

Johannes Feuerbach und Manuel Lauterbach

Rasengitterplatten bei Versickerungs- und Regenrückhaltebecken

Versickerungs- und Regenrückhaltebecken zur Rückführung des Niederschlagswassers werden angesichts zunehmender Flächenversiegelung und prognostizierter Klimaänderungen an Bedeutung gewinnen. Die Anwendung hochbelastbarer Rasengittersysteme im Bereich der Beckenböschungen stellt hierbei eine bewährte und preisgünstige Alternative zu den konventionellen Bauweisen dar.

1. Zielsetzung

Durch Ausweisung von immer mehr Wohn- und Gewerbeflächen und dem Ausbau des Verkehrswegenetzes mit einhergehender Flächenversiegelung reduziert sich der Flächenanteil an versickerungsfähigem Boden immer weiter. Negativen Auswirkungen auf den Boden- und Wasserhaushalt und die Grundwasserneubildung soll mit effektiven und wirtschaftlich vertretbaren Maßnahmen zur Rückführung des abgeleiteten Oberflächenwassers in den Wasserkreislauf begegnet werden. Entsiegelung und dezentrale Versickerung von Niederschlagswässern werden daher für den Boden- und Gewässerschutz zunehmend bedeutender. Wurde Niederschlagswasser von versiegelten Flächen in der Vergangenheit durch Einleitung in die Kanalisation beseitigt, hat bei den Trägern der Abwasserableitung in den letzten Jahren ein intensiver Umdenkprozess stattgefunden. In zunehmendem Maße werden Maßnahmen zur Entlastung des Kanalisationsnetzes durch günstigere Abwassergebühren, Zuschüsse oder Befreiung von der Abgabe für Regenwasser gefördert. Manche Kommunen schreiben sogar entsprechende Einrichtungen in Bebauungsplänen vor. Richtig bemessene Versickerungsbecken in ausreichend sickerfähigem Untergrund stellen hierbei einen wichtigen Bestandteil an geeigneten Versickerungsanlagen nach Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005) „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ dar.

Von vielen Wissenschaftlern und Klimaforschern wird eine Klimaänderung prognostiziert, die bereits in den nächsten

Jahren eine deutlich veränderte Niederschlagsverteilung zur Folge haben soll. Demnach sind die Sommerhalbjahre durch eine generelle Abnahme der Niederschlagsmenge, jedoch durch eine Zunahme von Starkregenereignissen in Frequenz und Menge gekennzeichnet. In den Winterhalbjahren wird die Niederschlagsmenge zunehmen, und es werden vermehrt Starkregenereignisse stattfinden. Die Zunahme von Starkregenereignissen und deren teils verheerende Auswirkungen ist bereits heute bundesweit deutlich feststellbar. Um Kanalisationsnetz, Betrieb von Kläranlagen und Abfluss in Fließ- und Stehgewässer in den Spitzenabflusszeiten mit geeigneten Maßnahmen zu entlasten und Hochwässer zu mindern, werden künftig enorme technische und finanzielle Aufwendungen notwendig sein. Regenrückhaltebecken mit gedrosselter und verzögerter Wasserabgabe und Pufferwirkung haben sich bereits seit langem als effiziente Rückhaltungsmethode etabliert. Je nach Anforderung kann ein bestimmter Anteil des aufgefangenen Wassers mit entsprechenden baulichen Ergänzungen auch genutzt oder (nachgeschaltet) versickert werden.

In den letzten Jahren hat sich das Einsatzgebiet von Rasengitterplatten ständig erweitert. Neben der bekannten Flächenversickerung mit Rasengitterplatten auf ebenen Flächen (Parkplätze, Zufahrten, Straßenbankette, Hofflächen etc.) werden hochbelastbare Rasengittersysteme im Zuge der technischen Weiterentwicklung von speziellen Kunststoff-Rasengitterplatten inzwischen auch auf geneigten Flächen bis 50° Neigung in einfacher Bauweise eingebaut. Neben der Erprobung im Feld und im Labor bedurfte es einer län-

geren Entwicklungszeit mit weiteren Optimierungen im System und einer intensiven fachtechnischen Begleitung während der Entwicklungsphase, um mit dem neu entwickelten System zur Ausführungsreife zu gelangen und dieses in das Spektrum der herkömmlichen Verbaumethoden einzugliedern. In jedem Einzelfall wird unter geotechnischer Planung geprüft, wie die Rasengitterplatten auf Beckenböschungen und -sohlen in langfristig wirksame Sicherungskonzepte integriert werden können. Die Vorteile liegen vor allem darin, dass trotz Verzicht auf Betonbauweisen steile Böschungen hergestellt werden können und damit der Flächenbedarf minimiert werden kann. Neben den geringen Einbaukosten und der schnellen und einfachen Bauweise kommt noch der landschaftsästhetische Aspekt hinzu: Die fertiggestellten Becken fügen sich durch flächenhafte Begrünung gut in ihre Umgebung ein. Außerdem wird durch flächenhafte Begrünung und Durchströmung der belebten Bodenzone das versickernde Wasser zusätzlich gereinigt.

