gelocht oder geschlitzt und es kommt zu einer seitlichen Versickerung. Wie bei jedem System mit einer Sedimentation sollte darauf geachtet werden, dass es durch den Einlauf in das Reinigungssystem zu keiner erneuten Aufwirbelung der abgesetzten Sedimente kommt. Die Reinigungsleistung kann durch die Ummantelung des Schachtes mit einem Geotextil als Schutz gegen den Schadstoffeintrag in den Filterkies noch weiter gesteigert werden. Anwendungsbereich ist der innerstädtische Bereich mit geringen Platzangebot und relativ kleinen zu entwässerten Flächen. Bei der Wartung hat neben einer vierteljährlichen Kontrolle durch den Betreiber eine mindestens jährliche Entleerung des Absetzraumes zu erfolgen, um einen einwandfreien Betrieb gewährleisten zu können. Dieses System des Versickerungsschachtes kann mit einer Sickergalerie mit Rohrverbindungen von einem Schacht zum nächsten gut kombiniert werden, wodurch die Versickerungsrate stark erhöht werden kann.

Allgemeine Dimensionierungsgrößen und Hinweise finden sich bei Geiger/Dreiseitl (2001):

- Mindestabstände wie bei Versickerungsschacht (mind. 1,0 m bis zum Grundwasser; mind. 6,0 m bis zu Gebäuden)
- Schachttiefe mindestens 2,0 m; lichter Schachtdurchmesser > 1,0 m
- Ausführung mit Prallplatte und Schmutzfang bei Oberflächeneinlauf
- Zielgröße der Bemessung ist ein Speicher- bzw. Absetzvolumen (Tiefe, Durchmesser, Höhe des Absetzbereiches)

Den schematischen Aufbau eines solchen Versickerungsschachtes zeigt Abbildung 20.

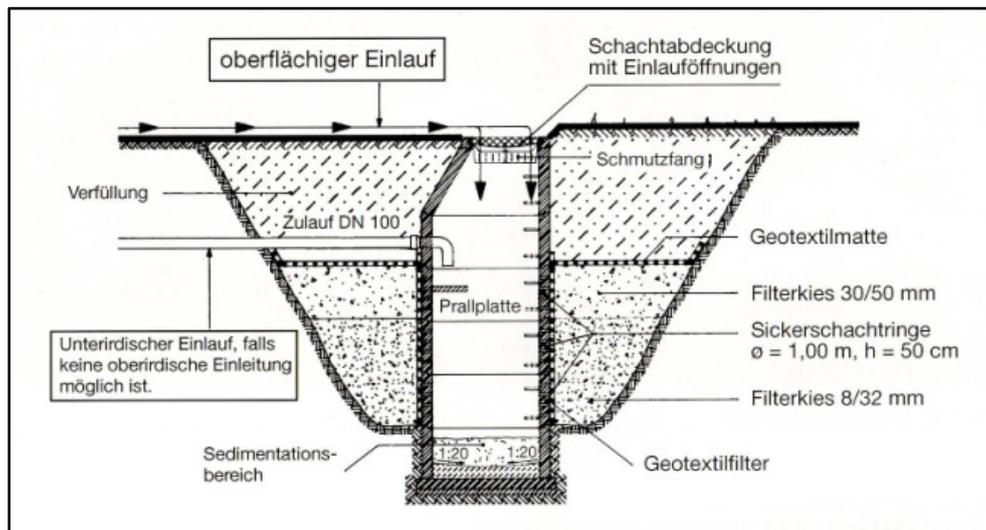


Abbildung 20: Versickerungsschacht mit Schlammfang durch tiefliegende Sohle (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.3.3. Geotextiler Filtersack in Versickerungsschächten

Dieser Filtersack aus vernadelten Spezial-Geotextil aus 70 % PES- und 30 % PP-Faser wird in einen Versickerungsschacht eingehängt und wirkt infolge des Rückhaltes beim Durchströmen des Wassers als Filter. Die Filterwirkung ist gegenüber dem Schlammfang in Versickerungsbecken besser und vorteilhaft ist zugleich der einfachere Ein- bzw. Ausbau und die mehrfache Verwendung dieser Filtersäcke.

Der Filtersack hat bei einer fachgerechten Installation ein hohes Rückhaltevermögen gegenüber Staubpartikeln und Tonpartikeln. Ca. 70 % des gesamten Filtergutes gehört der Schlammkornfraktion an. Der einzige Nachteil ist der fehlende Rückhalt von gelösten Stoffen durch das Fehlen einer belebten Bodenpassage.

Aufgrund der sehr guten Durchlässigkeit des Filtervlieses hat der Sack keinerlei Einfluss auf die Bemessung und Versickerungsfähigkeit des Schachtes selbst. Einzig und allein der Nachweise der Zug- und Druckfestigkeit des Gewebes bei Belastung und ein Nachweis der hydraulischen Filterwirksamkeit nach nationalen Normen ist zu erbringen.

Hinweise für den Einbau und Betrieb finden sich bei Geiger/Dreiseitl (2001):

- Vierteljährliche Kontrolle des Betreibers
- Erstreinigung nach einem Jahr
- Weitere Reinigung nach zwei Jahren
- Es gelten die Hinweise für Abstand zu Gebäuden und Grundwasser wie bei einem Versickerungsschacht

3.3.4. Leichtstoffabscheider

Der Leichtstoffabscheider ist ein System mit mehreren hintereinander geschalteten Schächten zum mechanischen Abscheiden von wassergefährdenden und leichtflüssigen Stoffen wie Benzin, Öl und Schwimmstoffe. Anwendung finden solche Systeme lt. Geiger/Dreiseitl (2001) bei einer notwendigen Vorbehandlung der Niederschlagswässer bei Herkunftsflächen mit erhöhter Verschmutzungsgefährdung durch Treibstoff oder Mineralölprodukte. Die Vorteile einer solchen Anlage liegen bei einer hohen Reinigungsleistung von Leichtstoffen durch eine 3 – stufige Reinigung und einer uneingeschränkten Nutzung der Oberfläche durch die Schachtbauweise. Sinnvoll ist es, einem Leichtstoffabscheider zur Vermeidung von Stoßbelastungen und einer daraus folgenden geringeren Reinigungsleistung einen Absetzschacht vorzuschalten. Hinweise zum Betrieb und zur Dimensionierung werden bei Geiger/Dreiseitl (2001) wie folgt angeführt:

- Zielgröße ist die Bemessung des erforderlichen Volumens des Abscheiders, welches von der Art und der zeitlichen Verteilung des Zuflusses abhängt.
- Es ist den Abscheidern ein Probenentnahmeschacht nachzuschalten und ein Betriebstagebuch zu führen.
- Die Abscheider sind in Intervallen von einem halben Jahr oder bei Bedarf zu leeren.
- Zusätzliche Kontrollen sollte es nach Unfällen im Entwässerungsgebiet, nach Starkregenereignissen und nach dem Ende der Frostperiode geben.

Abbildung 21 zeigt den schematischen Systemaufbau eines Leichtstoffabscheiders.

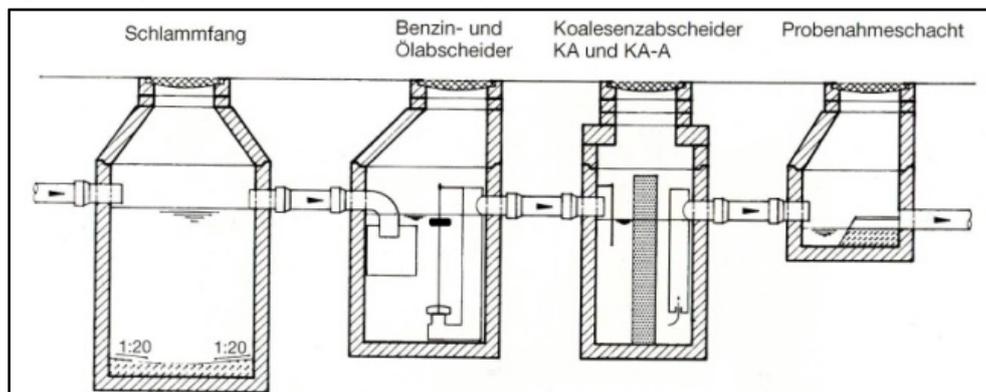


Abbildung 21: Leichtstoffabscheider (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.3.5. Absetzteich

Absetzteiche bieten die landschaftliche beste Eingliederung einer Vorbehandlungsmöglichkeit und wirken sowohl mechanisch/physikalisch als Absetzbecken wie auch biologisch als natürlicher Klärteich.

Die Reinigung bzw. Vorbehandlung ist zeitintensiv und bei ausreichend langer Aufenthaltsdauer im Teich erreicht man eine gute Sedimentationsleistung für Partikel mit einer Größe von $d > 0,1$ mm. Darüber hinaus findet ein biologischer Abbau mit aero-

ben und anaeroben Reinigungsprozessen statt. Durch eine zusätzliche, gezielt ausgewählte Bepflanzung des Teiches kann eine Verbesserung der Reinigungsleistung erreicht werden.

Ihre Anwendung finden solche Teiche in Randgebieten der Städte mit einer hohen Flächenverfügbarkeit. Auch können sie vor allem in Städten in einer kleineren Ausführung durch das Verdunsten an der Oberfläche zu einem besseren Klima in der näheren Umgebung beitragen.

Die Vorteile sind eine gute Reinigungsleistung der ungelösten wie der gelösten Stoffe und durch die Teichanordnung eine gewisse Speichermöglichkeit des Niederschlags bei Starkregenereignissen und eine Drosselung für nachgeschaltete Anlagen durch Installation von Kontrolleinrichtungen. Negativ sind der große Flächenbedarf und der hohe Wartungsaufwand aufgrund der intensiven Begrünung. Auch kann der Teich bei Vollerfüllung eine Gefahr für spielende Kinder darstellen, weswegen eine Einfriedung oder Einzäunung notwendig ist.

Hinsichtlich Betrieb und Dimensionierung gibt Geiger/Dreiseitl (2001) folgende Hinweise:

- Eine Dimensionierung der erforderlichen Teichfläche und der maximalen Einstauhöhe erfolgt über die Mindesttiefe, der Drosselleistung des Abflusses und dem Korndurchmesser der abzusetzenden Stoffe im Zulauf.
- Die Wartungsintervalle sind sehr kurz und es muss eine wöchentliche Reinigung der Oberfläche von Grob- und Schwimmstoffen und eine Inspektion der Zu- und Abläufe erfolgen. Jährlich ist eine Kontrolle mit eventueller Beseitigung des Schlammanfalles durchzuführen.
- Zur besseren Sedimentation im Teich ist der Zulauf möglichst gleichmäßig verteilt einzubringen, um Turbulenzen zu vermeiden.

Möglichkeiten für die Errichtung und einer Gestaltung eines Absetzteiches kann man in Abbildung 22 sehen.

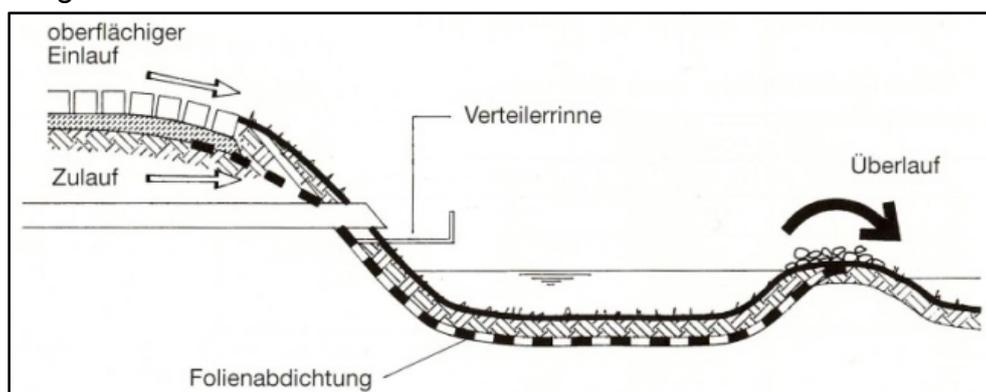


Abbildung 22: Absetzteich (Geiger/Dreiseitl, 2001)

3.3.6. Vegetationspassage

Dieses System findet vor allem bei stark organisch verschmutzten Regenwässern Anwendung, kann aber nicht als alleinige Reinigungsmaßnahme wirken. Es ist in al-

len Fällen eine Vorreinigungsstufe für Grobstoffe und sedimentäre Partikel vorzuschalten.

Das Prinzip einer Vegetationspassage beruht auf dem horizontalen Durchfließen des Regenwassers durch einen gegen den Untergrund abgedichteten, mit Pflanzen besetzten Bodenkörper in vorwiegend horizontaler Richtung (Geiger/Dreiseitl, 2001).

Dabei wird das Niederschlagswasser aeroben und anaeroben Abbauprozessen sowie einer mechanischen Reinigung durch Filtration unterzogen und die organischen Schadstoffe werden abgebaut bzw. durch Adsorption an die Bodenteilchen gebunden.

Durch seine begrünte Oberfläche bindet sich die Vegetationspassage gut in die Landschaft ein und es kommt auch zu keinerlei Geruchsbelästigung in der näheren Umgebung. Ein Nachteil ist der erhöhte Flächenbedarf und das zwingende Vorhandensein von vorgeschalteten Reinigungsstufen.

Der Wartungsaufwand beschränkt sich auf die gärtnerische Pflege der Anlage und die Kontrolle der Funktion des Zu- und Ablaufes, wobei darauf zu achten ist, dass es zu keiner Verdichtung des Bodens bei den Pflegearbeiten kommt.

Hinweise für den Betrieb und für die Dimensionierung gibt Geiger/Dreiseitl (2001):

- Zielgröße ist die Bemessung des max. Durchflusses in Abhängigkeit des Durchlässigkeitsbeiwertes des Substrates und der Aufenthaltszeit.
- Die Vegetationspassage sollte nie überstaut werden, um keine Kurzschlussströmungen an der Oberfläche zu erzeugen.
- Um einen hydraulischen Stoß im Zulauf nach Starkregenereignissen zu vermeiden, kann der Einlauf mit einer groben Kiesschüttung (8/32) ausgeführt werden.

In Abbildung 23 sieht man einen möglichen schematischen Aufbau einer Vegetationspassage.

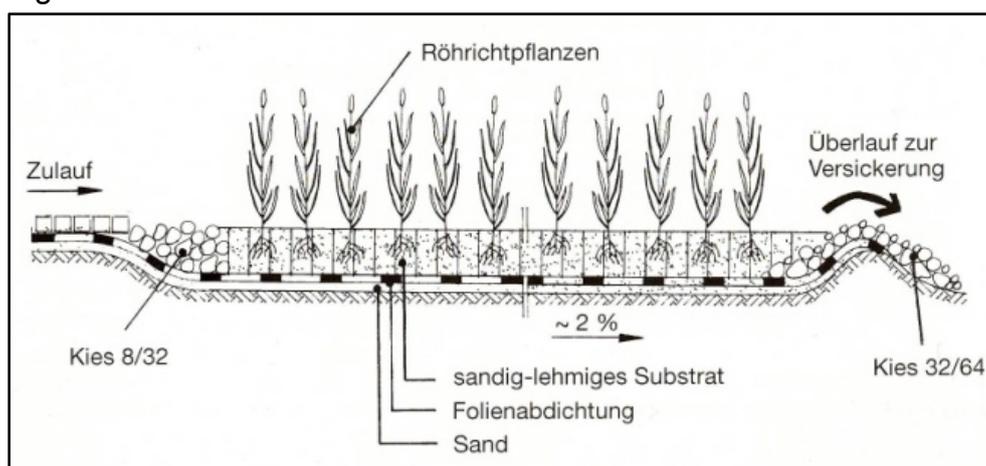


Abbildung 23: Vegetationspassage (Geiger/Dreiseitl, 2001)

4. Regenwassernutzung

Neben der Rückführung des Regenwassers in den natürlichen Kreislauf durch Versickerung mit oder ohne zeitlicher Verzögerung kann das anfallende Regenwasser auch für untergeordnete Zwecke im privaten, öffentlichen und gewerblichen Bereich genutzt werden.

Wie Geiger/Dreiseitl (2001) schreibt, gab es Zisternen bis zu einer Größe von mehreren 100 m³ schon seit dem Altertum. Niederschlagswasser wurde gesammelt und als Trinkwasser genutzt. Im privaten Bereich wird heute das Regenwasser, welches über die Fallrohre der Dächer in Regentonnen gesammelt wird, gerne für die Gartenbewässerung genutzt.

4.1. Allgemeines

4.1.1. Möglichkeiten und Anforderungen zur Nutzung von Niederschlagswasser

Möglichkeiten ergeben sich bei der Nutzung von Regenwasser viele und so gibt es auf der ganzen Welt verteilt einige hervorragende Beispiele für die Nutzung dieser Wässer. Dabei wird Wasser sowohl von kleinen Flächen für den privaten Gebrauch sowie bei großen Flächen z. B. Lagerhallen, Flughäfen, Stadien, Ausstellungshallen in Zisternen oder Becken gesammelt und genutzt.

So wurden die Stadien in Südkorea, welche anlässlich der Fußballweltmeisterschaft im Jahr 2002 errichtet wurden, aufgrund des koreanischen Wasserhaushaltgesetzes, welches eine Regenwassernutzung bei Stadien oder Sporthallen mit einer Dachfläche von über 2400 m² vorschreibt, alle mit einer Regenwassersammelanlage ausgestattet. Es wurden vier Stadien mit einer Gesamtdachfläche von ca. 62.000 m² entwässert und in 6 Speicherbecken mit einem Gesamtvolumen von 2010 m³ gesammelt. Die vorrangige Nutzung dieser Wässer war die Bewässerung der Rasen und der Grünanlagen im Umfeld der Stadien. Im Stadion Seogwipo wurde das Regenwasser für die Toilettenspülung genutzt und in Jeonju als Löschwasservorrat. Die Überläufe bei Starkregenereignissen gingen in den bestehenden Kanal, in nahe Flüsse oder ins Meer.

Auch in Europa wurden bei Objekten mit großen zu entwässernden Flächen Regenwassernutzungsanlagen installiert. Das Frankenstadion in Nürnberg hat eine zu entwässernde Fläche von 34.400 m² (Dachflächen, Laufbahnfläche) und einem Regenenertrag von 22.000 m³ pro Jahr. Davon versickern knapp 60 % und der Rest wird in einer Zisterne mit einem Fassungsvermögen von 990 m³ gespeichert. Diese gespeicherten Wässer werden zu 100 % für die Bewässerung des Rasenspielfeldes im Stadion, den Nebenplätzen und der Grünanlagenpflege rund um das Stadion genutzt. Durch diese Maßnahmen konnte nicht nur Wasser gespart, sondern auch Kos-

ten reduziert werden. Bei einer Investition für den Regenwasserspeicher von € 220.000,- und Abzug der Betriebskosten bleibt eine jährliche Ersparnis von ca. € 10.000,-. Das ergibt bei den heutigen Wasserpreisen eine Amortisationszeit der Anlage von 20 Jahren.

Regenwassernutzung bzw. –speicherung kann bei einer darauf ausgelegten Dimensionierung zu einer Reduktion der Spitzen bei einem Starkregenereignis und einem gewissen zeitlichen Rückhalt der Mengen führen. Dies führt jedoch zu gegenläufigen Zielen bei der Dimensionierung von Zisternen. Bei einer intensiven Nutzung der Wässer sollte der Speicher immer möglichst voll sein, zum Rückhalt möglichst leer. Ein Konsens zwischen diesen beiden Zielen ergibt sich laut Geiger/Dreiseitl (2001) erst bei einer Größe der Sammelanlagen von größer als 100 m³. Deswegen sollte vor allem bei kleineren Bewirtschaftungen stets ein Überlauf mit Versickerung oder ein Notüberlauf in den örtlichen Kanal nachgeschaltet werden.

Um eine Dimensionierung für die Größe des Speichers und der gewünschten Nutzung richtig durchzuführen, gibt es bereits einige Erfahrung bei Planern, Firmen, Betreibern solcher Anlagen und der Behörden sowie Vorschriften und Richtlinien (in Österreich ÖNORM B 2572). Ein Einsatz von Softwareprogrammen zur Simulation bei Regenereignissen ist lt. Geiger/Dreiseitl (2001) nur bei größeren Anlagen sinnvoll und effizient.

Je nach Nutzung des Niederschlagswassers im Anschluss an die Speicherung ist die Qualitätsanforderung eine andere. So benötigt das gesammelte Wasser für eine Gartenbewässerung niedrigere Anforderungen als ein Wasser für die Nutzung in der Waschmaschine oder Betriebswässer in Gewerbe oder Industrie.

