

UNTERSUCHUNGEN ZUR FILTERWIRKUNG UND ZUM SCHADSTOFFRÜCKHALTEVERMÖGEN VON GEOTEXTILEN FILTERELEMENTEN

UNIV.-PROF. DR.-ING. NORBERT MEYER, DIPL.-ING. AXEL NERNHEIM
Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, Technische Universität Clausthal

DIPL.-ING. HELMUT ZANZINGER
LGA, Nürnberg

KURZFASSUNG:

Immer häufiger wird Niederschlagswasser über Versickerungsanlagen dem Grundwasser wieder zugeführt oder in Wasserspeichern aufgefangen, um das Wasser als Brauchwasser in unterschiedlichster Form zu nutzen. Hierzu werden i.d.R. Filterelemente vorge-schaltet, um die im Niederschlagswasser enthaltenen Schwebstoffe zurückzuhalten. Untersucht wurde das Langzeitverhalten eines zweilagigen Geotextil-Filters. Es zeigte sich, dass das Filterelement auch nach Jahren ohne Reinigung wirksam war und Schwermetalle wie Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink sowie Kohlenwasserstoffe und organische Substanzen in erheblichem Maße zurückgehalten wurden.

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

In den letzten Jahren ist es zu einer vermehrten Anwendung der Nutzung des Niederschlagswassers gekommen. Gründe hierfür finden sich in den zum Teil negativen Auswirkungen, die aus der Versiegelung von Flächen und der daraus folgenden Ableitung des Niederschlagswassers in die Kanalisation entstanden sind. Als Konsequenz aus dem Eingriff in den Prozess der natürlichen Regenwasserversickerung ergeben sich eine Reihe schwerwiegender Probleme. Diese zeigen sich beispielsweise in einer Zunahme der Häufigkeit von Hochwässern, einer Verringerung der Grundwasserneubildung und einer daraus folgenden Absenkung des Grundwasserspiegels.

Durch steigendes Interesse für ökologisches Bauen hat innerhalb der Städteplanung eine Entwicklung stattgefunden, so dass immer häufiger Niederschlagswasser über Versickerungsanlagen dem Grundwasser wieder zugeführt oder in Regenwasseranlagen aufgefangen wird, um das Wasser als Brauchwasser in unterschiedlichster Form wieder zu nutzen (Abbildung 1-1). Die Nutzung des Wassers hängt von den jeweiligen Schadstoffmengen ab, da auch im Niederschlagswasser bereits Gehalte an Schwermetallen, Mineralölkohlenwasserstoffe und organischen Substanzen enthalten sein können, die sich bei Einleitung über Dach- oder Verkehrsflächen noch erhöhen können.

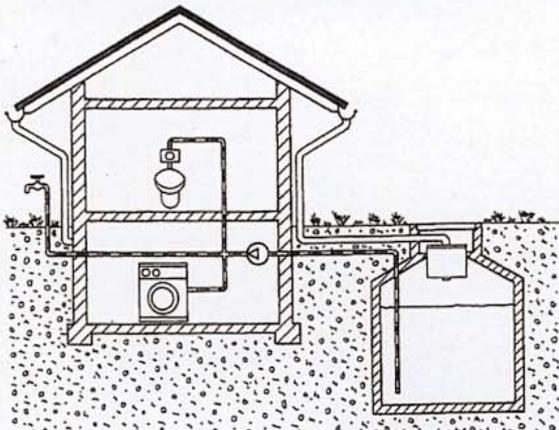


Abbildung 1-1: Prinzipskizze einer Regenwasseranlage

2 REGENWASSER- UND VERSICKERUNGSANLAGEN

Bei einer Regenwasseranlage wird das von der Dachfläche kommende Regenwasser über Regenfallrohre zentral zusammengeführt und mittels Zuleitung zum Regenwasserspeicher geleitet. Durch ein Filtersystem wird verhindert, dass ungereinigtes Regenwasser mit all seinen Verschmutzungen in den Regenwasserspeicher gelangt. Als Filterelemente werden z.B. Filtersammler, Filtertöpfe, Wirbelfeinfiler, Edelstahlfilter oder Geotextilfilter verwendet.

Überschüssiges Wasser kann je nach System in den Untergrund versickert werden, wenn die Voraussetzungen dafür gegeben sind (i.d.R. ist eine Durchlässigkeit k des Untergrundes von größer 10^{-6} m/s erforderlich), oder in öffentliche Entwässerungseinrichtungen abgegeben werden (Abbildung 2-1).