Regenwasser, welches durch die Passage durch die Atmosphäre und das Abfließen auf Oberflächen verschmutzt wird, ist ohne aufwändige Aufbereitung nur für untergeordnete Zwecke verwendbar. Diese sind laut Geiger/Dreiseitl (2001) folgende:

- Grünflächenbewässerung
- Toilettenspülung, Waschmaschine
- Reinigungszwecke
- Betriebswässer in Gewerbe und Industrie

Allgemein sollte laut Geiger/Dreiseitl (2001) aber versucht werden, einige wichtige Punkte bei der Errichtung einer Regenwassernutzungsanlage einzuhalten:

- Wasser möglichst dunkel und kühl lagern, um eine Vermehrung der Keime im Wasser durch Sonne und Wärme nicht zu begünstigen. Am besten geeignet dafür sind unterirdische Zisternen, welche auch die Umgebung nicht beeinträchtigen.
- Voraussetzung für gutes Brauchwasser ist eine effektive Filterung der Wässer vor Einleitung in den Speicher. Es gibt je nach Größe, Zulaufmenge und vorhandener Verunreinigung verschiedenste Filterarten und –systeme.

4.1.2. Ökologische und ökonomische Betrachtung

Wie Geiger/Dreiseitl (2001) schreibt, gibt es bei einer Regenwassernutzungsanlage mehrere wirtschaftliche beziehungsweise ökologische Aspekte und Betrachtungsweisen. In den folgenden Punkten wird darauf näher eingegangen.

Substitution von Trinkwasser

Es kann nur im Interesse eines Wasserversorgungsunternehmens sein, dass in seinem Versorgungsgebiet ökologisch wie ökonomisch mit seinem Trinkwasser gewirtschaftet wird. Dabei muss vor allem auf ein hochwertiges Grundwasser geachtet werden, welches bei einer fachgerechten Regenwasserbewirtschaftung angereichert wird. Des Weiteren kann es durch den Gebrauch von Niederschlagswasser zur Einsparungen von Trinkwasser kommen.

Andererseits gibt es vor allem in Kommunen mit keiner Auskunftspflicht über nachträglich eingebaute Regenwassernutzungsanlagen das Problem, dass diese Anlagen vom Wasserversorgungsunternehmen nicht geprüft werden können.

Das Wasserversorgungsunternehmen verpflichtet sich, dem Verbraucher das Lebensmittel Trinkwasser lt. Trinkwasserverordnung zu liefern. Dabei muss vor allem darauf geachtet werden, dass die Aufenthaltszeit des Wassers in den Leitungen gewisse Zeiten nicht überschreitet, da es ansonsten zu Verkeimungen und Ablagerungen in den Leitungen kommen kann. Durch den Einbau einer Regenwassernutzungsanlage sinkt aber der Wasserverbrauch beim Endkunden und das für ihn bereitgestellte Wasser wird nicht vollständig genutzt, das Netz ist somit hydraulisch überdimensioniert und es kommt zu langen Aufenthaltszeiten im Netz. Um eine einwandfreie Qualität des Trinkwassers zu gewährleisten, müssten die Leitungen (DN) in die Häuser getauscht werden und bei erhöhtem Aufkommen von Regenwassernutzungsanlagen das gesamte Versorgungsnetz in diesem Raum.

Weiters muss bei Hausinstallation darauf geachtet werden, dass es zu keinerlei Rückkoppelung zwischen Regenwasser und Trinkwasser kommen darf. Sollte der Fall auftreten, dass Regenwasser in den Trinkwasserkreislauf gelangt und somit nicht nur das Trinkwasser des einen Endverbrauchers, sondern im gesamten kleinräumigen Versorgungsgebiet beeinträchtigt ist, liegt es in der Verantwortung des Wasserversorgungsunternehmens, diesen Schaden zu beheben.

Aus diesem Grund wird seitens der Wasserversorger z. B. der Graz AG gegen eine Nutzung von Regenwasser als Brauchwasser propagiert. Auf der Homepage der Graz AG (http://www.grazag.at/de/wasser/umgang_mit_wasser.html) ist zu lesen:

„Regenwassernutzung ist nicht sinnvoll, weil

- *... ein derartiges System insgesamt einen hygienischen Rückschritt darstellt. Die Wasserversorgung in Eisenbahnwaggons sollte kein Vorbild sein*
- *... der Einsatz von fäkal belastetem Wasser zum Wäschewaschen nicht zumutbar ist.“*

In einigen Fällen wurden auch schon seitens des Wasserversorgers die Wasserleitungen zum Endverbraucher geschlossen, da es dem Versorger nicht zu 100 % möglich war, die Lieferung eines einwandfreien Trinkwassers zu gewährleisten.

Minderung der Abwassermenge

Durch eine Nutzung beziehungsweise Sammlung der Niederschlagswässer kommt es zu einer Reduktion der Abwassermengen im Kanal. Momentan ist die Situation zumeist diese, dass neben dem genutzten Trinkwasser auch das gesamte Regenwasser den Kanal belastet. Durch eine Reduktion des Trinkwasserverbrauchs durch die Nutzung von Regenwasser für Waschmaschinen und WC-Spülungen wird die Menge des Abwassers geringer und die Kläranlagen werden im Regenwetterfall weniger stark belastet.

Wie Geiger/Dreiseitl (2001) schreibt, ist es aus der Sicht der Wasserwirtschaft erst dann optimal, wenn das Regenwasser neben einer Nutzung auch einer Versickerung und / oder einer Grundwasserneubildung zugeführt wird. Dies wird in den nächsten Jahren vor allem dort an Bedeutung gewinnen, wo ein zukünftiges Abwassergebührensplittling eingeführt werden soll.

Minderung der Niederschlags-Spitzenabflüsse

Durch eine zeitlich begrenzte Speicherung der Niederschlagswässer können im besten Fall die Abflussspitzen im Kanal verringert werden. Besonders bei Starkregenereignissen kommt es zu stoßartigen Belastungen einer Kläranlage und einer damit verbundenen geringeren Reinigungsleistung. Durch eine zeitliche Retention können diese Wassermengen gleichmäßiger abfließen und gleichzeitig wird das Risiko des Anspringens einer Entlastung in einen Vorfluter aus einem Mischwasserüberlaufbecken verringert. Solche Entlastungen führen zu einer hohen Stoßbelastung des Vorfluters mit verunreinigtem Wasser.

Um das Regenwasser in großem Stile zurückhalten zu können, würde es leere Zisternen oder Becken benötigen. Da dies aber nicht primäres Ziel einer Regenwassernutzung ist, muss ein Kompromiss gefunden werden. Dieser kann z. B. durch eine gezielte Überdimensionierung und einem freien Volumen für den Starkregenfall erzielt werden. So wird, lt. Geiger/Dreiseitl (2001), in einigen Gemeinden in Deutschland seitens der Gemeinde bei einer neuen Grundstückerschließung eine Rückhaltezisterne vorgeschrieben. Damit können die Kosten für ein aufwändiges großes Regenrückhaltebecken eingespart werden und der Grundstückseigentümer erhält einen Regenwasserspeicher zur eigenen Nutzung.

Private finanzielle Einsparungen

Bei einer Nutzung von Regenwasser kommt es zum einen durch die Einsparung von Trinkwasser zu einem geringeren Verbrauch und damit auch zu geringeren Kosten,

zum anderen kann es dort, wo der Trinkwasserbezug auch die Bemessungsbasis für die Abwassergebühr ist, auch zu einer Reduktion der Abwassergebühr kommen.

Um die Investitions- und Baukosten niedrig zu halten, gehört die Zukunft den kompakten Fertigteilssystemen aus Beton oder Kunststoff, welche in Modulbauweise zusammengesetzt werden können und die gesamte Installation mit Pumptechnik und Regeltechnik integriert haben.

Stärkung des Umweltbewusstseins

Neben einer objektiven Einsparung von Trinkwasser fördert eine Regenwassernutzung laut Hamburger Umweltbehörde auch den persönlichen Zugang des Einzelnen zum Thema Wasser, Umwelt und Klima. So findet man in Gebäuden mit Regenwassernutzungsanlagen vermehrt weitere Installationen zum Sparen von Wasser z. B. Wasserspararmaturen. Geiger/Dreiseitl (2001) schreiben in diesem Zusammenhang:

„Die Regenwassernutzung führt demnach nicht zu einem gleichgültigen Umgang mit Trinkwasser, sondern das Bewusstsein für eine rationelle Verwendung wird noch geschärft“

4.2. Nutzungsmöglichkeiten und -kriterien

4.2.1. Private Nutzung von Regenwässern

Laut Geiger/Dreiseitl (2001) ist bei einer klassischen Regenwassernutzung aus Zisternen für eine Gartenbewässerung der ökologische Effekt nur jahreszeitenbedingt gegeben. In der Vegetationsperiode wird das Wasser verbraucht und durch Versickerung dem Grundwasser wieder zurückgeführt. Dem gegenüber stehen drei Viertel des Jahres, wo nicht oder nur wenig bewässert wird und deswegen der Speicher voll und keinerlei Bedarf gegeben ist.

Bei einer weitergehenden Nutzung der Niederschlagswässer für untergeordnete Zwecke wie zum Beispiel Toilettenspülung oder in der Waschmaschine ist ein Ganzjahreseffekt vorhanden sowie auch ein gewisser Rückhalteeffekt im Speicher bei Regenereignissen. Da die Speicher aber auch leer sein können, müssen für diesen Fall zusätzliche Trinkwasserleitungen in den Speicher geführt werden, um sie auch alternativ auffüllen zu können. Deswegen ist eine Regenwassernutzung für solche Kleinanlagen ökologisch und vor allem wirtschaftlich gesondert zu betrachten.

Aus Sicht der Österreichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach (ÖVGW) sind in der Richtlinie W 86 (2005) einige Fakten und Vorschläge bzgl. der Nutzung von Regenwässern festgehalten.

In der W 86 wird von einer Nutzung der Regenwässer für eine Toilettenspülung und als Waschwasser abgeraten, da in den ablaufenden Dachwässern aufgrund von umweltbedingten Einflüssen (Staub, Vogelkot,...) nicht gewährleistet werden kann, dass keinerlei Fäkalkeime in den Wässern sind, welche sich bei einer WC-Spülung durch einen Sprühnebel beim Spülvorgang in der Luft verteilen oder bei einer Waschmaschine direkt in der Kleidung festsetzen könnten. Gegen eine Nutzung als Wasser für die Gartenbewässerung spricht außer einer möglichen Belastung durch Keime im Sprühnebel nichts und auch für Autowaschzwecke ist die Qualität der Regenwässer vollkommen ausreichend.

Seitens des ÖVGW gibt es folgende Empfehlungen für eine nachhaltige Regenwassernutzung:

- Dezentrale Nutzung von Brunnen-, Quellen- und Oberflächenwässer: Eine Verwendung von Niederschlagswasser für bauliche Vorhaben wird ebenso propagiert wie eine Erhaltung von bestehenden Brunnenanlagen neben einem bestehenden Ausbau zentraler Trinkwassernetze.
- Wirtschaftliche Überlegungen: Es müssen Kosten der Anlage (Investition, Betrieb), Wasserbezugspreis, Abwasserpreis sowie Wasserdargebot mit Niederschlag in jährlicher Verteilung und Menge ökonomisch verglichen und analysiert werden. So ergaben Durchrechnungsbeispiele, dass eine Wirtschaftlichkeit von Regenwassernutzungsanlagen nur unter bestimmten, besonderen Voraussetzungen gegeben ist.

Eine Dimensionierung soll laut Geiger/Dreiseitl (2001) so gewählt werden, dass ein möglichst hoher Deckungsgrad bei möglichst geringer Investition erreicht wird. Für diese Dimensionierung gibt es Software-Simulationen, welche mit den Niederschlagsreihen der letzten Jahre und den typischen Verbrauchswerten je nach Personenzahl und geplanter Nutzung der Niederschlagswässer arbeiten.

In Österreich sieht die ÖNORM B 2572 eine Gegenüberstellung des Wasserbedarfes mit der nutzbaren Niederschlagsmenge vor:

- Die nutzbare Niederschlagsmenge [m^3/a] wird dabei so bemessen, dass der gesamte Jahresniederschlag in mm mit den Abflussbeiwerten je nach Fläche des Auftreffens und dem Filterbeiwert der Zisterne abgemindert wird und mit der gesamten Fläche multipliziert wird.
- Der Wasserbedarf [m^3/a] errechnet sich je nach Nutzung und Anzahl der Personen.

Nach Bekanntsein dieser beiden Größen wird der niedrigere Wert mit einer Speicherkonstanten je nach Anzahl der Reservetage abgemindert und man erhält daraus das erforderliche Speichervolumen für seine Regenwassernutzungsanlage.

In Geiger/Dreiseitl (2001) sind nachfolgend noch einige allgemeine wichtige Mindestanforderungen an Regenwassernutzungsanlagen zusammengestellt:

- Nur Anschluss von geeigneten Flächen an eine Regenwassernutzungsanlagen vorsehen
- Gesicherte Ableitung des Regenwassers auch bei Störung der Nutzungsanlagen (Notüberlauf)
- Filtration des Regenwassers vor der Speicherung
- Speicherung lichtgeschützt mit beruhigtem Zulauf
- Schutz des Speichers gegen Rückfluss und Gase aus der Kanalisation oder durch eine nachgeschaltete Versickerung
- Trinkwassernachspeisungen nur in rückstromsicherer Installation (freier Auslauf)
- Regenwasserverteilleitungen ohne Verbindungen zum Trinkwassernetz
- Regenwasserverteilleitungen und Entnahmestelle mit permanenter Kennzeichnung „Kein Trinkwasser“
- Wartungs- und Inspektionsplan

4.2.2. Gewerbliche und kommunale Nutzung von Regenwässern

Regenwassernutzungsanlagen für Gewerbebetriebe, Industrie oder eine öffentliche Nutzung sind aufgrund ihrer größeren Dimensionen wirtschaftlicher zu betreiben und zu errichten.

Anwendungsbereiche finden sich in Gewerbe- oder Industriebetrieben in zahlreichen Bereichen, wie Geiger/Dreiseitl (2001) auflistet:

- Bewässern der Grünanlagen
- Kühlung der Kreisläufe
- KFZ-Waschanlagen
- Hochdruckreinigungsanlagen
- Galvanisieren
- Glasschleifen
- Druckplatten reinigen
- Metall waschen

Je nach Nutzung der Niederschlagswässer muss natürlich die gesamte Anlage darauf ausgerichtet werden. Je nach Verwendungszweck werden die Größe und die erforderliche Art der Aufbereitung festgelegt.

Neben einer Nutzung der gesammelten Niederschlagswässer für eine Brauchwassernutzung tritt auch eine Verwendung als Löschwasser für den Brandfall immer mehr in den Vordergrund.

Wie E. Götsch (2005) schreibt, wurde in den letzten Jahren der Objektschutz immer wichtiger und für Planer und Betreiber von großen Fabriken zu einer neuen Herausforderung. Wurde früher die Löschwasserversorgung über das öffentliche Trinkwassernetz gewährleistet, sehen sich viele Wasserversorgungsunternehmen (WVU) heutzutage nicht mehr imstande, aufgrund der Trinkwasserverordnung und den somit hydraulisch günstigeren kleineren Durchmessern im System, eine ausreichende Versorgung im Brandfall zu gewährleisten. So entschieden zum Beispiel die Stadtwerke München im Jahr 2000, grundsätzlich kein Löschwasser mehr in ihrem Verteilernetz zur Verfügung zu stellen.

Seitens der Unternehmen musste deshalb ein Umdenken stattfinden und nach individuellen Einigungen von Betrieben und WVU setzt sich immer mehr ein System durch, das nur noch einen Teil des Löschwasserbedarfes aus dem öffentlichen Netz bezieht und den restlichen Teil aus einer Eigenversorgung aus Regenwasserzisternen vorhält. Solch ein System wird über eine Regeltechnik überwacht und entnimmt im Brandfall je nach Angebot aus dem öffentlichen Netz einen gewissen Prozentsatz und die Differenz auf 100 % aus seiner eigenen Löschwasserreserve.

Regenwassernutzungsanlagen werden heute vor allem bei öffentlichen Gebäuden gerne betrieben. Eine ökologische und nachhaltige Bewirtschaftung hat in einer Kommune nicht nur einen eigenwirtschaftlichen Faktor durch Einsparung von Trinkwasser und geringerer Belastung der Kanalisation beziehungsweise Kläranlage. Solche umweltschonenden und ökologisch wertvollen Maßnahmen können auch gut im Stadt- und Tourismusmarketing integriert werden und es kann damit versucht werden, die Bevölkerung hinsichtlich Regenwasser und Ressourcen zu sensibilisieren.

Teil B
CAMPUS 2011

1. Projektvorstellung

Wie bereits in der Veranlassung für diese Diplomarbeit beschrieben, soll im Jahr 2011 anlässlich des 200-jährigen Bestehens der Technischen Universität Graz eine Neu- bzw. Umgestaltung der Grün- und Parkanlagen auf dem Areal der Alten Technik (Rechbauerstraße, Lessingstraße) unter dem Projektnamen

CAMPUS 2011

stattfinden.

Aus diesem Grund beschäftigen sich zurzeit drei Institute der Fakultäten Architektur und Bauingenieurwissenschaften mit Projekten rund um dieses Vorhaben. Im Folgenden werden zukünftige bzw. bereits fertig gestellte Projekte zu diesem Vorhaben vorgestellt.

1.1. Projekt des Institutes für Straßen- und Verkehrswesen (Prof. Fellendorf)

Das Projekt Campus 2011 wurde am Institut für Straßen- und Verkehrswesen im Rahmen eines Masterprojektes (Gruber, Kalogeropoulos und Neuhold, 2008) behandelt. Unter dem Thema: „Potentialanalyse ruhender Verkehr – Alte Technik Campus 2011“ wurde eine gründliche Analyse des Bestandes (sowohl ruhender als auch fließender Verkehr) erstellt und alle Mängel in verkehrlicher, funktionaler und optischer Hinsicht aufgezeigt.

Für die Bestandsaufnahme wurde eine Verkehrszählung für Fußgänger und Radfahrer erstellt, welche nach Auswertung genauer beschreibt, wie die Verkehrsströme an den einzelnen Aus- und Eingängen am Areal „Alte Technik“ verlaufen. Parallel dazu wurden auch für den ruhenden Verkehr (PKW-Abstellflächen und Rad-Abstellflächen) Bestandsaufnahmen und Auslastungsgrafiken erstellt. Diese zeigen, in wie weit einzelne Abstellflächen auf der TU, sei es für Fahrräder oder PKW, über den Tag verteilt ausgelastet sind.

Nach einer eingehenden Beschäftigung mit dem Bestand, den einzelnen Verkehrsströmen und Auslastungsgraden wurden unter Betrachtung einiger Rahmenbedingungen wie z. B.

- Beibehaltung, Erweiterung bzw. Umgestaltung von Grünflächen und Gärten
- Attraktivierung der Parkflächen (Trinkbrunnen, WLAN, öffentliche Toilette,...)
- Verlagerung der Pkw- Stellplätze aus dem Innenhof
- Barrierefreie Zugänge für Behinderte und Lieferanten

drei verschiedene Varianten für eine Umgestaltung erarbeitet. Hauptaugenmerk wurde dabei auf die Zahl der PKW-Stellplätze gelegt, welche von Variante zu Variante abweichen:

- Für Variante 1 (Abbildung 24) wurde eine Stellplatzzahl von ca. 80 gewählt, was dem aktuellen Angebot entspricht.
- Bei Variante 2 (Abbildung 25) wurde die Anzahl der Stellplätze auf die Hälfte (ca. 40) verringert und somit mehr Platz für Grünraum geschaffen.
- In Variante 3 (Abbildung 26) wurde der Raum für Stellplätze stark verringert (ca. 20), was natürlich den größten Freiraum an Umgestaltungsmöglichkeiten eröffnet.



Abbildung 24: Variante 1 des ISV (Masterprojekt/ 2008)



Abbildung 25: Variante 2 des ISV (Masterprojekt/ 2008)



Abbildung 26: Variante 3 des ISV (Masterprojekt/ 2008)

1.2. Projekt des Institutes für Architektur und Landschaft (Prof. Loenhardt)

Das Institut für Architektur und Landschaft hat das Projekt Campus 2011 im Rahmen des Seminars Landschaftsgestaltung im Sommersemester 2008 bearbeitet. Unter der Leitung der Lehrenden DI Anna Detzlhofer, DI Robert Kutscha und Dr. Hans-Hermann Wöbse war es die Aufgabe der StudentInnen, den TU-Park „Alte Technik“ für neue Nutzungsmöglichkeiten umzugestalten.