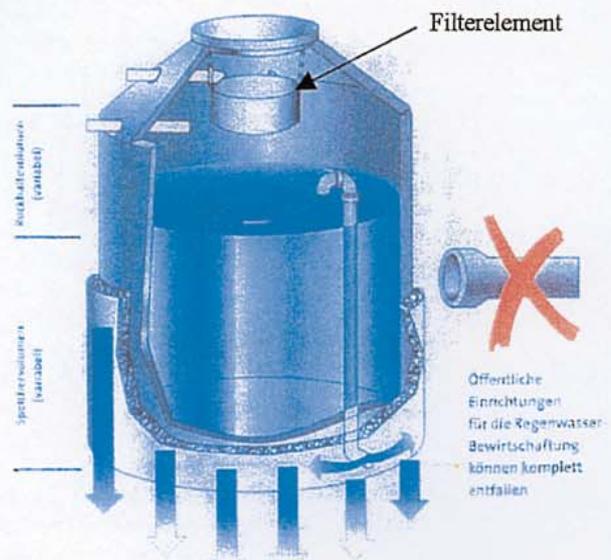


Abbildung 2-1: Regenwasser- und Versickerungsanlage

Bei einer reinen Versickerungsanlage, z.B. mit Versickerungsschächten, wie sie im ATV-Arbeitsblatt A 138 der DVWK beschrieben ist, entfällt lediglich die Möglichkeit der zusätzlichen Wasserspeicherung.

3 INHALTSSTOFFE DES NIEDERSCHLAGSWASSERS

Durch den intensiven Kontakt mit der Luft wird das Niederschlagswasser mit all jenen Stoffen belastet, die von Natur aus Bestandteil der Luft sind oder durch anthropogene Tätigkeit eine künstliche Verunreinigung derselben darstellen. Durch Emissionen beispielsweise von Industrie, Gewerbe, Hausbrand und Verkehr nimmt das Niederschlagswasser die unterschiedlichsten anorganischen und organischen Substanzen auf. Hinzu kommen noch feste und gelöste Stoffe, die das von den Dachflächen oder Verkehrsflächen abfließende Niederschlagswasser aufnimmt. Hierbei ist das Verschmutzungspotenzial abhängig von der Zusammensetzung des Materials des Daches, der Dachrinne bzw. des Fallrohres, der Jahreszeit, des Niederschlagsereignisses und der Umgebung, in der sich das Gebäude befindet. Kolb (1998) hat z. B. bei Dachabflüssen 10 – 100-fach höhere Schwermetallkonzentrationen als im reinen Niederschlagswasser festgestellt.

4 FILTERWIRKUNG / SCHADSTOFFRÜCKHALTEVERMÖGEN

Es wurden Grundsatzversuche mit regional unterschiedlichen Niederschlagswässern zur Filterwirkung und dem Schadstoffrückhaltevermögen von handelsüblichen Filtern und Geotextil-Filtern durchgeführt. Weiterhin wurden bestehende Versickerungsanlagen und Wasserspeicher beprobt und dort die Wasser- bzw. Schlammqualität untersucht.

Die Anforderungen an die verwendeten Filterelemente lassen sich dabei wie folgt definieren: Gute Ausfilterungen von Schadstoffen aus dem zu versickerndem oder zu speichernden Wasser bei langer Funktionsfähigkeit.

Nachfolgend soll auf die Ergebnisse der geotextilen Filterelemente eingegangen werden, da die übrigen Filter auf Grund ihrer großen Maschenweiten auch langfristig keine Veränderungen der Durchlässigkeit zeigen, jedoch auch keine kleineren Partikel zurückhalten bzw. an sich binden konnte, so dass auch kein Schadstoffrückhaltevermögen gegeben ist.