Eines dieser Projekte (Abbildung 27) und Ideen kam von den Studenten Alexander Furtmüller und Claudia Kresser, welche ihre Arbeit mit folgendem Text erklären:

„Unserer Ansicht nach stellt der Campus ein weites Raumkontinuum dar, das sich über die baulichen Grenzen hinaus mit dem Stadtraum verwebt. Das verbindende Element ist ein metaphorischer Teppich, der sich um die Gebäude herum legt. Als Ganzes betrachtet bildet er eine Einheit, zusammengefügt aus Teilen unterschiedlichen Charakters. Das Diktat einer Wegführung ebenso wie explizite Nutzungszuordnungen werden aufgehoben um dem Besucher, in einem demokratischen Sinne, die Entscheidungsfreiheit zu geben. Bauliche Grenzen, allen voran der denkmalgeschützte schmiedeeiserne Zaun, werden geöffnet, aufgebrochen, versetzt – dem Kontext der Abgrenzung enthoben – um auf diese Weise als Raum definierende Elemente neue Bedeutung zu erlangen. Durch landschaftliche Faltungen, sozusagen eine künstliche Topografie, werden sowohl räumliche als auch funktionale Qualitäten angestrebt und verfeinert. Diese orientieren sich an bestehenden und neuen Sichtachsen, Bewegungslinien und funktionalen Aspekten. Die Materialität wechselt zwischen Rasenflächen und Gussasphaltplatten in verschiedenen Grautönen. Damit wird der Campus als zusammenhängendes Gelände betont und eine visuelle wie haptische Verbindung zur Stadt erreicht. Bäume werden dort entfernt, wo sie Sichtbeziehungen verhindern oder Räume abschließen. Wir wünschen uns einen Ort der Kommunikation, der Vitalität, der Transparenz – eine Bühne zwischen dicken Büchern!“



Abbildung 27: Architektur und Landschaft (Furtmüller/Kresser, 2008)

Ein weiteres Projekt (Abbildung 28, Schmidt/Kordon, 2008) zeigt den Entwurfsgedanken einer Strukturierung des Geländes durch Linien für geradlinige Denker und dem entgegengesetzt auch Querlinien für die Querdenker.

Diese Linien geben Sitzgelegenheiten und übernehmen alle anderen notwendigen Funktionen wie Fahrradabstellplätze, Beleuchtungskörper, Müll, etc.

Die Oberfläche wird Großteils mit Rasengittersteinen ausgelegt und bildet somit eine einheitliche, grüne Fläche mit einer Integrierung des momentanen Baumbestandes.

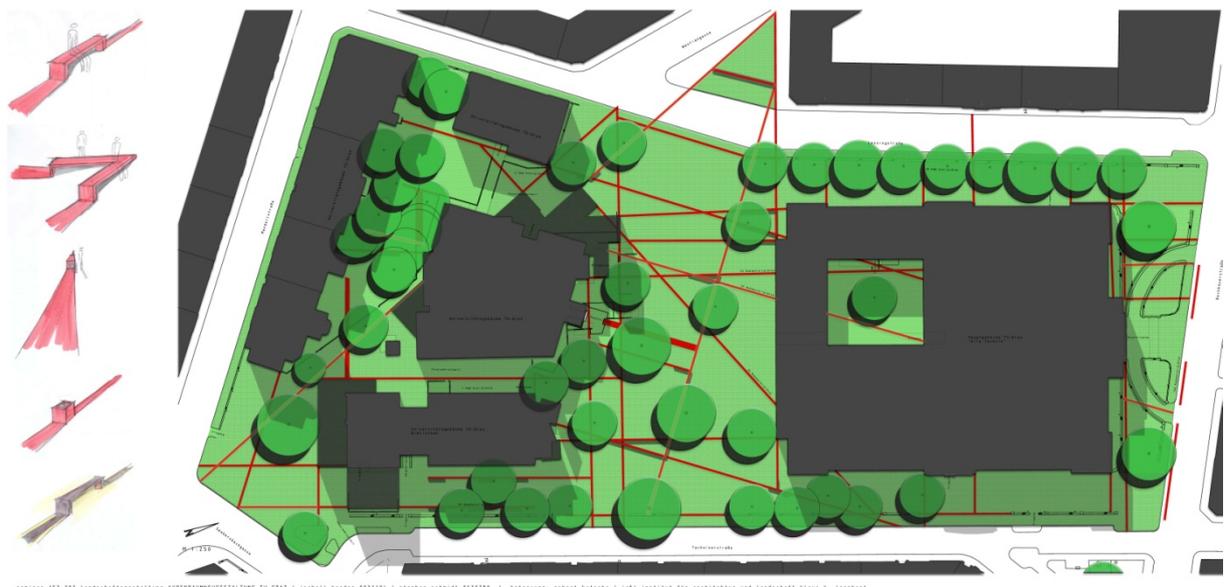


Abbildung 28: Architektur und Landschaft (Schmidt/Kordon, 2008)

Diese Unterlagen wurden mit freundlicher Genehmigung vom Team „Lebensraum Alte Technik TU Graz“ (Christine Sohar und Philipp Müller) und dem Institut für Architektur und Landschaft (Prof. Loenhart) zur Verfügung gestellt

1.3. Projekt des Instituts für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau (Prof. Kainz)

Das Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau hat seine Kernaufgabengebiete in der Wasserversorgung, dem Bodenhaushalt, der Hydrologie sowie der Abwasser- und Abfallwirtschaft. Aus diesem Grund war es dem derzeitigen Vizerektor für Infrastruktur und Informations- und Kommunikationstechnologie und gleichzeitig Institutsvorstand Prof. Kainz ein besonderes Anliegen, sich auch seitens seines Institutes mit einem Beitrag zum Campus 2011 zu beteiligen.

Wie schon in Teil A (Regenwasserbewirtschaftung) beschrieben, sollte heutzutage ein modernes Regenwasserbewirtschaftungssystem fixer Bestandteil eines jeden größeren Gebäudes mit großen Anteilen von versiegelten Flächen sein. Ein solches stellt auch das Areal der Alten Technik in der Innenstadt von Graz dar. Einerseits kommt es dadurch bei dezentralen Versickerungsmaßnahmen zu einer Anreicherung des Grundwassers und andererseits, was besonders hervorzuheben ist, zu einer Entlastung der Stadtkanäle im Regenwetterfall. Dies führt vor allem dazu, dass die Mischwasserkanalisation in diesem Bereich entlastet wird und die zahlreichen Mischwasserüberläufe in diesem Bereich seltener anspringen.

Das Projekt seitens des Institutes für SWW möchte die Möglichkeiten von unterschiedlichen Regenwasserbewirtschaftungssystemen für diesen Bereich aufzeigen. Es möchte zeigen, wie Elemente von verschiedensten Versickerungsarten in eine Grünanlage integriert werden können und wie Regenwässer für eine Nutzung zur Bewässerung der Grünflächen in Zisternen gesammelt werden können. Weiters soll im gegenständlichen Projekt aufgezeigt werden, wie Wässer, welche keiner Versickerung oder Nutzung aus Gründen von Vorschriften oder Regelwerken zugeführt werden können, trotzdem nicht in den Kanal geleitet werden müssen, sondern in den unter dem Areal verlaufenden Kroisbach eingeleitet werden können. Weiters soll dieser für die Bevölkerung verschwundene Stadtbach nach Möglichkeit wieder wahrnehmbar gemacht werden.

2. Grundlagenermittlung für eine Projektierung

2.1. Allgemeines

Im Rahmen eines generellen Projektes soll die Machbarkeit von unterschiedlichen Elementen von Regenwasserbewirtschaftungssystemen auf dem Areal der Alten Technik aufgezeigt werden. Abbildung 29 zeigt den aktuellen Istbestand dieses Bereiches.



Abbildung 29: Übersichtsplan Alte Technik (Stand Juni 2007)

Um ein Regenwasserbewirtschaftungssystem in Österreich zu installieren, gibt es eine Vielzahl von Normen und Richtlinien, an welche man sich halten kann bzw. muss. Unter anderem:

- ÖNORM B 2506-1: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb
- ÖNORM B 2506-2: Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Qualitative Anforderungen an das Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen
- ÖNORM B 2572: Grundsätze der Regenwassernutzung
- ÖWAV Regelblatt 35: Behandlung von Niederschlagswässern
- ÖVGW Richtlinie W 86: Nutzwassernutzung

Für das bessere Verständnis werden zunächst einige der im Nachfolgenden verwendeten Begriffe definiert (Auszug aus ÖN B 2506-1):

- **Regenwasser:** Niederschlag, der nicht direkt versickert, sondern von Dach- und Bodenoberflächen oder Gebäudeaußenflächen zur Versickerungsanlage abfließt und dort für die Dimensionierung der Versickerungsanlage wirksam wird, einschließlich Schmelzwasser
- **Bemessungsregen:** Regenereignis definierter Dauer, Jährlichkeit und Intensität, für welches die Dimensionierung von Anlagenteilen erfolgt
- **Sickerfähigkeit:** Wasserdurchlässigkeitsvermögen eines Bodens oder einer künstlich hergestellten (Filter-) Schicht
- **Wirksame Versickerungsfläche:** benetzte, zum Untergrund durchlässige Fläche der Versickerungsanlage unter Berücksichtigung der Sickerlinien
- **Maßgeblicher Grundwasserspiegel:** vom Planer oder von der Behörde festgelegter Grundwasserspiegel in Metern über Adria, meist höchster Jahres-Grundwasserspiegel einer zusammenhängenden Reihe von Jahren oder durch theoretische Überlegungen und Berechnungen als höchstmöglicher Grundwasserstand ermittelter Wert

Allgemeine Voraussetzungen für eine Regenwassersickeranlage finden sich in der ÖN B 2506-1 und sind neben einer ausreichenden Versickerungsfähigkeit und einem ordnungsgemäßen Aufbau der Anlage natürlich das Vermeiden von Beeinträchtigungen dritter. So darf es zu keinen Vernässungen von angrenzenden Bauwerken oder Grundstücken, sowie Beeinträchtigungen von Standfestigkeiten oder Wassergewinnungsanlagen kommen. Für den Fall extremer Witterungsverhältnisse (Starkregen, plötzliches Tauwetter) ist lt. ÖN B 2506-1 eine Ausgestaltung der Anlage für solche Fälle unter Bedacht zu nehmen (z. B. Notüberlauf). Außerdem ist eine entsprechende Zugänglichkeit zur Anlage für Wartung und Reinigung zu gewährleisten.

2.2. Grundlagen der Dimensionierung

Laut ÖNORM B 2506-1 sind die Grundlagen für eine Dimensionierung wie folgt beschrieben:

„Für die Dimensionierung von Sickeranlagen sind der Bemessungsregen des Entwässerungsortes, die abflusswirksame Gesamtfläche, die Sickerfähigkeit (Durchlässigkeit) des Untergrundes und der höchste zu erwartende Grundwasserspiegel maßgeblich“

2.2.1. Bemessungsregen

Der Bemessungsregen für eine Regenwasserversickerungsanlage baut auf einer Regendauer mit zugehöriger Intensität und einer bestimmten, dem Projekt entsprechenden Jährlichkeit auf. Je nach Gefährdungspotential der Umgebung und der Anrainer ist eine gewisse Jährlichkeit in Absprache mit Projektanten und Bauherrn zu bestimmen. Laut ÖN B 2506-1 hat die Bemessung auf mindestens ein 5-jährliches Regenereignis ($n = 0,2$) zu erfolgen. Nach der Wahl einer bestimmten Jährlichkeit ist für den Standort auf Basis der Starkregenauswertungen in Abhängigkeit der Regenhäufigkeit und Dauerstufe eine Bemessungsregenspende zu ermitteln.

Für das gegenständliche Projekt wurden die Bemessungsregenspende aufgrund des ÖWAV- Leitfadens Niederschlagsdaten zur Anwendung für die ÖWAV- Regelblätter 11 und 19 für den Standort 217 – Graz – St. Peter entnommen. Um den Unterschied zwischen einem 5-jährlichen ($n=0,2$) und 10-jährlichen ($n=0,1$) Regenereignis darzustellen, wurde in der Abbildung 30 und Abbildung 31 die Regensummenlinien für beide Jährlichkeiten gegenübergestellt.

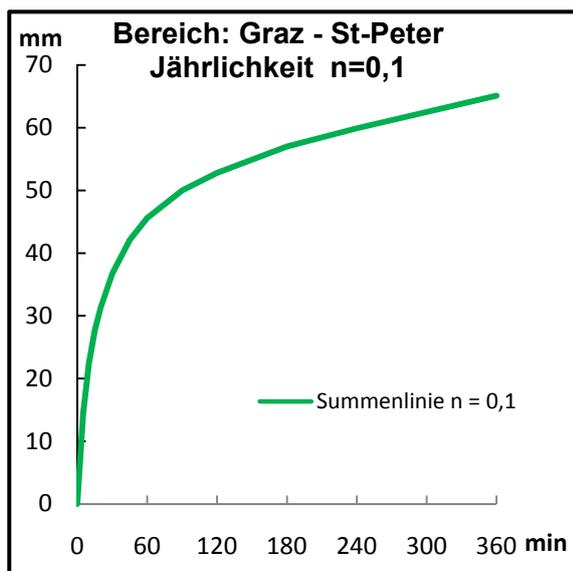


Abbildung 30: Summenlinie n = 0,1

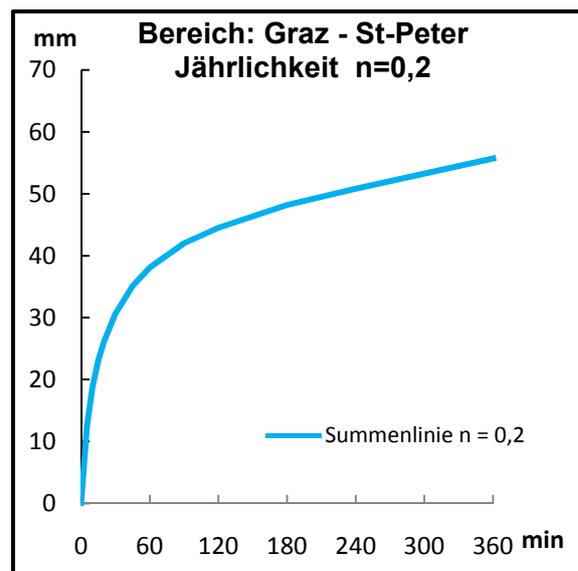


Abbildung 31: Summenlinie n = 0,2

2.2.2. Nutzbare Niederschlagsmenge-Regenwassernutzung

Um eine Dimensionierung laut ÖN B 2572 für eine Regenwassernutzungsanlage durchführen zu können, sind hydrologische Daten sowie die Nutzungsart für die gesammelten Wässer erforderlich. Aus diesen Daten kann das erforderliche Speichervolumen für eine wirtschaftliche Regenwassernutzung berechnet werden.

Die Dimensionierung benötigt die nutzbaren Niederschlagsmengen. Diese Niederschlagshöhen können bei den hydrographischen Landesdiensten erfragt oder aus den hydrographischen Jahrbüchern entnommen werden.

Laut ÖN B 2572 ist für eine Speicherdimensionierung die jährliche Niederschlagshöhe bzw. der jährliche Bedarf maßgebend. Darüber hinaus ist es möglich, den Niederschlag bzw. den Bedarf monatlich zu verteilen und damit eine genauere Betrachtung durchführen zu können.

Eine monatliche Verteilung der Niederschlagsmengen (Mittelwert der Monatsniederschläge aus den Jahren 1998-2005 am Standort Graz-Universität) in Graz laut hydrographischem Jahrbuch findet sich in Abbildung 32

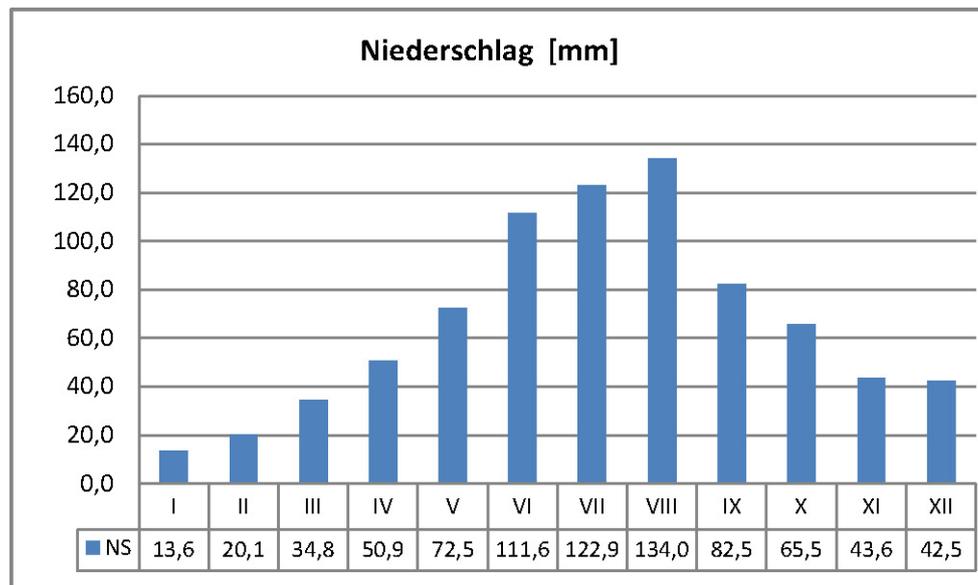


Abbildung 32: monatliche Niederschlagsverteilung

2.2.3. Abflusswirksame Gesamtfläche

Für eine Versickerungsanlage sind laut ÖN B2506-1 alle Flächen eindeutig zu bestimmen und beinhaltet neben einer Horizontalprojektion der Flächen auch etwaige lotrechte bzw. durch Schlagregen beregnete Flächen. Sollten sich aufgrund verschiedener Materialien verschiedenste Abflussbeiwerte ergeben, so sind diese zu berücksichtigen. Alle Teilflächen sind gesondert zu ermitteln.

Die abflusswirksame Gesamtfläche A_{ent} beinhaltet neben den Entwässerungsflächen A_{red} (= Summe der Teilflächen A * Abflussbeiwert α_n) auch die beregnete Fläche der Versickerungsanlage A_v .

$$A_{ent} = A_{red} + A_v = (\sum A * \alpha_n) + A_v$$

Für das Projekt Campus 2011 wird das Areal der Alten Technik in sechs verschiedene Flächen unterteilt:

- Dachfläche Rechbauerstraße 12
- Dachfläche Bodenmechanik mit Hof (Rechbauerstraße)
- Dachfläche Rechbauerstraße HS I und II
- Dachfläche Lessingstraße 25
- Dachfläche Technikerstraße 4
- Straßen und Parkflächen

Der Abfluss der Dachflächen der Lessingstraße 25 wird nicht in das System eingeleitet. Laut den Ausführungsplänen aus dem Jahr 1986 (Arch. DI. Günther Domenig) wurde für diese Wässer eine eigenständige Versickerung errichtet.

Der Niederschlag der Dachflächen des Gebäudes Technikerstraße 4 wird diesem Versickerungssystem nicht zugeführt, da bei diesem Gebäude nach einer Einsichtnahme von Plänen im Grazer Stadtarchiv eine innenliegende Ableitung der Dachflächenwässer und direkte gemeinsame Einleitung mit dem Schmutzwasser in den Kanal erfolgt.

Die gesamten Niederschlagswässer der Parkplätze könnten nach dem ÖWAV-Regelblatt 35 einer Versickerung zugeführt werden (Kategorie F2: Hofflächen und Parkplätze für PKW ohne häufigen Fahrzeugwechsel). Aufgrund der wahrscheinlichen Beeinträchtigungen durch Laub und möglicher Verschmutzungen durch den Menschen und einer somit notwendigen groben Vorreinigung vor der Versickerung wird von einer Zuführung dieser Wässer zum Regenwasserbewirtschaftungssystem Abstand genommen. Für diese Wässer wird nach Möglichkeit eine direkte Ab- und Einleitung in den Kroisbach angestrebt (siehe Kapitel 4.2.3.)

In Tabelle 6 werden die einzelnen oben angeführten Flächen erfasst und mit dem wirksamen Abflussbeiwert multipliziert.

Tabelle 6: Abflusswirksame Gesamtfläche

Nr.	Ort	[m ²] Gesamtfläche	a _n Abflussbeiwert	A _{red}
1	Dachfläche Rechbauerstraße	1860	0,9	1674,0
2	Dachfläche Bodenmechanik und Hof	1800	0,95	1710,0
3	Dachfläche Hof HS I und II + Dach	1500	0,95	1425,0
			Summe	4809 m ²

Die Abflussbeiwerte ergeben sich aus dem vorhandenen Material und dem allgemeinen Zustand der Deckung der einzelnen Flächen, da alle drei Flächen unterschiedlich gedeckt sind:

-
- Fläche 1: Der Bestand der Alten Technik ist neben einer teilweisen Abdeckung mit einem Blechdach (Mitteltrakt) mit Dachschindeln gedeckt.
 - Fläche 2: Die entwässerte Dachfläche des Bodenmechanik-Labors im Hof besteht aus einem Metallblechdach. Dies lässt mit den angrenzenden Dachflächen des Hauptgebäudes der Alten Technik und den asphaltierten Hofflächen einen Abflussbeiwert von $a_n=0,95$ erwarten.
 - Fläche 3: Die Hofflächen bei HS I und HS II sind mit einer Glasbedeckung versehen. Zusammen mit den angeschlossenen Dachflächen wird ein mittlerer Abflussbeiwert von 0,95 abgeschätzt.