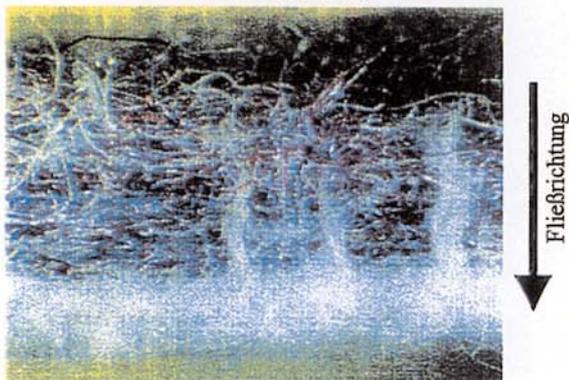


Abbildung 4-1: Aufbau des vernadelten Filterelementes

Bei dem untersuchten Filterelement handelt es sich um ein zweilagiges, vernadeltes Geotextilvlies bestehend aus einem feinfaserigen mechanisch-verfestigten weißen Polyester-Vliesstoff und einem grobfaserigen mechanisch verfestigten bunten Polypropylen-Vliesstoff (Abbildung 4-1). Die Dicke des Geotextil - Filters beträgt 6 mm, das Gesamtgewicht ca. 830 g/m². Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert ohne Bodenauftrag ist

bei 2 KN/m² Auflast mit 4,0 mal 10⁻³ m pro Sekunde angegeben. Dieses Filterelement wurde hinsichtlich der Durchlässigkeit bereits von *Miehling und Gartung (1988)* untersucht. Nach einem Jahr Einsatz in einem Versickerungsschacht zeigte sich nach der Reinigung eine nur geringfügige Abnahme der Durchlässigkeit des Filterelementes.

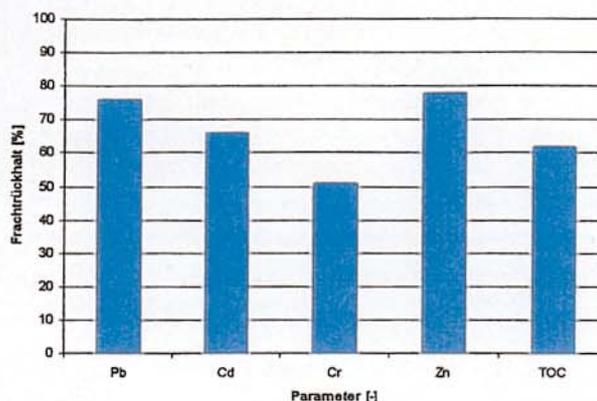


Abbildung 4-2: Mittlerer Schadstoffrückhalt mit einem geotextilen Filterelement

Das 2-lagige Geotextilvlies ist auf Grund der Feinporigkeit der Vliesstoffe in der Lage, die Inhaltstoffe des Niederschlagswassers zu binden und somit zurückzuhalten. In mehreren Versuchsreihen im Labor sowie bei der Beprobung von Wasserspeichern und Versickerungsanlagen zeigten sich erhebliche Reduzierungen der Schadstoffe. In Abbildung 4-2 ist der mittlere Schadstoffrückhalt durch den Geotextilfilter aus verschiedenen Versickerungs- bzw. Speicheranlagen dargestellt. Das Niederschlagswasser wurde hier jeweils vor und nach der Filterung entnommen und analysiert. Die Schwermetallkonzentrationen wie z. B. Blei, Cadmium und Zink, die Kohlenwasserstoffe und der Gehalt an organischen Bestandteilen (TOC), z. B. Blütenstaub, Pollen etc. wurden um ca. 50 – 80 % reduziert. Die Wässer in den beprobten Wasserspeichern wiesen in der Regel eine Trinkwasserqualität gemäß TVO auf.

Die Schwebstoffe des Niederschlagswassers lagern sich als Filterkuchen auf dem Filterelement ab. Dadurch wird mit der Zeit die Durchlässigkeit des Filterelementes herabgesetzt, so dass eine Reinigung durchgeführt werden muss (siehe Abschnitt 5).

Der zurückgehaltene und abgelagerte Schlamm (Sediment) weist dagegen erhöhte Werte auf, wie z. B. eine Probe aus einem Wasserspeicher aus Eisenberg, wo die Dachfläche aus Betonziegeln und die Regenfallrohre und Dachrinnen aus Kupfer bestanden (Abbildung 4-3).