Eine Unterteilung der Flächen in verschiedene Klassen muss gemäß ÖWAV Rbl. 35 (2002) vorgenommen werden, da bei Dachdeckungen mit Kupfer (Cu)-, Blei (Pb)- oder Zinn (Zn)-haltigem Material diese in die Klasse F3 fallen, wodurch die Wässer der Fläche 1 und 2 getrennt zu betrachten sind. Für Regenwässer vom Flächentyp F3 ist eine Versickerung über eine Oberbodenpassage anzustreben, aber laut Rbl. 35 kann auch eine Versickerung ohne vorgeschalteter Reinigung bei guten Untergrundverhältnissen, welche eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu erwarten lassen, durchgeführt werden.

Die Fläche 3 ist dem Flächentyp F1 zuzuordnen.

2.2.4. Sickerfähigkeit (Durchlässigkeit) des Untergrundes

Die Sickerfähigkeit bzw. Durchlässigkeit eines Untergrundes ist der maßgebende Kennwert für die Dimensionierung einer Versickerungsanlage. Die Sickergeschwindigkeit v_f wird für den Boden laut ÖN B 2506-1 konstant angenommen und entspricht dem Durchlässigkeitsbeiwert k_f . Sollten keine Kennzahlen für den vorhandenen Boden vorliegen, so können Werte aus der Literatur oder ähnlichen Böden herangezogen werden. Diese Werte sind für die Anwendung aber zu halbieren, um etwaigen Unsicherheiten zu berücksichtigen. Da weiters der versickerungsfähige Untergrund jedoch in der Regel nur teilgesättigt sein wird, wird wiederholt empfohlen, nur den halben k_f -Wert anzusetzen.

Die TU Graz befindet sich in der geologischen Zone mit quartärem Bodenaufbau (Alluvium, Pleistozän entlang der Flüsse und Moränen im Alpenvorland).

Aus einem bestehenden Bodengutachten aus dem Jahr 1985 (mit freundlicher Genehmigung des Landesmuseum Joanneum, Abteilung Geologie & Paläontologie) welches anlässlich des Erweiterungsbaues der Technikerstraße 4 erstellt wurde, ergibt sich folgender Bodenschichtenaufbau (Tabelle 7):

Tabelle 7: Bodenaufbau Technikerstraße 4

Bodenmechanische Bezeichnung	Tiefe GOK = ± 0,00	Lagerung
Mutterboden	0,40 m	Locker
Kies, sandig, schluffig, schwach steinig	2,50 m	Mitteldicht
Sand, stark schluffig, schwach kiesig	3,50 m	-
Kies, sandig, schwach schluffig	4,20 m	Schwach verkittet, mitteldicht
Mittelkies, stark sandig	4,70 m	Dicht, trocken

Da es aus dem vorhandenen Bodengutachten nicht möglich war, Bodenkennwerte zu ermitteln, wurde die bestehende Versickerung der Lessingstraße 25 rückgerechnet, um die k_f -Werte abzuschätzen. Diese Rückrechnung ergibt einen k_f -Wert von max. 10^{-5} m/s.

Um eine Berechnung durchführen zu können, ist laut ÖN B 2506-1 eine Sickerlinie darzustellen. Diese Linie zeigt die Versickerungsfähigkeit des Bodens im Verhältnis zur Zeit auf.

$$S_x = v_f * \beta * T_x * \frac{A_v}{A_{ent}} [mm]$$

-
- v_f Sickergeschwindigkeit [m/s oder mm/min]
 β Sicherheitsbeiwert zur Berücksichtigung einer Verschlammung. In der Regel mit 0,5 anzusetzen, bei vorgeschalteter Reinigung kann ein Wert von $\beta = 1,0$ angesetzt werden
 A_v gewählte bzw. zur Verfügung stehende wirksame Sickerfläche [m²]
 A_{ent} abflusswirksame Fläche [m²]

In Abbildung 33 sieht man beispielhaft den Verlauf einer Sickerlinie.

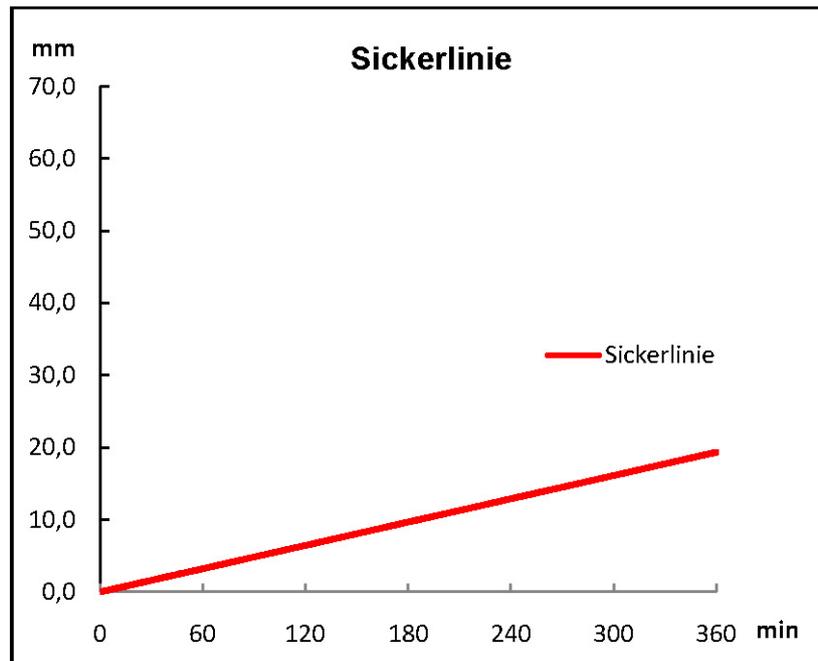


Abbildung 33: Beispiel einer Sickerlinie

2.2.5. Grundwassermächtigkeit

Die Grundwassermächtigkeit bzw. der Flurabstand sind nur für einige Versickerungssysteme von Bedeutung. Vor allem bei Systemen mit unterirdisch liegender Versickerung wie zum Beispiel Sickerschacht, Rohrversickerung oder Rigolenversickerung ist darauf zu achten, dass ein ausreichender Abstand zwischen höchstmöglichem Grundwasserspiegel und der Versickerungsebene vorhanden ist. Sollte dies nicht gegeben sein, kann eine ausreichende Reinigung der Niederschlagswässer durch die zu geringe Bodenpassage nicht gewährleistet werden.

Der Grundwasserkörper am Areal der Alten Technik wird beim Hydrographischen Dienst des Landes Steiermark dem Grazer Feld zugeordnet und wird über mehrere Messpunkte über das Stadtgebiet verteilt gemessen.

Für das Areal Alte Technik wurde die Grundwassermessstelle Graz 2 (Lessingstraße 20, 8010 Graz) für die Ermittlung des Grundwasserspiegels herangezogen.

Es wurden folgende Messdaten ermittelt (siehe Tabelle 8):

Tabelle 8: Grundwasserpegel

Messpunkthöhe	362,61 m
Minimum (m über Adria)	347,30 m
Maximum (m über Adria)	348,61 m
Mittel	347,90 m

(Daten des Hydrographischen Dienstes des Landes Steiermark vom 11.02.2009)

Somit ergibt sich bei einer geodätischen Höhe von durchschnittlich 357,90 m ü. A. im Grünanlagenbereich der Alten Technik ein Mindestabstand zum maximalen Grundwasserstand in diesem Bereich von etwa 9,30 m.

2.3. Bestand der Regenwasserableitung

Um ein neues Regenwasserbewirtschaftungssystem planen und projektieren zu können, muss der Bestand erhoben werden. Dabei wurden die drei Gebäude

- Rechbauerstraße 12
- Technikerstraße 4
- Lessingstraße 25

genauer untersucht.

Eine Erhebung des Bestandes der Regenwasserableitung war aufgrund der alten Bausubstanz des Gebäudes Rechbauerstraße 12 ein schwieriges Unterfangen. Ausführungspläne aus der Zeit des Baues waren trotz Recherche im Grazer Stadtarchiv nur schwer oder gar nicht zu finden. Bei einer Begehung des Gebäudes wurde das folgende mögliche Ableitungssystem ermittelt:

- Die Entwässerung der Dachflächen hofseitig (Hof mit Bodenmechanik-Labor) findet jeweils in den einzelnen Eckbereichen der Innenhöfe statt und wird zentral in der Mitte des Hofes gesammelt. Der weitere Verlauf dieser Kanäle konnte nicht festgestellt werden. Es wird jedoch angenommen, dass diese direkt in die Mischwasserkanäle einleiten.
- Die Dachflächen und die Glasflächen im Hörsaal-Hof (HS 1 und 2) werden ebenfalls an den Innenecken entwässert. Durch den Umbau der Innenhofhör-säle ist ein Zugang zu den Regenfallrohren nur erschwert bzw. nicht möglich und somit eine Nachverfolgung der Entwässerung nicht möglich.
- Die Dachflächen an der westlichen Seite (Parkplatzseite) entwässern zur Lessingstraße hin und dürften dort in den Mischwasserkanal einleiten. Selbiges gilt für die Entwässerung der Dachflächen im Osten (Technikerstraße), wo die Abläufe in Richtung der Technikerstraße verlaufen und dort ebenfalls in den Mischwasserkanal einleiten dürften.

Für das Gebäude Technikerstraße 4 wurde im Stadtarchiv Graz ein Plan der Entwässerung gefunden, welcher zeigt, dass die Dachwässer im Gebäudeinneren über Fallleitungen in die Tiefe führen und dabei schon mit Abwässern vermischt werden. Somit können diese Wässer für eine Regenwasserbewirtschaftung nicht miteinbezogen werden.

Der Abfluss der Dachflächen des Gebäudes Lessingstraße 25 wird laut Plänen des Arch. DI. G. Domenig gefasst und über Leitungen vier Sickerschächten in unmittelbarer Nähe des Gebäudes zugeführt. Das System besteht aus 4 Sickerbrunnen mit einem Durchmesser von 2,50m und Tiefen zwischen 4,0 – 4,50 m und somit einem Fassungsvermögen von ca. 80 m³.

2.4. Kroisbach

2.4.1. Allgemeines

Der Kroisbach ist einer jener Grazer Stadtbäche, welcher im Innenstadtbereich von Graz Großteils unterirdisch fließt. Im Oberlauf trägt dieser Bach den Namen Mariarosterbach und fließt aus Nord-Osten Richtung Mur. Im Bereich der Kunstuniversität Graz (Brandhofgasse) verschwindet der Bach unter der Erde und verläuft über die Maiffredygasse und Wastiangasse zur Kreuzung Mandellstraße/Sparbersbachgasse, um sich dort mit dem ebenfalls unterirdisch verlaufenden Leonhardbach zum Grazbach zu vereinigen, welcher direkt zur Mur entwässert. In Abbildung 34 sieht man den Verlauf der Grazer Stadtbäche Richtung Mur.

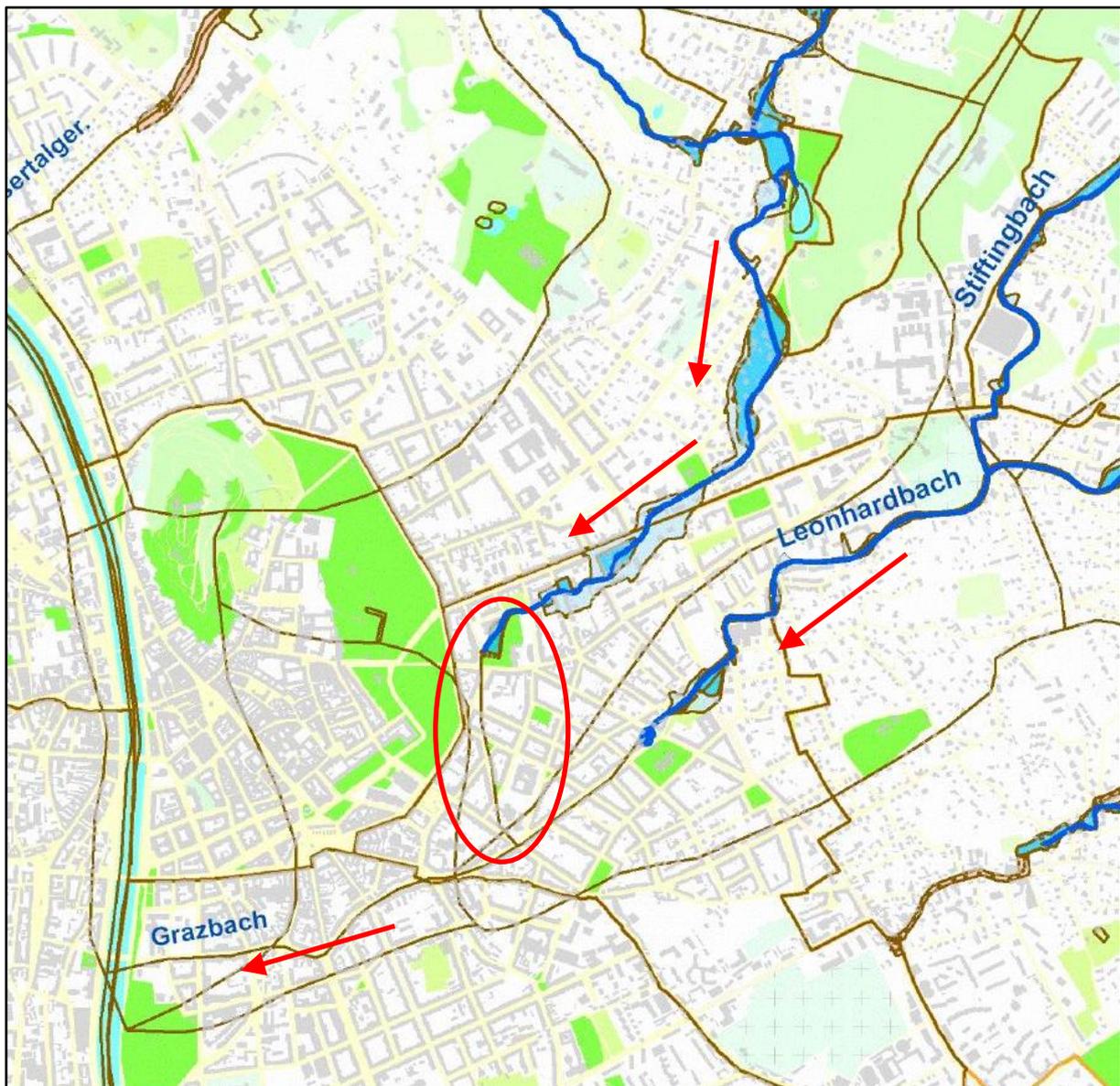


Abbildung 34: Verlauf des Kroisbaches

Der Kroisbach ist im Bereich der Alten Technik zur Gänze eingewölbt (siehe Abbildung 35 und Abbildung 39) und fließt in einem Muldenprofil mit fester Sohle ab. An beiden Seiten dieses Profils befinden sich teilweise geschlossene, teilweise offene Schmutzwasserrinnen mit häuslichen Abwässern der umliegenden Liegenschaften. Seine durchschnittliche Sohlhöhe laut Längsprofilplan und Profilen aus dem Jahr 1983 (siehe Abbildung 37 und Abbildung 38) beträgt zwischen der Lessingstraße und der Mandellstraße zwischen 353,00 und 351,30 m H. ü. A. Die Höhe der Einwölbung beträgt in diesem Bereich zwischen Sohle und First zwischen 2,50 bis 3,50 m.



Abbildung 35: Foto der Einwölbung des Kroisbaches im Bereich Alte Technik

Warum gerade der Kroisbach für dieses Projekt von Belangen ist, zeigt sich in der Abbildung 36. Zwischen der Lessingstraße im Bereich Wastiangasse und der Mündung in den Leonhardbach verläuft der Kroisbach direkt unter dem Gelände der TU Graz, insbesondere unter dem Gebäude Lessingstraße 25.

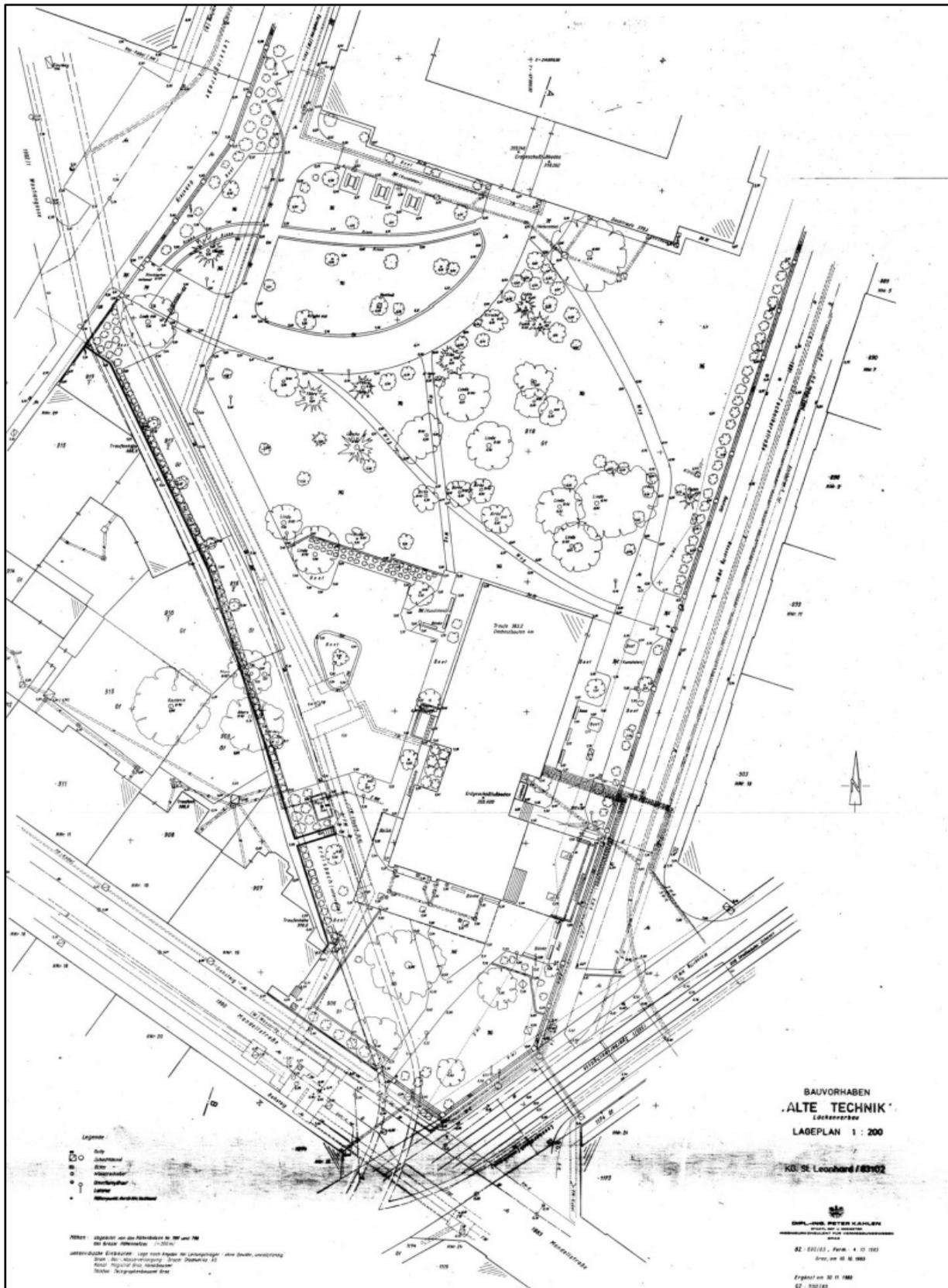


Abbildung 36: Bestandsplan Kreisbach (1983)

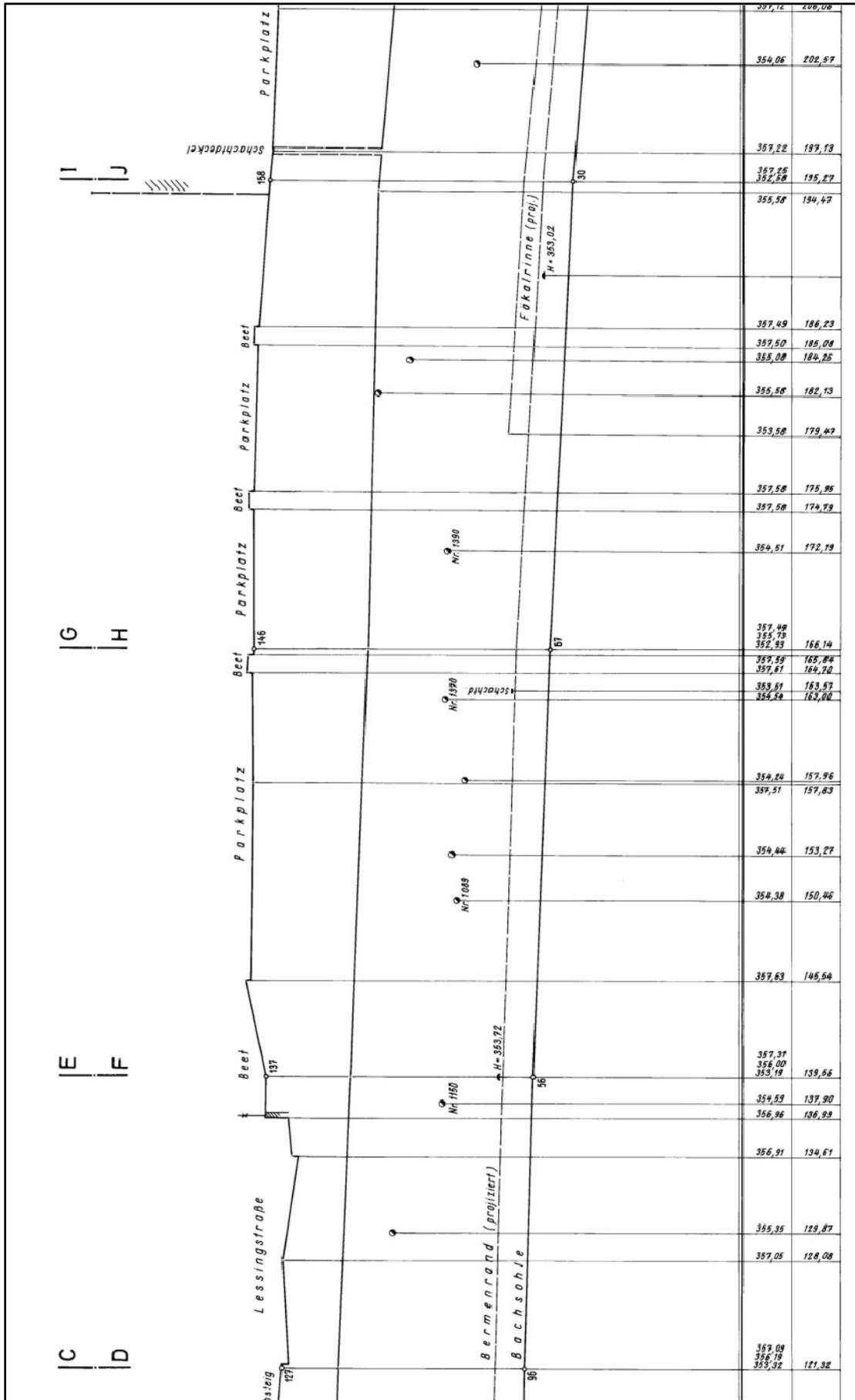


Abbildung 37: Ausschnitt aus dem Längenschnitt des Kroisbaches (1983)

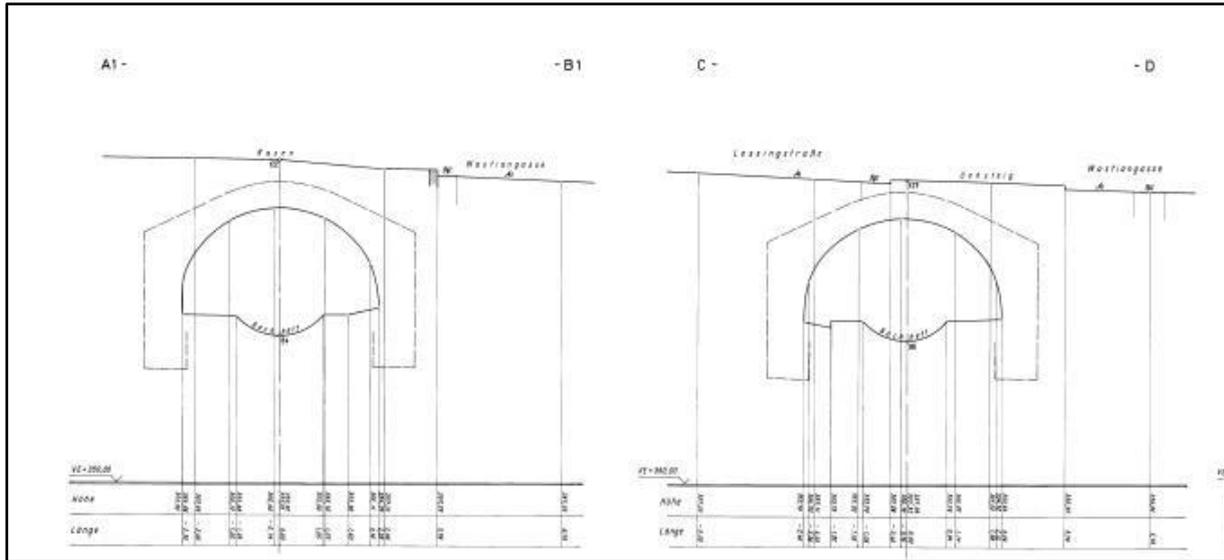


Abbildung 38: Auszug aus Profilen des Kroisbaches (1983)

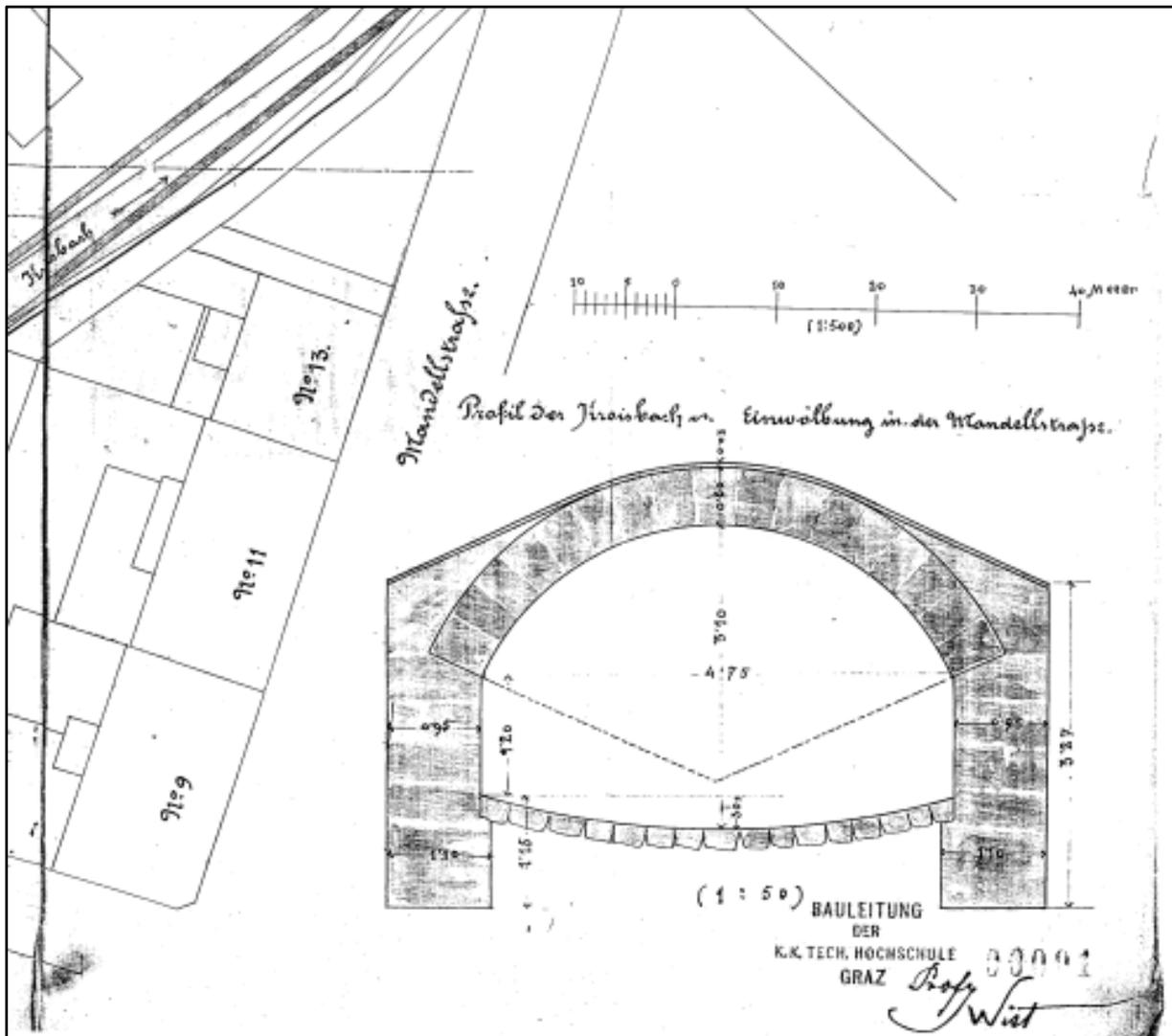


Abbildung 39: Plan der Einwölbung des Kroisbaches (1912)

2.4.2. Hydrologie

Die Hydrologie des Kroisbaches ist für das Regenwasserbewirtschaftungsprojekt nur von untergeordneter Bedeutung. Es gibt gemäß ÖWAV-Regelblatt 35 Grenzwerte für die Einleitung in fließende Gewässer wie:

- Weitergehende Behandlung bei $P / MQ \geq 10$
 P... Anzahl der Personen im Siedlungsgebiet
 MQ... mittlerer Gewässerabfluss
- Retention erforderlich bei $Q_{e,1} \geq 0,5 * HQ1$
 $Q_{e,1}$... Niederschlagsabfluss mit Jährlichkeit $n=1$
 HQ1... einjähriger Hochwasserabfluss

Diese Grenzwerte treffen aber meines Erachtens nur auf „natürliche“ Bäche oder Flüsse zu. Da der Kroisbach aber in diesem Bereich und bis zur Einmündung in die Mur eine feste, gepflasterte Sohle besitzt und somit vollkommen kanalisiert ist, sind diese Grenzwerte meines Erachtens nach nur bedingt einzuhalten.

Die hydrologische Daten des Kroisbaches bzw. Leonhardbaches sind laut Steiermärkischer Landesregierung, Fachabteilung 19A, Wasserwirtschaft und Abfallwirtschaft, Referat Hydrographie, Dr. Schatzl, wie folgt:

Kroisbach		Leonhardbach	
Einzugsgebiet (AE) :	15.2 km ²	Einzugsgebiet (AE) :	27.3 km ²
Mittlere Höhe des Gebietes (Hm):	520 m	Mittlere Höhe des Gebietes (Hm):	470 m
Mittlerer Jahresniederschlag (hN):	940 mm	Mittlerer Jahresniederschlag (hN):	850 mm
Mittlere Jahreslufttemperatur (t):	8.4 °C	Mittlere Jahreslufttemperatur (t):	8.8 °C
Mittlerer Abfluss (MQ) :	0.16 m³/s	Mittlerer Abfluss (MQ) :	0.26 m³/s
Hochwasserdaten:		Hochwasserdaten:	
100 jährlich HQ100 :	47 m ³ /s	100 jährlich HQ100 :	65 m ³ /s
50 jährlich HQ50 :	38 m ³ /s	50 jährlich HQ50 :	50 m ³ /s
30 jährlich HQ30 :	31 m ³ /s	30 jährlich HQ30 :	42 m ³ /s
10 jährlich HQ10 :	21 m ³ /s	10 jährlich HQ10 :	27 m ³ /s
5 jährlich HQ5 :	15 m ³ /s	5 jährlich HQ5 :	20 m ³ /s
1 jährlich HQ1 :	6 m ³ /s	1 jährlich HQ1 :	7 m ³ /s

3. Berechnung der Systemmöglichkeiten

Um einen Vergleich der einzelnen Systeme hinsichtlich Effizienz der Versickerung und Größe, bzw. benötigten Platzverhältnissen durchführen zu können, werden im Folgenden die Versickerungssysteme

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolenversickerung
- Schachtversickerung

berechnet und anschließend miteinander verglichen.

Im Anschluss daran erfolgt eine Bemessung des Speichervolumens für eine etwaige Nutzung der Niederschlagswässer für eine Bewässerung der Grünanlagen am Areal der Alten Technik.

3.1. Versickerungssysteme

Die Berechnung der einzelnen Systeme erfolgt nach ÖNORM B 2506-1 (2000)

3.1.1. Flächenversickerung

Versickerung auf einer Grünfläche

Entwässerte Gesamtfläche	$A_{ent} =$	4800	m^2
Sicherheitsbeiwert	$\beta =$	0,8	-
Jährlichkeit	$n =$	0,2	1/a
Regendauer	$T_x =$	5	min
Sickergeschwindigkeit	$v_f =$	0,6	mm/min

Regenintensität i (siehe Regensummenlinie für 5 Minuten-Regen)

$$i = 5,28 \text{ mm} = 1,06 \text{ mm/min}$$

Erforderliche Sickerfläche A_d :

$$A_d > \frac{i * A_{ent}}{v_f * \beta} = 10560 \text{ m}^2 > 4800 \text{ m}^2$$

Diese Fläche übersteigt bei weitem die zu entwässernden Flächen und es würde in diesem Bereich sehr schnell zu einem Einstau der Flächen kommen.

3.1.2. Muldenversickerung

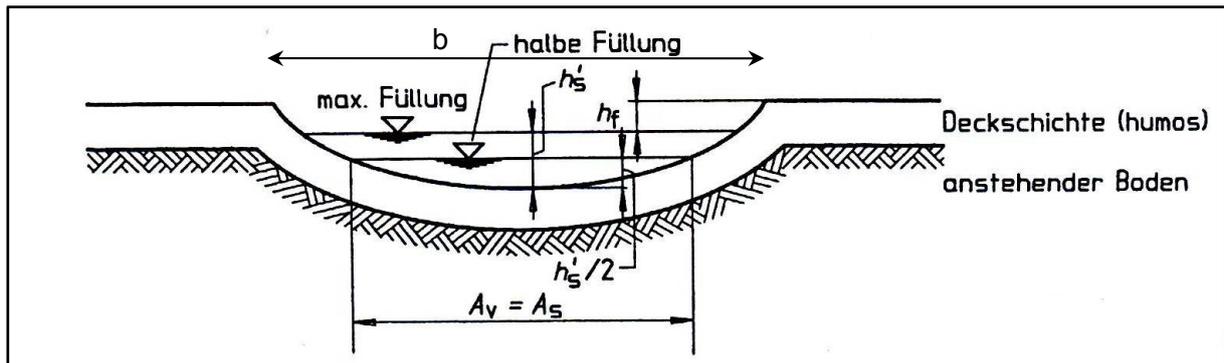


Abbildung 40: Schema einer Sickermulde (ÖN B 2506-1 / 2000)

Entwässerte Gesamtfläche	$A_{red} =$	4800,00	m ²
Fläche der Versickerung	$A_v =$	450,00	m ²
Länge der Versickerung	$L =$	250,00	m
Gewählte Höhe der Versickerung	$h_s =$	0,50	m
Breite der Versickerungsmulde	$b =$	3,00	m
Sicherheitsbeiwert	$\beta =$	1,00	-
Jährlichkeit	$n =$	0,20	1/a
Regendauer	$T_x =$	60,00	min
Sickergeschwindigkeit	$v_f =$	0,60	mm/min

Ermittlung der Sickerlinie

$$S_x = v_f * \beta * T_x * \frac{A_v}{A_{red} + A_v} = 3,09 \text{ mm}$$

Ermittlung der maßgebenden Speichermenge q_s aus Abbildung 41

$$q_s = 41,00 \text{ mm}$$

Erforderliches Speichervolumen V_s

$$V_s = q_s * (A_{red} + A_v) / 1000 = 204,75 \text{ m}^3$$

Erforderliche Stauhöhe

$$h_s = V_s / A_s = 0,46 \text{ m}$$

As....die für die Speicherung maßgebliche Fläche in m²

Die gewählte Stauhöhe ergibt sich aus der erforderlichen Stauhöhe plus eines Freibords.

Gewähltes System

Länge =	250,00 m
Breite der Mulde =	3,00 m
Stauhöhe =	0,50 m

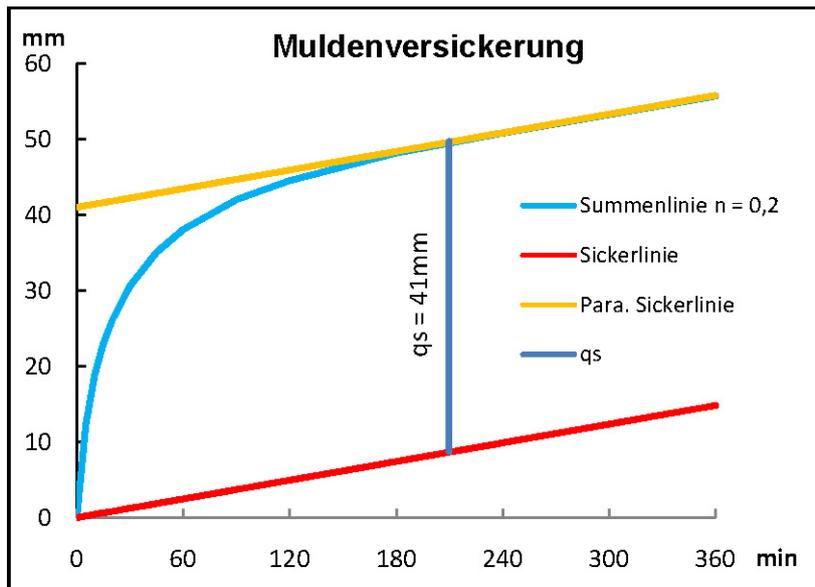


Abbildung 41: Muldenversickerung - Berechnung

3.1.3. Rigolenversickerung

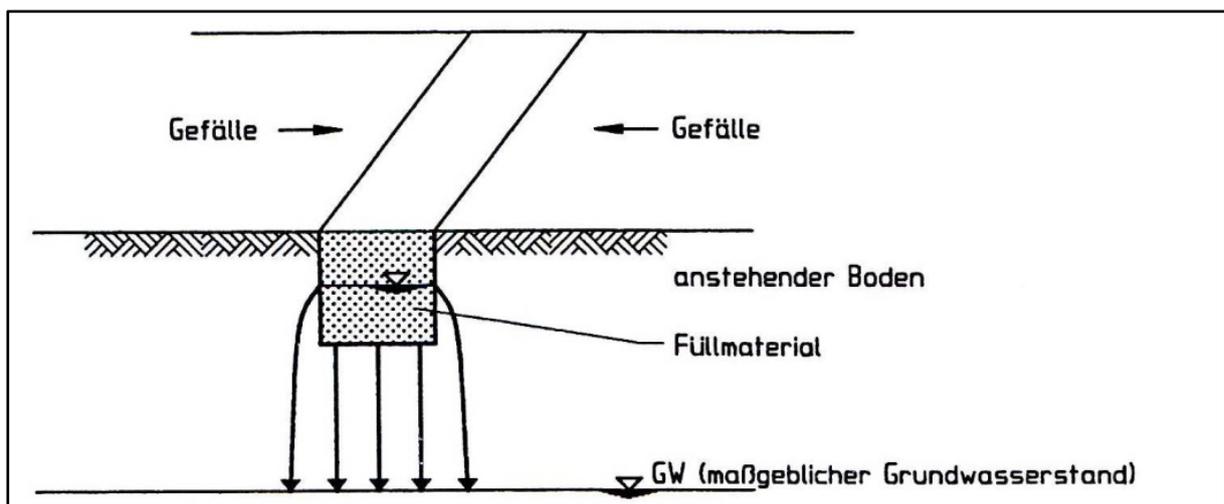


Abbildung 42: Schema einer Rigolenversickerung (ÖN B 2506-1 / 2000)

Entwässerte Gesamtfläche	$A_{red} =$	4800,00	m ²
Fläche der Versickerung	$A_v =$	1125,00	m ²
Länge der Rigole	$L =$	250,00	m
Breite der Rigole	$b =$	3,00	m
Gewähltes Einstauhöhe	$h_s =$	3,00	m
Sicherheitsbeiwert	$\beta =$	1,00	-
Jährlichkeit	$n =$	0,20	1/a
Regendauer	$T_x =$	60,00	min
Sickergeschwindigkeit	$v_f =$	0,60	mm/min
Nutzbarer Porenanteil des Füllmaterials	$p =$	0,25	-

Wahl des Anfangswertes h_s für eine Dimensionierung

$$h_s = 3,00 \text{ m}$$

Ermittlung der Versickerungsfläche

$$A_v = l * (b + \frac{h_s}{2}) = 1125 \text{ m}^2$$

Ermittlung der Sickerlinie

$$S_x = v_f * \beta * T_x * \frac{A_v}{A_{red} + A_v} = 6,84 \text{ mm}$$

Ermittlung der maßgebenden Speichermenge q_s aus Abbildung 43

$$q_s = 31,50 \text{ mm}$$

Erforderliches Speichervolumen V_s

$$V_s = q_s * (A_{red} + A_v) / 1000 = 186,64 \text{ m}^3$$

Erforderliche Stauhöhe

$$h_s = \frac{V_s}{A_s} * p = 2,99 \text{ m}$$

Vergleich der errechneten bzw. gewählten Einstauhöhe und iterative Näherung bis zum Finden einer Lösung.