Parameter	Messwert	Zuordnungswerte Z0
	[mg/kg TS]	LAGA [mg/kg TS]
Arsen	4,9	20
Blei	142	100
Cadmium	< 0,1	0,6
Chrom	20	50
Kupfer	2750	40
Nickel	16	40
Quecksilber	0,06	0,3
Zink	190	120

Abbildung 4-3: Analyseergebnisse einer Sedimentprobe von einem Geotextilfilter aus einem bestehenden Wasserspeicher in Eisenberg

5 LANGZEITVERHALTEN DES FILTERELEMENTES

Auf dem Betriebshof einer Spedition in Straubing wird seit über 10 Jahren eine Versickerungsanlage betrieben. Über Versickerungsschächte wird das Oberflächenwasser aus der Hoffläche versickert. Das Einzugsgebiet des untersuchten Versickerungsschachtes beträgt ca. 1000 m². Die Versickerungsschächte haben einen Innendurchmesser von 100 cm und sind mit einem Filterelement aus einer Geotextil-Filtermatte 1000 versehen, das als Filtersack ausgebildet ist (Abbildung 5-1). Der Filtersack ist seit ca. 10 Jahren in Betrieb und seit seinem Einbau nicht mehr gereinigt worden.

Zum Zeitpunkt des Ausbaus lag eine Schicht von ca. 12 cm abgesetzten Schlamm auf dem Boden des Filterelementes. Darüber befand sich noch ca. 10 cm Schlamm in Suspension (Abbildung 5-2).

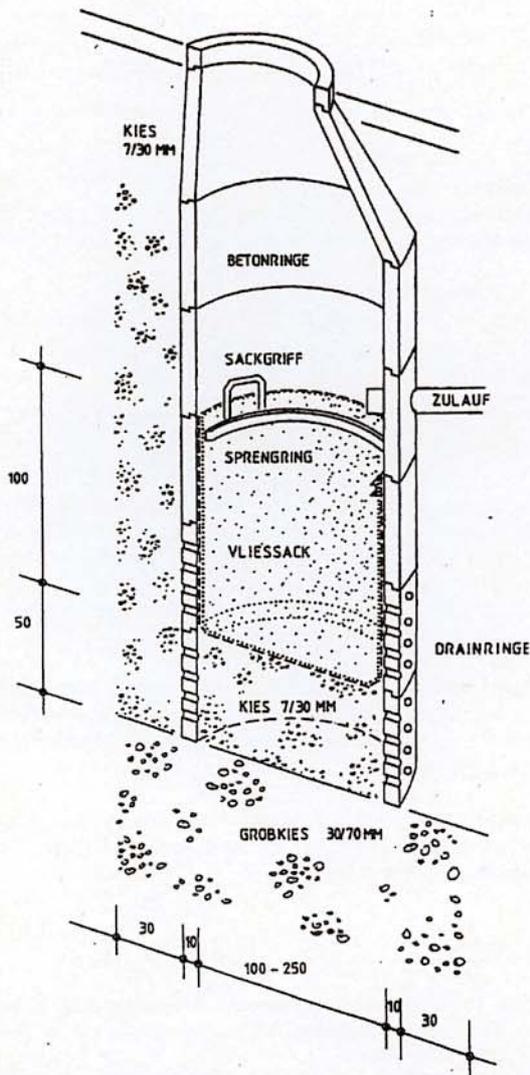
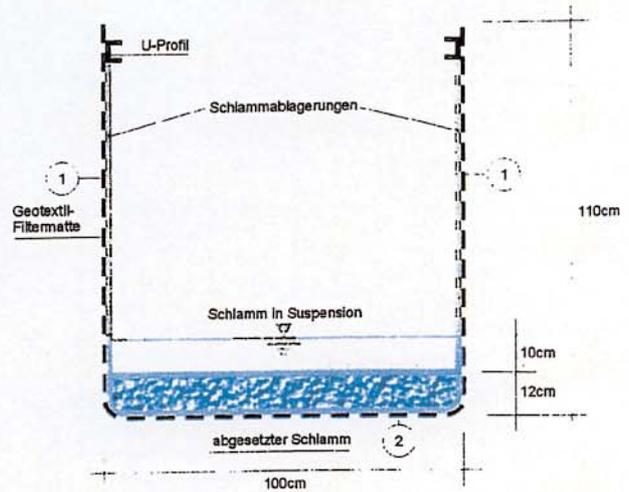


Abbildung 5-1: Querschnitt durch den Versickerungsschacht



1: Wandung; 2: Boden

Abbildung 5-2: Skizze des Geotextilsacks im Querschnitt

Von dem ausgebauten Filtersack wurden verschmutzte Geotextil - Proben aus dem Bodenbereich und der Wandung entnommen und Wasserdurchlässigkeitsversuche am verschmutzten und gereinigten Geotextil sowie am Schlamm durchgeführt. Weiterhin wurde eine Schadstoffanalyse des abgelagerten Schlamms durchgeführt.