Gewähltes System

Länge =	250 m
Breite der Mulde =	3,00 m
Stauhöhe =	3,00 m

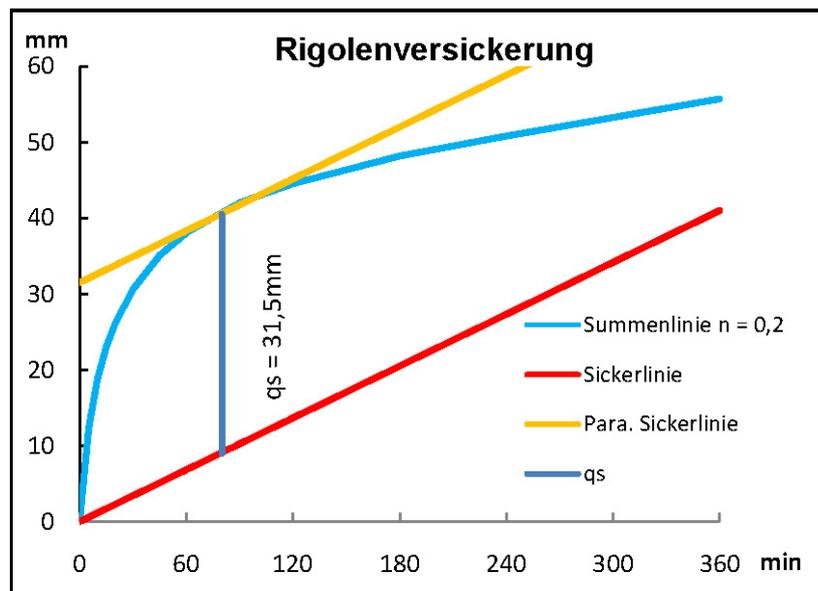


Abbildung 43: Rigolenversickerung – Berechnung

3.1.4. Gelochter Sickerschacht

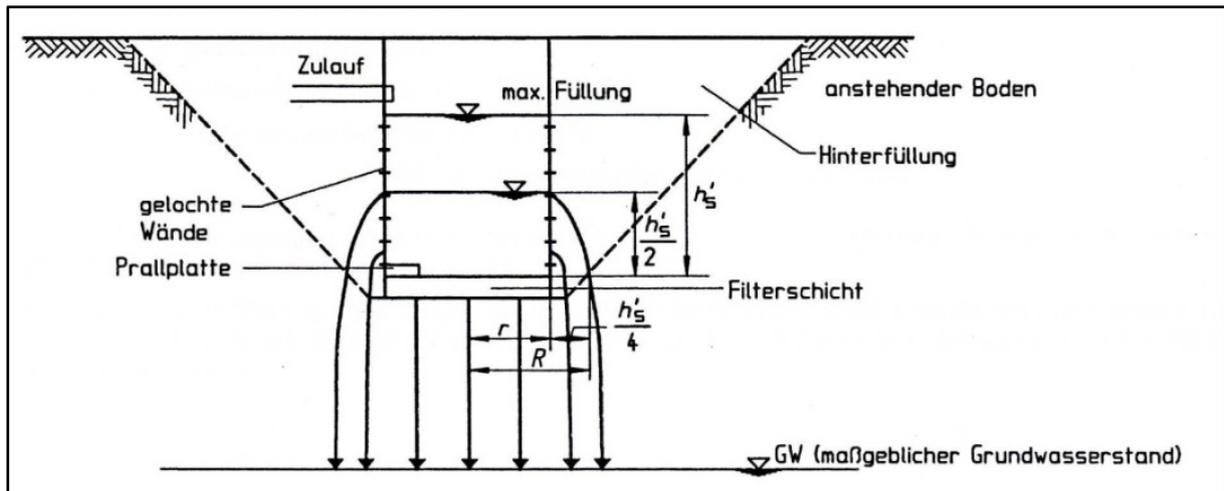


Abbildung 44: Schema eines gelochten Sickerschachtes (ÖN B 2506-1 / 2000)

Entwässerte Gesamtfläche	$A_{red} =$	4800,00	m ²
Fläche der Versickerung	$A_v =$	139,76	m ²
Anzahl der Schächte		8,00	Stk
Radius des Schachtes	$r =$	1,50	m
Gewähltes Einstauhöhe	$h_s =$	3,50	m
Sicherheitsbeiwert	$\beta =$	1,00	-
Jährlichkeit	$n =$	0,20	1/a
Regendauer	$T_x =$	60,00	min
Sickergeschwindigkeit (aufgrund der zu erwartenden besseren tieferen Bodenverhält. $v_f >$)	$v_f =$	1,50	mm/min
Prallplatte	$A_p =$	0,25	m ²

Ermittlung des wirksamen Sickerradius

$$R = r + h_s/4 = 2,38 \text{ m}$$

Fläche der Versickerung

$$A_v = (R^2 * \pi - A_p) * 8 = 139,76 \text{ m}^2$$

Ermittlung der Sickerlinie

$$s_x = v_f * \beta * T_x * \frac{A_v}{A_{red} + A_v} = 2,55 \text{ mm}$$

Ermittlung der maßgebenden Speichermenge q_s aus Abbildung 45

$$q_s = 40,5 \text{ mm}$$

Erforderliches Speichervolumen V_s

$$V_s = q_s * A_{red} / 1000 = 194,40 \text{ m}^3$$

Überprüfung des gewählten h_s

$$h_s = V_s / [(r^2 * \pi) * 8] = 3,50 \text{ m}$$

Vergleich der errechneten bzw. gewählten Einstauhöhe und iterative Näherung bis zum Finden einer Lösung.

Gewähltes System: 8 Schächte mit DN 3000 und einer Tiefe von $h_s = 3,50\text{m}$

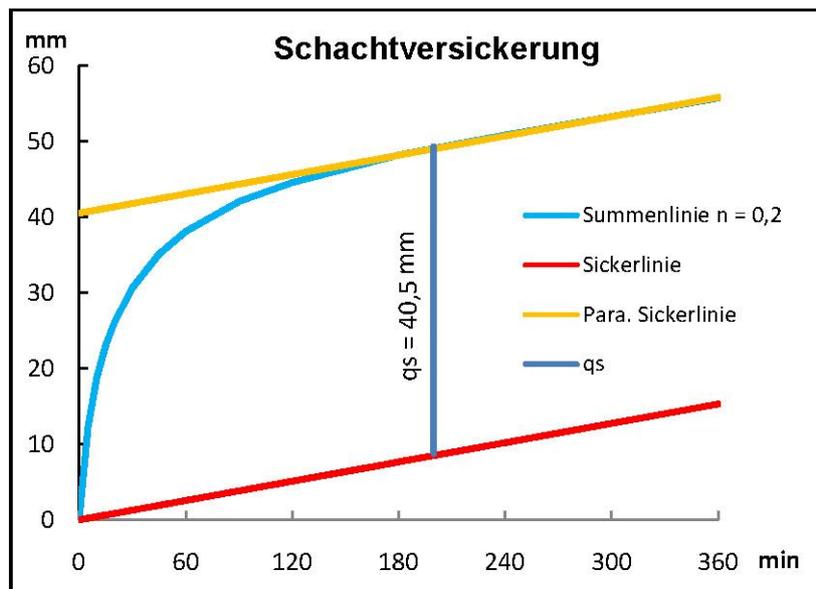


Abbildung 45: Schachtversickerung - Berechnung

3.1.5. Vergleich der einzelnen Systeme

Ein Vergleich dieser vier unterschiedlichen Systeme kann anhand der ermittelten Werte für

- Versickerungsvolumen bzw. erforderliches Speichervolumen
- Versickerungsfläche
- Einstaudauer

erfolgen. Dazu werden diese drei Beurteilungskriterien im Folgenden in der Abbildung 46, Abbildung 47 und Abbildung 48 gegenübergestellt.

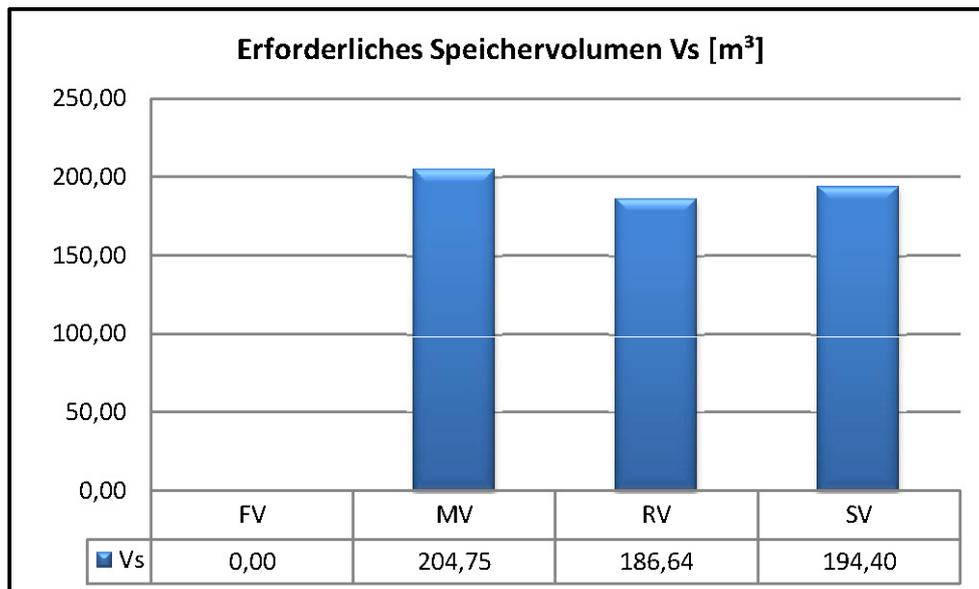


Abbildung 46: Erforderliches Speichervolumen

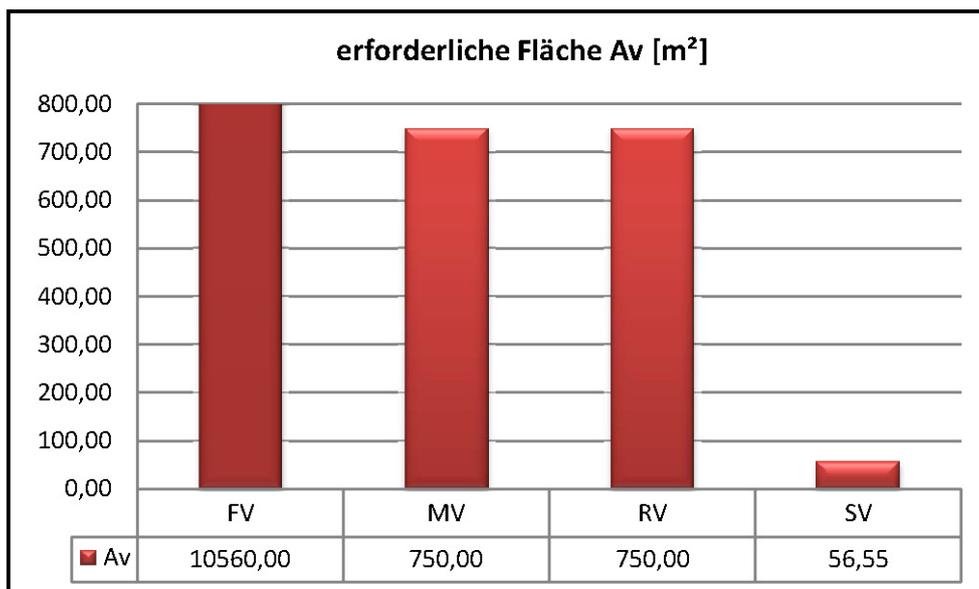


Abbildung 47: Erforderlicher Flächenbedarf

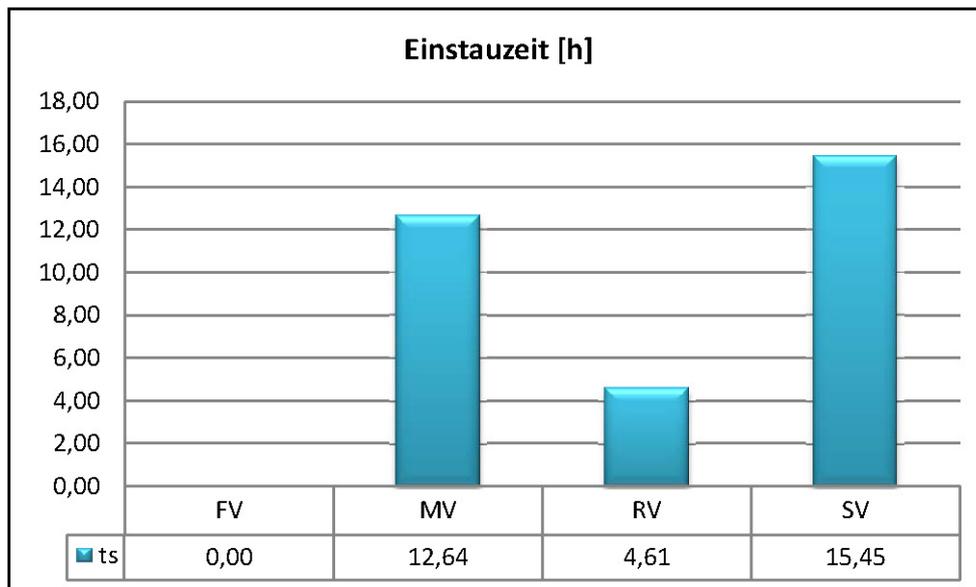


Abbildung 48: Einstauzeit

Diese Gegenüberstellung der einzelnen Systeme zeigt die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden sehr gut auf.

Eine Flächenversickerung hat aufgrund ihres Aufbaues kein definiertes Speichervolumen und somit auch keine Einstauzeit. Der Flächenbedarf richtet sich zur Gänze nach dem Versickerungsvermögen des Untergrundes.

Das erforderliche Speichervolumen ist aufgrund der gleichen Bodenkennwerte bzw. Versickerungszahlen bei den drei anderen Systemen mit Speichern ziemlich identisch.

Man sieht, dass der erforderliche Flächenbedarf für eine Schachtversickerung nur ca. 10 % der Mulden- oder Rigolensysteme beträgt. Nachteilig bei einer Schachtversickerung sind allerdings der höhere Investitionsbedarf bei der Herstellung und eine häufigere Wartung.

Eine Mulden- und eine Rigolenversickerung besitzen ca. dieselbe erforderliche Versickerungsfläche, die Rigolenversickerung hat aber den Vorteil einer unterirdischen Versickerung, wodurch es an der Oberfläche eine geringere Beeinträchtigung in der Nutzung gibt.

Die Reduktion der Einstauzeit bei einer Rigolenversickerung ist das Ergebnis der großen unterirdisch liegenden Versickerungsfläche ($A_V \approx 2 * A_{\text{Oberfläche}}$).

3.2. Zisternenbemessung

Eine Dimensionierung einer Zisterne erfolgt laut ÖNORM B 2572 durch eine Gegenüberstellung der Kenngrößen:

- Wasserbedarf
- Nutzbare Niederschlagsmenge

Die nutzbare Niederschlagsmenge wurde bereits in Kapitel 2.2.2. erklärt.

Der Wasserbedarf für eine Anlage muss gleich von Beginn an unter Berücksichtigung aller hygienischer Aspekte erfolgen. Es muss festgelegt werden, für welche Nutzung und auf welchen jahreszeitlichen Bedarf eine Zisterne bemessen wird.

Im Fall des Projektes Campus 2011 wird als alleinige Nutzung der Niederschlagswasser eine Bewässerung der Grünanlagen angedacht. Laut ÖVGW beträgt der Anteil für die Gartenbewässerung ca. 4 % des österreichischen Durchschnittsverbrauchs eines Bürgers und somit ca. 5,4 l / Tag, was 2,0 m³/Jahr entspricht. Da aber für dieses Projekt nicht mit einwohneräquivalenten Werten gerechnet werden kann, wurde ein Wert von:

- 3,0 l/m²*d für verbrauchsreiche Tage
- 0,15 l/m²*d im Jahresdurchschnitt

lt. Kainz/Kauch (2007) angenommen. Bei einem Mangel an Regenwasser sollte es durch eine geringfügige Überdimensionierung der Zisterne zu keinen Engpässen in der Versorgung kommen. Sollte dies trotzdem der Fall sein, ist es möglich, zusätzlich auch noch eine Einspeisung von Leitungswasser zu installieren.

Eine Bemessung nach ÖNORM B 2572 ergibt sich wie folgt:

a. Nutzbare Niederschlagsmenge:

$$Q_z = N/1000 * \psi * \varphi * F$$

Q_z = nutzbare Niederschlagsmenge in m³

N = nutzbare Niederschlagshöhe in mm

ψ = Abflussbeiwert (je nach Fläche)

φ = Filterbeiwert = 0,90

F = Sammelfläche in m²

Nutzbare Niederschlagshöhe [mm]:

JAN	FEB	MÄR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ
13,6	20,1	34,8	50,9	72,5	111,6	122,9	134,0	82,5	65,5	43,6	42,5

(Quelle: Mittel der Niederschläge der Jahre 1998-2005 laut Hydrologischer Jahrbücher)

Berechnete Flächen:

Nr.	Ort	[m ²] Gesamtfläche	a _n Abflussbeiwert	A _{red}
1	Dachfläche Rechbauerstraße	1860	0,9	1674,0
2	Dachfläche Bodenmechanik und Hof	1800	0,95	1710,0
3	Dachfläche Hof HS I und II + Dach	1500	0,95	1425,0
Summe				4809 m ²

Daraus ergibt sich eine nutzbare Niederschlagsmenge bzw. jährliches Wasserdargebot in m³ / Jahr:

$$Q_Z = \Sigma N / 1000 * 0,90 * 4809 = 3450 \text{ m}^3$$

b. Jährlicher Wasserbedarf für Bewässerungszwecke

Fläche der Grünanlagen: ca. 4000m²

$$Q_A = 0,15 * 4000 * 365 = 216 \text{ m}^3$$

c. Ermittlung des Speichervolumens

$$Q_S = Q_B * \phi$$

Q_S = Speichervolumen in m³

Q_B = Bemessungsfaktor (kleinerer Werte der Größen Q_Z bzw. Q_A)

Φ = Speicherkonstante: für 21 Tage Reserve: 0,057
für 28 Tage Reserve: 0,076

$$Q_S = 216 * 0,076 = 16,41 \text{ m}^3$$

Bei einer vollständigen Einleitung der Niederschlagswässer des Gebäudes Alte Technik wäre bei einer Speicherkonstante für 28 Tage eine Zisterne mit einem Inhalt von rund 17 m³ notwendig

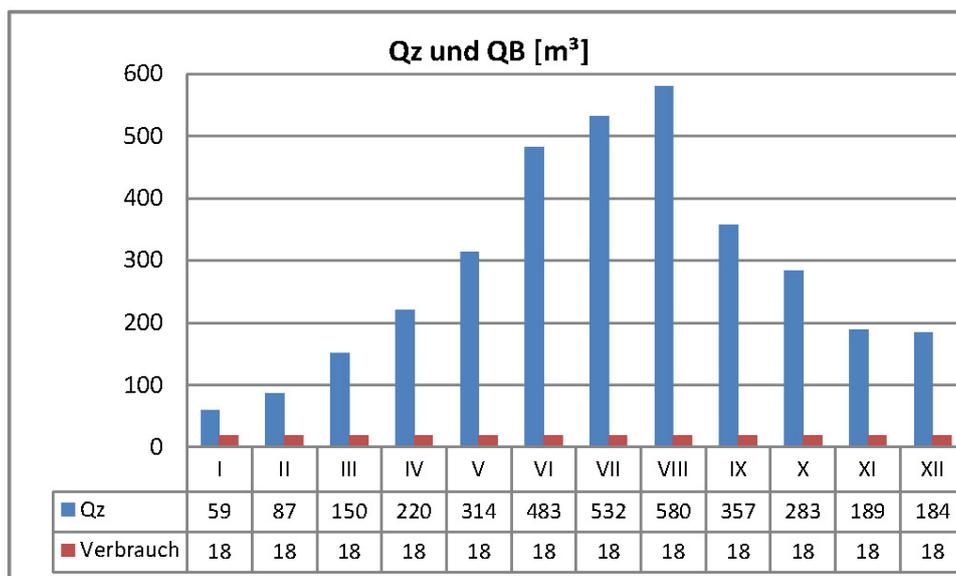


Abbildung 49: Wasserangebot / Wasserbedarf

4. Betriebskonzept eines möglichen Regenwasserbewirtschaftungssystems

In diesem Punkt der Diplomarbeit soll ein genereller Entwurf einer sinnvollen und effizienten Regenwasserbewirtschaftung für den Campus 2011 unter Berücksichtigung der vorangehenden Berechnungen entwickelt werden. Dabei soll darauf geachtet werden, dass die erforderlichen Platzverhältnisse in Rücksichtnahme auf weitere gestalterische Maßnahmen nicht zu groß sind. Trotz allem ist für eine funktionierende Regenwasserbewirtschaftung ein gewisser Flächenbedarf erforderlich.

4.1. Problemstellung

Wie anhand der Berechnungen gezeigt werden konnte, ist eine alleinige Bewirtschaftung mit einer der beiden Möglichkeiten (Versickerung oder Regenwassernutzung) in keinem der beiden Fälle wirtschaftlich zu betreiben. Bei einer reinen Versickerungsanlage wären die Flächen bzw. der Aufwand für die Installation und Wartung unverhältnismäßig groß. Eine Nutzung der gesamten Wässer für eine Zisterne ist auch nicht sinnvoll, da einem Wasserdargebot von ca. 3500 m³/Jahr nur ein Bedarf von 216 m³ gegenüber steht, was dazu führen würde, dass ein Anteil von ca. 94 % nicht genutzt werden kann und direkt in den Kroisbach eingeleitet werden muss.

4.2. Lösungsansätze

Ein möglicher Lösungsansatz stellt eine Kombination beider Bewirtschaftungsmethoden dar. Die Dachflächen der Alten Technik (Rechbauerstraße 12) werden dazu in vier Flächen unterteilt (Flächen A-D) und die Park- und Straßenflächen als Fläche E bezeichnet. Eine Zusammenstellung der Aufteilung sieht man in Tabelle 9 und Abbildung 50.

Tabelle 9: Flächenaufteilung (Grafik siehe Abbildung 50)

Fläche	Abflussbeiwert	[m ²]
A	0,9	2500
B	0,9	700
C	0,9	460
D	0,95	1500
E	0,95	1765

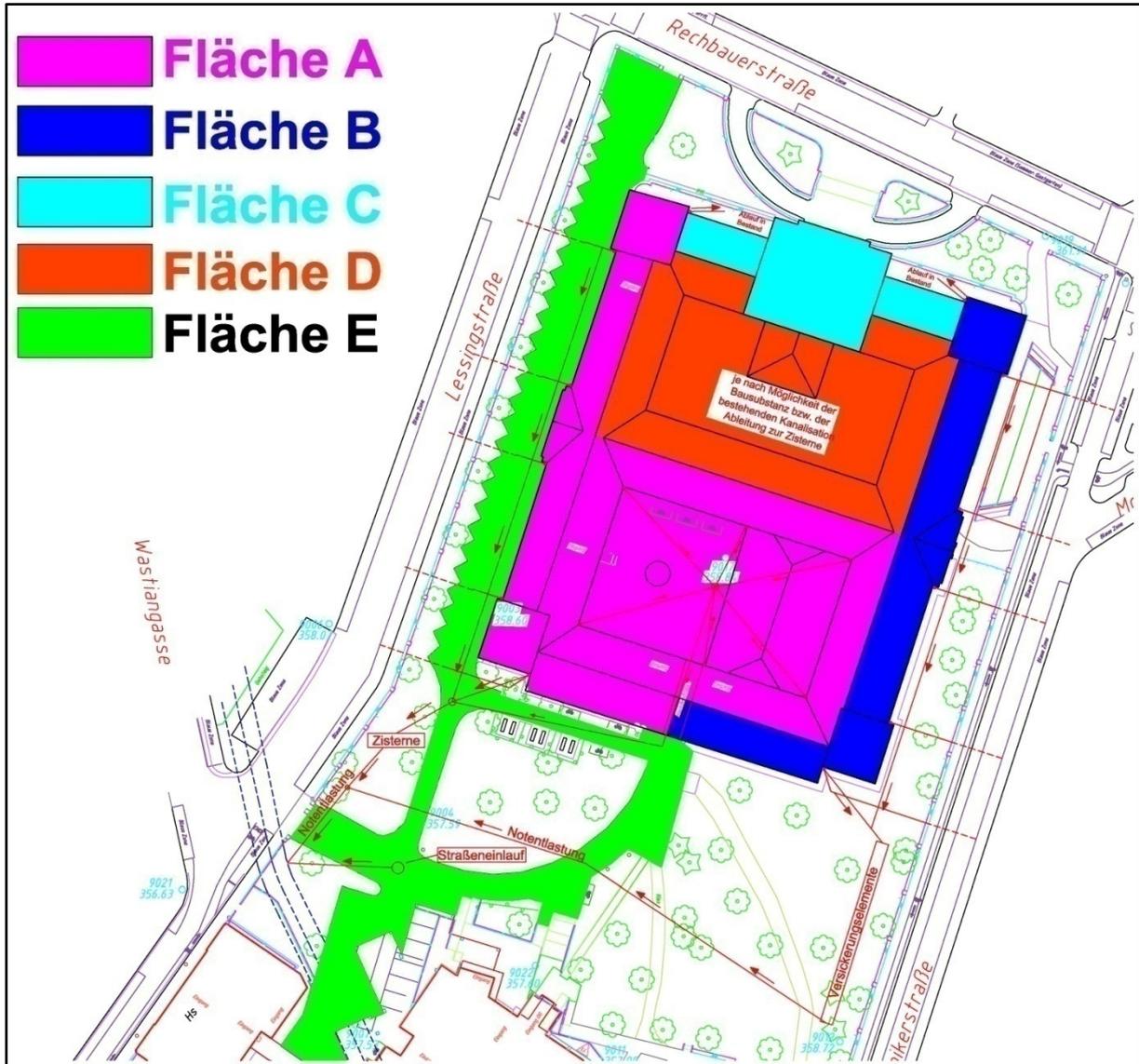


Abbildung 50: Flächenaufteilung für mögliches Betriebskonzept

4.2.1. Versickerungssystem

Ein Regenwasserbewirtschaftungssystem wird nun nicht mehr für die gesamte Dachfläche, sondern nur mehr für die Dachfläche B an der östlichen Seite des Gebäudes Rechbauerstraße 12 vorgeschlagen.

Dies ergibt eine Reduktion der abflusswirksamen Fläche von rund 4800 m² um rund 85% auf nur noch ca. 700 m² zu entwässernder Fläche, was zu einer deutlichen Platzersparnis bei den Versickerungsanlagen führt.

Die Zuleitung der Wässer aus den gefassten fünf Regenfallrohren erfolgt über eine Sammelleitung entlang des Gebäudes und könnte nach technischer bzw. rechtlicher Abklärung (hinsichtlich Personenschutz) oberirdisch als offenes Gerinne ausgeführt werden.

Eine örtliche Situierung der Anlagen würde sich im Randbereich des Parks an der Technikerstraße anbieten (siehe Abbildung 50). Die Anlage hätte eine längliche Form und würde sich gut in das Bild des Parks einfügen. Auch würde dieses Versickerungssystem nicht im direkten Gehbereich liegen. Dies ist wichtig, da es zu keinem Betreten und somit zu keinem Verdichten des Versickerungskörpers kommen soll.

Bei einer Berechnung der einzelnen Systeme wie in Kapitel 3 ergeben sich für die Elemente Muldenversickerung, Rigolenversickerung und Schachtversickerung die folgenden Werte:

- Muldenversickerung: Länge = 80,0 m
 Breite = 2,00 m
 Einstauhöhe = 0,40 m
- Rigolenversickerung: Länge = 80,0 m
 Breite = 1,00 m
 Einstauhöhe = 1,50 m
- Schachtversickerung: 2 Schächte mit DN 2500
 Einstauhöhe = 3,00 m

Um sich die Entscheidung für ein Versickerungssystem zu ersparen, könnte versucht werden, verschiedene Systeme miteinander zu kombinieren bzw. aufeinanderfolgend anzuordnen. Dadurch könnte so etwas wie ein Lehrpfad entstehen, wo entsprechend didaktisch aufbereitet die verschiedenen Versickerungsmöglichkeiten vorgestellt werden können.

So wäre es möglich, die Anlagen in folgender Reihenfolge hintereinander anzuordnen (siehe Abbildung 51):

- a) Muldenversickerung
- b) Rigolenversickerung
- c) Schachtversickerung

-
- Ad a) Eine Muldenversickerung ist neben einer Flächenversickerung die natürlichste Art und Weise einer Rückführung in den natürlichen Kreislauf des Wassers. Das Niederschlagswasser fließt bzw. steht oberirdisch und versickert gemächlich in den Untergrund. Für die Öffentlichkeit wäre diese Variante ein schöne Möglichkeit, diese Systeme genauer beobachten zu können. Ein Überlauf des überschüssigen Niederschlagswassers zum nächsten Element, der Rigolenversickerung, findet oberirdisch statt.
- Ad b) Eine Rigolenversickerung ist technisch etwas aufwändiger, hat aber aufgrund seines Kies-/Schotterkörpers ein größeres Speichervermögen und bei eventuell günstigeren Bodenverhältnissen in tieferen Bodenschichten eine bessere Versickerungsrate. Eine Überleitung zum Element Sickerschacht kann über ein Drainagerohr in der Rigole erfolgen.
- Ad c) Der Sickerschacht ist das technisch aufwändigste und wartungsintensivste System und bildet den Abschluss des Versickerungssystems. In Anbetracht der zu erwartenden Mengen ist es möglich, einen geschlossenen Schacht mit einer reinen Versickerung über die Sohle auszuführen. Die Einleitung aus der Rigole findet seitlich statt und sollte durch eine Prallplatte gebremst werden, um die Turbulenzen und die mechanische Beanspruchung im Versickerungsbereich gering zu halten.

Wie bei jeder Versickerung ist auch für dieses System ein Notüberlauf vorzusehen. Solch eine Maßnahme kann im letzten Element, der Schachtversickerung, durch den Einbau einer Notentlastung erfolgen, welche das Niederschlagswasser bei Extremereignissen über eine unterirdische Leitung quer durch den Park zum Kroisbach leitet.

Der Höhenunterschied zur Firste der Kroisbacheinwölbung beträgt ca. 3,00 m, wodurch sich bei einer Länge von 80,0 m ein Gefälle von ca. 3,75 % ergibt. Bei diesem Gefälle beträgt die Förderfähigkeit eines Rohres DN 150 ca. 31 l/s, was für eine Notentlastung in den Kroisbach ausreichend sein sollte.

Sollte es zu einer Realisierung dieses Projektes kommen, ist es von größter Wichtigkeit, anhand von Sickerversuchen den vorhandenen Durchlässigkeitsbeiwert k_f und somit die Sickergeschwindigkeit v_f zu ermitteln.

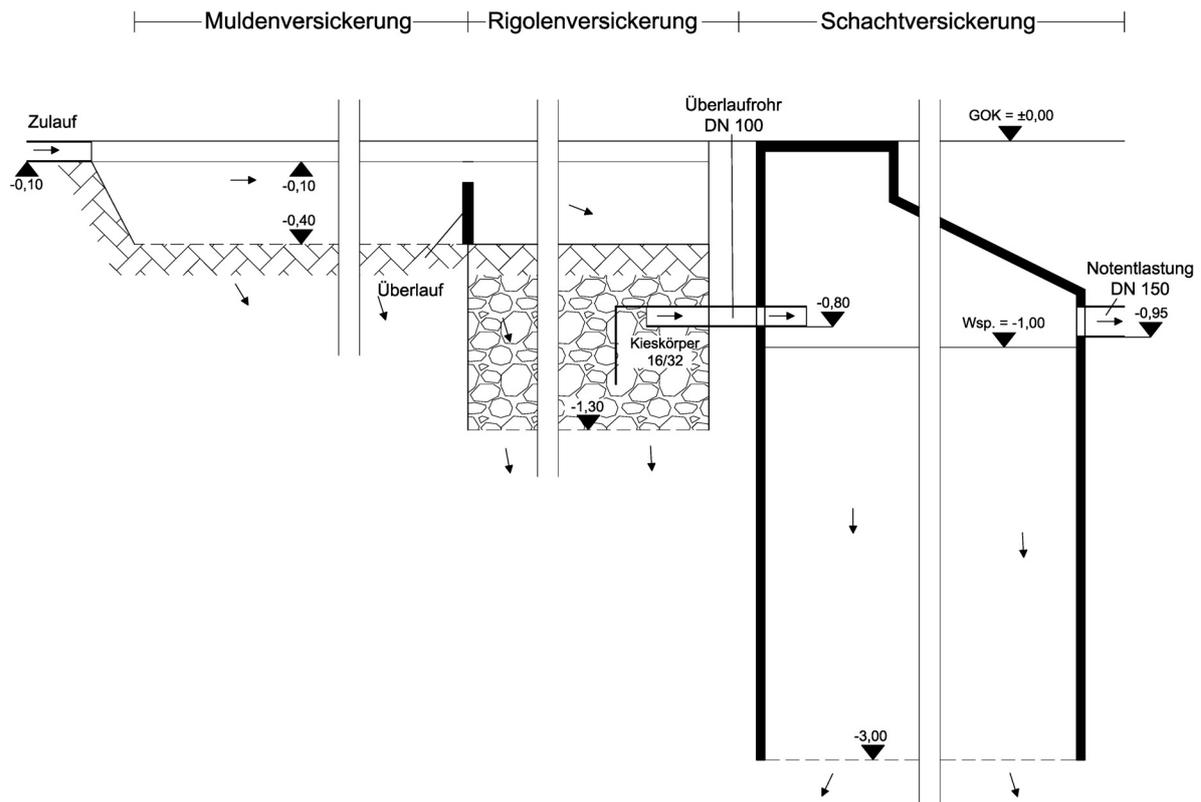


Abbildung 51: Mögliches Schema der Versickerung

4.2.2. Regenwassernutzung (Zisterne)

Eine Reduktion der Flächen ist für die Bemessung einer Zisterne nur von nachrangiger Bedeutung. Die Bemessung des Speichervolumens für die Zisterne ist bei diesem Projekt nur vom Wasserbedarf für die Gartenbewässerung abhängig und wurde im Kapitel 3 mit 17 m³ ermittelt.

Bei einer Abminderung der Flächen von insgesamt 4800 m² auf nur mehr 2500 m² der Fläche A kommt es zwar zu einer Reduktion von ca. 48 % der Wässer, eine vollkommene Speicherung der Wässer in einer Zisterne ist aber aufgrund der großen Mengen und des Überangebotes nicht sinnvoll.

Die Zuleitung der Wässer zur Zisterne könnte zum einen über die Regenfallrohre im westlichen Parkplatzbereich der Alten Technik und zum anderen vom Dach des Laborgebäudes Bodenmechanik, den angrenzenden Dachwässern und den Wässern aus dem Hof erfolgen.

Die Zisterne selbst könnte im Bereich Lessingstraße errichtet werden. Aufgrund hygienischer und optischer Gesichtspunkte sollte der Einbau unterirdisch erfolgen.

Bei einem Projekt wie diesem, wo das Angebot an Niederschlagswasser den Bedarf des Wassers bei weitem übersteigt, muss vor allem auf eine entsprechende Entlastungsmöglichkeit der Zisterne geachtet werden. Diese Entlastung könnte wie der Notüberlauf der Versickerung in den nahegelegenen Kroisbach geleitet werden.

Dimensionierung dieser Entlastungsleitung für ein 5-jährliches Regenereignis mit der Dauerstufe 15 min.:

Starkregenereignis: Jährlichkeit $n = 0,2$ (5-jährlich)
Dauer = 15 min

$$\Rightarrow r_{15,n=0,2} = 23,1 \text{ mm} = 23,1 \text{ l/m}^2$$

Dies ergibt bei einer Fläche von 2500 m^2 eine Abflussmenge von

$$Q_r = 0,064 \text{ m}^3/\text{s} = 64 \text{ l/s}$$

Bei einem angenommenen Höhenunterschied von $3,00 \text{ m}$ und einer Länge der Leitung von ca. $30,0 \text{ m}$ ergibt sich ein Gefälle von 10% , womit man bei einem Rohr DN 200 einen max. Abfluss von $Q_{\text{max}} = 113 \text{ l/s}$ drucklos ableiten kann.

4.2.3. Ableitung der Wässer von den Parkflächen

Wie schon in Kapitel 2.2.3. erwähnt, wäre es laut ÖWAV-RB 35 möglich, auch die Straßenabwässer der Fläche E einer Versickerung oder Nutzung zuzuführen. Aufgrund einer zu erwartenden Schadstoffbelastung bzw. eventuellen Belastungen mit Unrat und Laub wird davon jedoch Abstand genommen und es sollte versucht werden, diese Wässer direkt in den Kroisbach einzuleiten. Eine Sammlung dieser Wässer kann über oberflächliche Mulden bzw. Einlaufgitter erfolgen. Über einen zentralen Sammelschacht sollen diese Wässer letztendlich in den Kroisbach eingeleitet werden.

Wie in Kapitel 4.2.1. bereits erwähnt gibt es bezüglich einer hydraulischen Gewässerbelastung Grenzwerte, welche aber bei diesem Projekt aufgrund des kanalähnlichen Abflusses des Kroisbaches nicht berücksichtigt werden.

Abschätzung der Belastung (Annahme):

Starkregenereignis: Jährlichkeit $n = 0,2$ (5-jährlich)
Dauer = 15 min

$$\Rightarrow r_{15,n=0,2} = 23,1 \text{ mm} = 23,1 \text{ l/m}^2$$

Dies ergibt bei einer Fläche von 1765 m^2 einen Ablauf von

$$Q_r = 0,045 \text{ m}^3/\text{s} = 45 \text{ l/s}$$

was gegenüber einem HQ1 im Kroisbach von $6 \text{ m}^3/\text{s}$ vernachlässigt werden kann.

4.2.4. Sonstige Flächen

Die Flächen C und D sind aus unterschiedlichen Gründen gesondert zu betrachten.

Die Fläche C im nördlichen Bereich der Alten Technik ist aus bautechnischen Gründen nur mit sehr umfangreichen Bauarbeiten zu fassen und einer Zisterne oder einer Versickerung zuzuführen. Aus diesem Grund sollte auf eine Zuleitung zum Regenwasserbewirtschaftungssystem verzichtet werden.

Die Fläche D, welche die Dachflächen rund um den Innenhofbereich des Hörsaales I und II und die Glasfläche umfasst, ist nur mit erheblichen bautechnischen Maßnahmen zu fassen. Beim Umbau dieses Hofes wurden zwar die Regenfallrohre und ihre Lage beibehalten, sie wurden jedoch so verbaut, dass eine nachträgliche Manipulation bzw. ein Umbau beinahe unmöglich ist. Aus diesem Grund sollten auch diese Wässer nicht in ein neues Regenwasserbewirtschaftungskonzept miteinbezogen werden.

5. Öffentlichkeitsarbeit

5.1. TU Graz als Vorreiter

Die TU Graz soll in ihrer Rolle einer lehrenden und innovativen Bildungseinrichtung nicht nur den Weg des Theoretischen bestreiten. Eine Aufgabe der TU Graz ist es, neue Technologien und Systeme umzusetzen, um so der breiten Masse und Bevölkerung zu zeigen, wie unsere Zukunft aussehen kann. Weiters können solche Maßnahmen das Ansehen der TU Graz als umweltfreundliche Einrichtung steigern und ähnlichen Einrichtungen und Betriebe dazu animieren, selbst auch ein Versickerungs- oder Nutzwassersystem in ihrem Betrieb zu integrieren.

Die Installation einer Regenwasserbewirtschaftungsanlage ist mit Sicherheit ein wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Viel zu viele Menschen kennen Begriffe wie Regenwasserbewirtschaftung gar nicht bzw. wurden noch nie mit einem solchen Thema konfrontiert. Gerade für diesen Teil der Bevölkerung sollte die TU Graz ihren Bildungsauftrag wahrnehmen und zeigen, wie eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung heute aussieht.