5.1 Untersuchung des Geotextils

Die Messungen der flächenbezogenen Massen ergab nach Abschaben der Oberfläche, dass der Schlamm sich unterschiedlich stark in dem Vliesstoff eingelagert hatte. Es zeigte sich, dass sich im Boden des Filtersacks (Feuchtgewicht 5484 g/m²) ca. 25% weniger Schlamm eingelagert hatte als in der Wandung (6884 g/m²). Der Grund dafür ist, dass sich die Grobanteile schneller abgelagert haben als die Feinanteile. Diese waren länger in Suspension und haben sich deshalb auch stärker in der Wandung des Geotextil-Filtersacks eingelagert.

Zur Feststellung der hydraulischen Wirksamkeit des Geotextil-Filtersacks wurden mehrere Proben nach DIN EN ISO 11058 in einem Permeameter nach der Methode der fallenden Druckhöhe untersucht. Hierzu wurden zuerst die schlammbesetzten Proben geprüft. Im Anschluss daran wurden sie unter einem Wasserstrahl von Hand gereinigt und die Prüfung der Wasserdurchlässigkeit wiederholt. Es zeigten sich deutliche Unterschiede in der Wasserdurchlässigkeit im Vergleich von Boden und Wandung. Im Vergleich zu einem neuen Geotextil-Filtersack ist die Wasserdurchlässigkeit um ca. 50% im Bereich des Bodens und ca. 75% in Wandung reduziert.

In Abbildung 5.1-1 sind alle Wasserdurchlässigkeiten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass eine Reinigung des Filtersacks eine große Wirkung hat. Die Durchflußmenge eines neuen Filtersacks kann aber auch bei noch so gründlicher Reinigung nicht erreicht werden.

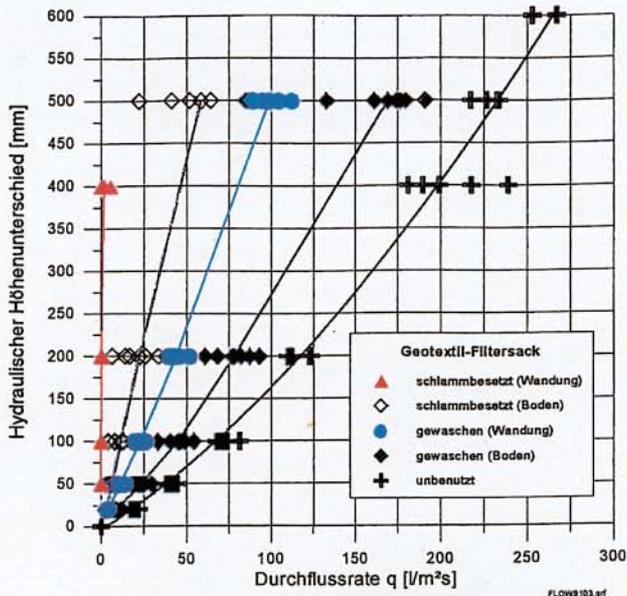


Abbildung 5.1-1: Vergleich der Durchflussraten von der Wandung, vom Boden und vom unbenutzten Filtersack in Abhängigkeit des hydraulischen Höhenunterschieds

Bei der Betrachtung der Durchlässigkeit des Gesamtsystems ist natürlich der Schlammauftrag zu berücksichtigen, der an der Wandung nur im Millimeterbereich vorlag, während auf dem Boden des Filtersacks der Schlammauftrag bis in den Dezimeterbereich festgestellt wurde. Daher ist die Durchlässigkeit des Schlammes in erheblichem Maße zu berücksichtigen.

5.2 Untersuchung des Schlammes

Der Schlamm vom Boden des Filtersacks hatte einen Wassergehalt von 127 % und enthielt eine Trockensubstanz von 44 %. Insgesamt befanden sich ca. 92 kg trockene Feststoffe im Schlamm des Filtersacks.

Nach der Kornverteilungsanalyse handelt es sich um einen schluffigen, kiesigen, schwach tonigen Sand (Abbildung 5.2-1). Es befanden sich organische Bestandteile wie Holz- und Wurzelreste sowie Kies und Mörtelreste und Glas in dem Schlamm. Nach DIN 18196 kann der Schlamm als SU-Boden bezeichnet werden.