Es soll gezeigt werden,

- Warum wir den Regen heute nicht mehr in den Mischwasserkanal leiten sollten und damit dem natürlichen Kreislauf entziehen.
- Warum das Grundwasser und seine Anreicherung eine wichtige Rolle als Trinkwasserreserve für uns spielt.
- Der Regen mehr ist als ein „unangenehmer Wetterzustand“.
- Welche Technologien bereits heute vorhanden sind, um eine effiziente Regenwasserbewirtschaftung zu betreiben.
- Wie es möglich ist, solche Systeme ohne großen Aufwand in eine natürliche Parklandschaft zu integrieren.

5.2. Regenwasserbewirtschaftung – Was ist das?

Dieser Teil meiner Diplomarbeit beschäftigt sich mit der Idee, wie man das Thema Regenwasserbewirtschaftung mittels einer Informationsoffensive verstärkt in die Öffentlichkeit bringt.

Das von mir angedachte Informationsprojekt unter dem Namen „Der natürliche Weg des Wassers“ soll auf einem Lehrpfad in den Parkanlagen der Alten Technik zeigen, wie Regenwasser im urbanen Bereich zukünftig bewirtschaftet, genutzt und gefahrlos abgeleitet werden kann.

Der interessierte Besucher soll den Weg des Wassers, der seinen Anfang bei der Ableitung von den Dachflächen nimmt bis hin zur Einleitung in den Kroisbach kennenlernen und auf diesem Weg möglichst viele Informationen bekommen. Dies soll über eine Art Lehrpfad geschehen, wo die wichtigsten Stationen durch Informationstafeln unterstützt werden.

Das Projekt „**Der natürliche Weg des Wassers**“ sieht folgende Stationen vor:

- **Der Niederschlag:** Ausgangspunkt des Lehrpfades soll ein Regenfallrohr an der östlichen Seite der Alten Technik sein. Auf einer Informationstafel stehen Informationen über
 - ⇒ Woher kommt der Niederschlag?
 - ⇒ Wie viel Niederschlag fällt monatlich/jährlich in Graz? (mit Vergleichen zu Extrembeispielen)
- **Der Weg des Regenwassers:** Am Weg zu den Versickerungsanlagen im Bereich Technikerstraße sind Informationstafeln zum Thema Wasserableitung installiert:
 - ⇒ Regenwasserableitung heute: Mischwassersystem, Trennsystem
 - ⇒ Regenwasserbewirtschaftung morgen: Entlastung von Kanälen und Kläranlagen („sauberes Wasser gehört nicht in den Kanal“)
- **Versickerungselemente:** Anhand von Informationstafeln und praktischen Beispielen sehen die Besucher, wie Versickerungssysteme funktionieren und natürlich in eine Landschaft integriert werden können. Inhalt der Informationstafeln:
 - ⇒ Versickerungssysteme (Wirkungsweise)
 - ⇒ Information über Böden (welche Böden gibt es in Graz)
- **Grundwasser:** Auf dem Weg quer durch den Park hin zu der Zisterne werden die Grundlagen zum Thema Grundwasser erläutert:
 - ⇒ Grundwasser als Trinkwasserreserve
 - ⇒ Grundwasser als gefährdeter Wasserkörper durch Verunreinigungen
- **Regenwassernutzung:** An dieser Station bei der Zisterne soll anhand von Informationstafeln gezeigt werden, welche Möglichkeiten der Nutzung für Regenwasser heute schon möglich sind:
 - ⇒ Einbau einer Regenwassernutzung bei bestehenden Gebäuden
 - ⇒ Allgemeine Regenwassernutzung bei Neuerschließungen von Siedlungen
- **Grazer Stadtbäche:** Der letzte Punkt der natürlichen Reise des Wassers sollte nicht der Kanal sein, sondern ein Bach, Fluss, ein stehendes Gewässer oder der Grundwasserkörper. In unserem Projekt wird der Kroisbach als Vorfluter genutzt und kann so dem Besucher als einer der verschwundenen Grazer Stadtbäche wieder in Erinnerung gerufen werden:
 - ⇒ Information über Kroisbach
 - ⇒ Informationen über Grazer Stadtbäche

Eine Informationskampagne wie diese sollte unbedingt in Zusammenarbeit mit öffentlichen Einrichtung und Betrieben stattfinden. Mögliche Partner dafür wären die Graz AG und das Kanalbauamt der Stadt Graz. Auch das Land Steiermark könnte ein möglicher Kooperationspartner sein.

6. Zusammenfassung und Ausblick

Regenwasserbewirtschaftung ist keine neue Erfindung, sondern wurde schon in der Antike praktiziert. Sie geriet jedoch in Vergessenheit, befindet sich aber seit einiger Zeit wieder im stetigen Aufschwung.

In Deutschland und seinen Nachbarländern wie Österreich, der Schweiz, Belgien oder der Niederlande gewinnen Systeme der Regenwasserbewirtschaftung immer mehr an Bedeutung, wobei insbesondere Deutschland ein Vorreiter in der Verwendung dieser Methoden ist.

Auch weltweit sind Regenwasserbewirtschaftungssysteme immer mehr am Vormarsch. Sei es als Regenwassernutzung für Grünanlagen z. B. bei Fußballstadien in Südkorea mit gleichzeitiger Nutzung als Retentionsräume bei Starkregenereignissen als Lösung gegen Überschwemmungen, so kann ein gut konzipiertes System auch eine Nutzung als Trinkwasser (z.B. Australien oder Südamerika) wahrnehmen.

Technologien und Systeme für eine Regenwasserbewirtschaftung wurden in den letzten Jahren immer weiter verbessert und es gibt eine Vielzahl an Möglichkeiten, rasch, effizient und ökologisch mit den Niederschlagswässern umzugehen.

Einer der Wege, welcher meines Erachtens angestrebt werden soll, ist eine dezentrale Versickerung der Wässer, solange die Regenwässer nicht allzu stark verschmutzt sind. Für Versickerungssysteme gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten, mit denen es leicht ist, für verschiedenste Verhältnisse (Niederschlag, Boden, räumliche Gegebenheiten, Grundwasser) geeignete Systeme zu finden.

Sollte es nicht möglich sein, die Wässer direkt von der entwässerten Fläche zu versickern, muss eine Vorreinigung bzw. Vorbehandlung vorgeschaltet werden, welche die Wässer von Grob- und Feinstoffen, sowie von eventuellen partikulären Schadstoffen reinigt. Dazu gibt es neben der physikalischen Vorbehandlung, welche mit der Schwerkraft arbeitet, auch biologische Vorbehandlungsmöglichkeiten. Dabei durchlaufen die Wässer eine belebte Bodenschicht und werden dort biologisch gereinigt.

Sollen bzw. können die Wässer nicht versickert werden und können aufgrund ihrer Qualität einer Nutzung zugeführt werden, kann die Nutzung dieser Wässer eine willkommene Alternative sein. Sowohl für den privaten als auch den gewerblichen Bereich gibt es eine Vielzahl an ausgereiften Regenwassernutzungssystemen. Dabei ist aber vor allem bei privaten Systemen darauf zu achten, dass solche Anlagen vom zuständigen Wasserversorgungsunternehmen (WVU) nicht allzu gerne gesehen werden, da es aufgrund falscher oder nicht fachgerechter Installationen möglich ist, dass Regenwasser in das Trinkwassernetz zurückgespeist wird und somit eine Versorgung der Abnehmer mit dem Lebensmittel Trinkwasser laut Trinkwasserverordnung seitens des WVUs nicht gewährleistet werden kann.

Systeme einer Regenwasserbewirtschaftung werden in Österreich nach Normen bzw. Regelblätter ausgelegt (Auszug):

- ÖNORM B 2506-1: Regenwassersickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen
- ÖWAV Regelblatt 35: Behandlung von Niederschlagswässern
- ÖNORM B 2572: Grundsätze der Regenwassernutzung
- ÖVGW Richtlinie W86: Nutzwassernutzung

Ziel dieser Diplomarbeit war die Erarbeitung eines Regenwasserbewirtschaftungskonzeptes für das Projekt CAMPUS 2011 am Areal der Alten Technik der Technischen Universität Graz anlässlich des 200-jährigen Bestehens. Das Projekt zielt auf eine Neu- bzw. Umgestaltung der bestehenden Grün- und Parkanlagen ab. Es soll gezeigt werden, in welchem Umfang es möglich ist, eine Versickerung bzw. eine Regenwassernutzung in bestehende Anlagen zu integrieren.

Neben dem Beitrag des Institutes für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau beschäftigte sich auch das Institut für Straßen- und Verkehrswesen und das Institut für Architektur und Landschaft mit Arbeiten zum Projekt Campus 2011.

Um eine Regenwasserbewirtschaftungsanlage planen zu können, wurden zunächst die Grundlagen erhoben, auf denen eine Planung aufbaut. Dies waren:

- Vorhandener Niederschlag
- Bestehende Flächen
- Untergrund (Bodenkennwerte)
- Grundwasser (Flurabstand)

Anhand dieser Grundlagenwerte war es möglich, verschiedenste Systeme einer Versickerung bzw. einer Regenwassernutzung zu berechnen und auszulegen.

Wie man aufgrund der Berechnung der Systeme feststellen konnte, wäre eine reine Versickerung der Niederschlagswässer aufgrund des großen Platzbedarfes bzw. der aufwändigen Herstellung nicht wirtschaftlich. Ebenso ist eine alleinige Nutzung der Regenwässer für Bewässerungszwecke wegen des Überangebotes nicht sinnvoll.

Aufgrund dieser Ergebnisse wurde weiters ein Betriebskonzept erarbeitet. Dieses sieht im ersten Schritt eine Aufteilung der Flächen des Gebäudes Rechbauerstraße 12 vor. Dabei wird folgende Aufteilung vorgeschlagen:

- ca. 20 % der Fläche wird einer Reihe von verschiedenen Versickerungselementen zugeführt
- ca. 50 % der Flächen werden in eine Zisterne bzw. den Kroisbach geleitet
- ca. 30 % der Flächen verbleiben im bestehenden System, da der technische Aufwand für etwaige Umbauarbeiten zu groß wäre.

Eine Notentlastung der Systeme (Versickerung und Zisterne) sollte in diesem Bereich in den unterirdisch verlaufenden Kroisbach im Bereich Lessingstraße 25 stattfinden.

Um der Bevölkerung diese Maßnahmen einer zukunftsweisenden Regenwasserbewirtschaftung näher zu bringen, sollte auf eine zielgerichtete Öffentlichkeitsarbeit Wert gelegt werden. In möglicher Kooperation mit Partnern aus der Wirtschaft und der Politik sollte versucht werden, das Projekt öffentlichkeitswirksam zu begleiten. Dafür könnte z. B. eine Art Lehrpfad errichtet werden, wo der Weg des Wassers bis zu seiner Einleitung in den Kroisbach mit der Unterstützung von Informations- und Schautafeln mitverfolgt wird.

Ausblick

Eine weitere positive Entwicklung auf dem Sektor der Regenwasserbewirtschaftung ist meiner Meinung nach klar zu sehen. Das Potential für eine Zunahme der Systeme ist weltweit gegeben und es wird heute schon vielerorts bei größeren Neubauten eine Integrierung eines Regenwasserbewirtschaftungssystems gefordert.

In der Zukunft wird das Regenwasser aus mehreren Gründen eine immer wichtigere Rolle spielen:

- Durch die Landflucht wird es vor allem in Städten zu Problemen mit einer ausreichenden Trinkwasserversorgung kommen. Eine Nutzung der Regenwässer als Trinkwasser wäre unter Beachtung hygienischer Randbedingungen eine Möglichkeit, diesem Problem entgegen zu steuern.
- Aufgrund des Trinkwassersproblems werden Grundwasserkörper und Reserven oft heute schon zu sehr genutzt und könnten mit gezielten Versickerungen von Regenwasser wieder angereichert werden. Das Regenwasser wird dabei durch die Bodenpassage gereinigt und so dem Grundwasser wieder in sauberem Zustand zugeführt.

Weiters könnten Probleme, welche momentan noch eine untergeordnete Rolle spielen, mit einer effizienten Regenwasserbewirtschaftung minimiert werden.

So tritt heute bereits bei starken Regenereignissen immer wieder der Fall ein, dass die Leistungsfähigkeit eines Kanalprofiles überschritten wird und es zu einem Austreten von Abwasser aus dem Kanal kommt und kleinräumige Überflutungen zur Folge hat. Weiters werden Abwasserreinigungsanlagen bei Regenereignissen mit zu großen Mengen an Abwasser belastet, was zu einem Anspringen von Mischwasserentlastungsbauwerken in die Vorfluter führt. Durch eine Retention von Regenwasser am Ort des Auftreffens können stoßartige Belastungen minimiert werden.

Einen weiteren Auftrieb könnten diese Maßnahmen durch die Einführung von Abwassergebührensplitting erfahren.

Die Aufteilung der Pauschalgebühr für Schmutzwasser in eine Gebühr für Schmutzwasser und eine gesonderte Gebühr für anfallendes Regenwasser ist in Deutschland in über 60% der Kommunen (Stand 2007) eingeführt und ist auch in Österreich in der Zukunft zu erwarten. Wie man aus Studien und Vergleichen sieht, ist nach der Einführung einer gesplitteten Gebühr mit einem Rückgang der eingeleiteten Regenwassermengen zu rechnen.

Das im Rahmen des Projektes Campus 2011 erarbeitete Konzept einer zeitgemäßen Regenwasserbewirtschaftung für den Bereich Alte Technik lässt sich in die bisher bereits entwickelten Projektideen gut integrieren und stellt von seiner Art her ein zukunftsweisendes Pilotprojekt dar, welches durch die Integration mit einem Lehrpfad auch öffentlichkeitswirksam umgesetzt werden kann.

7. Literaturverzeichnis

Gesetze, Normen, Richtlinien und Regelblätter:

ÖNORM B 2506-1 (2000): Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb
Wien 2000

ÖNORM B 2506-2 (2003): Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen
Wien 2003

ÖNORM B 2572 (2005): Grundsätze der Regenwassernutzung
Wien 2005

ÖWAV (2003) Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband, Regelblatt 35: Behandlung von Niederschlagswässern
Wien 2003

ÖWAV (2003) Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
Leitfaden Niederschlagsdaten zur Anwendung für die ÖWAV- Regelblätter 11 und 19
Wien 2007

ÖVGW (2005) Österreichische Vereinigung für das Gas- und Wasserfach, Mitteilung W 86: Nutzwassernutzung
Wien 2005

VSA (2002) Verband Schweizer Abwasser- und Gewässerschutzfachleute, Regenwasserentsorgung – Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten
Zürich 2002

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

Literatur:

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft / 1999–2005
Hydrographisches Jahrbuch
Zentralbüro, Wien

Furtmüller, Kresser / 2008
Campus TU Graz Alte Technik
Projekt SE Landschaftsgestaltung SS08 - Institut für Architektur und Landschaft, TU Graz

W. Geiger, H. Dreiseitl / 2001:
Neue Wege für das Regenwasser,
2. Auflage – Oldenbourg Industrieverlag, München.

E. Götsch /2005
Kombination von Betriebs- und Löschwasserversorgungsanlagen
Schriftenreihe Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. 10, Darmstadt

Gruber, Kalogeropoulos, Neuhold / 2008:
Potentialanalyse ruhender Verkehr – Alte Technik Campus 2011
Masterprojekt – Institut für Straßen- und Verkehrswesen, TU Graz

Reinhard Georg Hinrich / 2000:
Möglichkeiten von Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen im städtischen Ballungsraum
Diplomarbeit – Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Landschaftswasserbau, TU Graz

H. Kainz, E.P. Kauch, / 2007
Siedlungswasserbau und Abfallwirtschaft
3. Auflage – Manz Verlag Schulbuch, Wien

H. Kainz / 2007
Abwassergebührensplitting – Einführung in das Thema
ÖWAV –TU Graz-Seminar: Abwassergebührensplitting
Band 49 – Schriftenreihe zur Wasserwirtschaft, Verlag der Technischen Universität Graz

F. Sieker, R. Adams, V. Huhn, A. Stecker / 1996:
Naturnahe Regenwasserbewirtschaftung in Siedlungsgebieten,
1. Auflage – expert Verlag, Renningen-Malmsheim

D. Sperfeld / 2005:
Entwicklung der Regenwassernutzung – Impulse für die Wasserwirtschaft, Schriftenreihe
Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. 10, Darmstadt

Internetquellen:

Grundwassermessstellennetz Steiermark
<http://app.hydrographie.steiermark.at/> (Stand 16.02.2009)

8. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Mittlere. Konzentration in Dachabflüssen (ohne Verwendung von Schwermetallen) (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)	8
Tabelle 2: Mittlere Konzentration in Straßenabläufen (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)	8
Tabelle 3: Bewertung der Niederschlagsabflüsse in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)	9
Tabelle 4: Anforderung an die Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)	10
Tabelle 5: Anforderungen an die Vorbehandlung von Niederschlagsabflüssen in Abhängigkeit von der entwässerten Fläche (ÖWAV Rbl. 35 ,2002)	10
Tabelle 6: Abflusswirksame Gesamtfläche	56
Tabelle 7: Bodenaufbau Technikerstraße 4	58
Tabelle 8: Grundwasserpegel	60
Tabelle 9: Flächenaufteilung (Grafik siehe Abbildung 50).....	78
Abbildung 1: Prioritätenkatalog lt. VSA (2002)	7
Abbildung 2: Flächenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)	15
Abbildung 3: Flächenversickerung - Ausführungsbeispiel (Geiger/Dreiseitl, 2001)	15
Abbildung 4: Muldenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001)	17
Abbildung 5: Muldenversickerung (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)	17
Abbildung 6: Beckenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	18
Abbildung 7: Beckenversickerung (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)	18
Abbildung 9: Rigolenversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	19
Abbildung 8: Rigole in Ausführung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	19
Abbildung 10: Mulden-Rigolen/Rohrversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	20
Abbildung 11: Rohrversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	21
Abbildung 12: Schachtversickerung (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	22
Abbildung 13: Filtermulde (Geiger/Dreiseitl, 2001)	24
Abbildung 14: Filtermulde (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	24
Abbildung 15: Retentions-Filterbecken (Geiger/Dreiseitl, 2001)	25
Abbildung 16: Retentions-Filterbecken (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001)	26
Abbildung 17: Einstau- und Gründach (Geiger/Dreiseitl, 2001)	27
Abbildung 18: Gründach (Ausführungsbeispiel) (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	27
Abbildung 19: Absetzschacht (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	30
Abbildung 20: Versickerungsschacht mit Schlammfang durch tiefliegende Sohle (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	31

Abbildung 21: Leichtstoffabscheider (Geiger/Dreiseitl, 2001)	32
Abbildung 22: Absetzteich (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	33
Abbildung 23: Vegetationspassage (Geiger/Dreiseitl, 2001).....	34
Abbildung 24: Variante 1 des ISV (Masterprojekt/ 2008)	46
Abbildung 25: Variante 2 des ISV (Masterprojekt/ 2008)	47
Abbildung 26: Variante 3 des ISV (Masterprojekt/ 2008)	48
Abbildung 27: Architektur und Landschaft (Furtmüller/Kresser, 2008).....	50
Abbildung 28: Architektur und Landschaft (Schmidt/Kordon, 2008).....	50
Abbildung 29: Übersichtsplan Alte Technik (Stand Juni 2007)	52
Abbildung 30: Summenlinie $n = 0,1$	54
Abbildung 31: Summenlinie $n = 0,2$	54
Abbildung 32: monatliche Niederschlagsverteilung.....	55
Abbildung 33: Beispiel einer Sickerlinie	59
Abbildung 34: Verlauf des Kroisbaches	62
Abbildung 35: Foto der Einwölbung des Kroisbaches im Bereich Alte Technik.....	63
Abbildung 36: Bestandsplan Kroisbach (1983)	64
Abbildung 37: Ausschnitt aus dem Längenschnitt des Kroisbaches (1983).....	65
Abbildung 38: Auszug aus Profilen des Kroisbaches (1983)	66
Abbildung 39: Plan der Einwölbung des Kroisbaches (1912)	66
Abbildung 40: Schema einer Sickersmulde (ÖN B 2506-1 / 2000).....	69
Abbildung 41: Muldenversickerung - Berechnung.....	70
Abbildung 42: Schema einer Rigolenversickerung (ÖN B 2506-1 / 2000)	70
Abbildung 43: Rigolenversickerung – Berechnung	71
Abbildung 44: Schema eines gelochten Sickerschachtes (ÖN B 2506-1 / 2000)	72
Abbildung 45: Schachtversickerung - Berechnung	73
Abbildung 46: Erforderliches Speichervolumen	74
Abbildung 47: Erforderlicher Flächenbedarf.....	74
Abbildung 48: Einstauzeit.....	75
Abbildung 49: Wasserangebot / Wasserbedarf.....	77
Abbildung 50: Flächenaufteilung für mögliches Betriebskonzept.....	79
Abbildung 51: Mögliches Schema der Versickerung.....	82