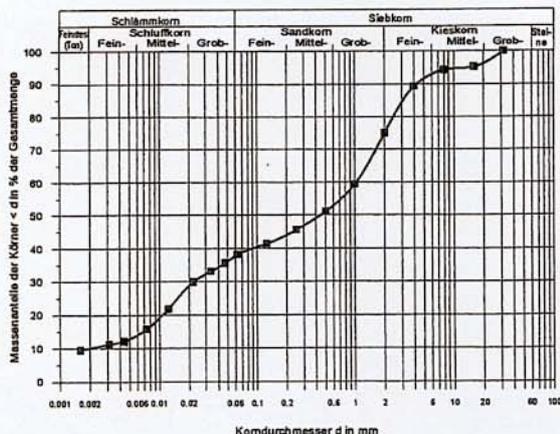


Abb. 5.2-1: Kornverteilungskurve des Schlammes

Der Schlamm weist nach 12-tägiger Prüfdauer einen geringen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert von $k = 4 \times 10^{-9}$ m/s auf.

Unter Einbeziehung der Durchlässigkeit des Schlammes und des Geotextils zeigt sich, dass die Permittivität des Geotextils in

der Wandung des Filtersacks höher ist als die Permittivität im Boden des Filtersacks plus Schlamm.

Im Prüf- und Analytikzentrum der LGA wurde der Schwermetallgehalt der Schlammprobe bestimmt. Die Probe wurde homogenisiert und anschließend einem Aufschluss nach DIN 38414-S7 unterzogen. Die Schwermetallgehalte wurden in der Aufschlusslösung mittels Atomemissionspektrometrie nach DIN EN ISO 11885 bestimmt. Die Analyseergebnisse sind in Abbildung 5.2-2 dargestellt.

Parameter	Schwermetallgehalt [mg/kg TS]
Arsen	6,3
Blei	53
Cadmium	1,3
Chrom	49
Kupfer	76
Nickel	29
Quecksilber	< 1
Zink	560

Abbildung 5.2-2: Untersuchungsergebnisse der Schwermetallanalyse des Schlammes

In der Summe wurden Schwermetallgehalte von 775 mg pro kg Trockensubstanz im Schlamm festgestellt. Dies entspricht 71g an Schwermetall, die im Filtersack zurückgehalten wurden.

Davon überwog der Anteil von Zink bei Weitem. Aber auch die „kritischeren“ Schwermetalle wie Blei, Chrom, Kupfer und Nickel befanden sich in nicht unerheblichem Maße in den zurückgehaltenen Stoffen.

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Es zeigt sich, dass die Filterwirkung von geotextilen Filterelementen auch nach längerer Zeit noch gegeben ist. Es wird jedoch empfohlen eine regelmäßige Reinigung vorzunehmen. Ein 100%-iger Reinigungsgrad durch Waschen des Geotextils ist jedoch praktisch nicht möglich, so dass die Filtersäcke nach einer bestimmten Zeit ausgewechselt werden sollten.

Der untersuchte Geotextilfilter ist in der Lage die Inhaltsstoffe des Niederschlagswasser zu binden und somit zurückzuhalten, so dass eine Reinigung des zu speichernden oder zu versickernden Wassers gegeben ist.

Nachweislich wurden Schwermetalle wie Arsen, Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer und Zink sowie in einigen Fällen Kohlenwasserstoffe zurückgehalten.

7 LITERATUR

- [1] Kolb, F. R. (1998): Niederschlagswasser – Verschmutzung, Kontamination, Versickerungsmethoden und Kostenentwicklung, in: Wasser und Abfall, S. 20 - 28
- [2] Miehl, R.; Gartung, E. (1988): Versickerungsanlagen mit Geotextilfiltern, 1. Kongress Kunststoffe in der Geotechnik K-GEO 88, Hamburg, DGGG, S. 23 - 30
- [3] Meyer, N.; Koch, S. (1998): Untersuchungen zur Filterwirkung und zum Schadstoffrückhaltevermögen von Filterelementen in Wasserspeichern, Forschungsbericht für Fa. Freco und Aquaroc
- [4] Zanzinger, H. (2000): Gutachten zur Untersuchung eines Filtersacks aus einer Versickerungsanlage nach 10-jähriger Betriebsdauer auf dem Betriebshof der Spedition Häring in Straubing, LGA, Nürnberg (unveröffentlicht)