2. Systemkomponenten

Geeignete Rasengitterplatten bestehen aus Low-Density-Polyethylen (LD-PE), welche ein geringes Gewicht ($< 10 \text{ kg/m}^2$) besitzen und zu $> 95 \%$ aus Recyclingmaterial hergestellt werden. HD-PE-Kunststoff neigt bei tieferen Temperaturen eher zu einer gewissen Sprödigkeit, weshalb dieses Material ungeeignet erscheint. Mit der Wiederverwertung von Altkunststoffen erfolgt somit ein wichtiger Beitrag zum Umweltschutz und der Ressourcenschonung. Ein wesentlicher Vorteil der Kunst-

stoffgitterplatten liegt darin begründet, dass das Verhältnis von Zwischenraumfläche zur gesamten Befestigungsfläche auf Grund der schmalen Wandstege > 90 % beträgt. Bei Betonrasengittern liegt dieses Verhältnis bei ≤ 50 %. Hieraus resultieren bei Kunststoffrasengittern ein geringes Eigengewicht sowie große Anteile an Zwischenraumflächen.

Spezielle Kunststoff-Gitterplatten (Typs E 50) besitzen Abmessungen von 330 x 330 mm mit 5 Reihen Gitterwaben à 5 Stück. Dabei wechseln sich quadratisch geformte Waben mit Waben mit bogenförmig verlaufenden Stegen ab, so dass Druck- und Zugbeanspruchungen optimal aufgenommen werden können. Die lichten Weiten der Gitterwaben betragen ca. 60 mm. Die quadratischen Gitterwaben werden an der Unterseite durch diagonal angeordnete Verbindungsstreben verstärkt. An zwei orthogonal zueinander stehenden Seiten der Gitterplatten befinden sich jeweils drei Rastnasen als Verbindungselement. Durch Eindrücken in die passenden Nuten an die Nachbarplatten sind die Platten durch festes Einrasten miteinander verbunden. Je nach Standort kann das Rasengitter durch Einfärben in bestimmte Farbtöne auch optisch an die Umgebung angepasst werden. Die technischen Eigenschaften der Gitterplatten sind in einer Übersicht aufgeführt (Tabelle 1).

Um den Gitterplattenverband exakt der Baugrubengeometrie anzupassen, werden Böschungswinkelelemente ($\leq 50^\circ$) an Böschungsfuß und -schulter sowie im Be-

reich von ggf. Zwischenbermen eingebaut (Bild 1). Mit einem v-förmigen Aufbau der Winkel im Querschnitt wird die Scherbeanspruchung der Rastnasen minimiert bzw. eliminiert. Für eine sofortige Begrünung bzw. ein zügiges Einwachsen in die Auflagefläche sind die Gitterplatten auch als vorbegrünte Variante erhältlich.

Für den dauerhaften Einsatz der Gitterplatten auf stärker geneigten Flächen müssen zusätzliche Befestigungselemente zur optimierten Verbundwirkung Rasengitterauflage/Boden eingebaut werden. Hier empfiehlt sich der Einbau von gerippten Rammnägeln aus korrosionsgeschütztem Bewehrungsstahl. Durch die Rippen des Stahltraggliedes wird eine lokale Verzahnung zwischen dem Stahl und dem Bodenmaterial erreicht, was eine optimale Kraftübertragung über eine kurze Verbundlänge ermöglicht. Die Dimensionierung von Nagellänge, Nageldurchmesser und Rasterabstand der Nägel wird dabei vom Planer auf das Bemessungskonzept mit den speziellen Randbedingungen ausgerichtet (Muster in Bild 2). Für die Befestigung des Nagels auf dem Gitterplattenverband werden spezielle Ankergitterplatten verwendet, bei denen an den Stegen der mittigen Gitterwabe halbrunde Kerben eingetieft sind, um ein saftes Aufliegen der am Stab angeschweißten Lasche zu ermöglichen. Durch den geländegleichen Abschluss sind die Nägel nach Verfüllung und Begrünung in der Regel nicht mehr sichtbar.

3. Eignungsprüfungen

Die Rasengitterplatten müssen einer Reihe von erforderlichen Laborprüfungen zur Untersuchung der Materialeigenschaften auf ihre langfristige Eignung in der Praxis hin unterzogen werden. Regelmäßige Eigenprüfungen vom Hersteller und Fremdprüfungen durch unabhängige Prüfinstitute werden schon vor der Weiterverarbeitung an Materialproben des angelieferten Rohstoffes vorgenommen, da schwankende Gehalte an produktionsbedingten Verunreinigungen (z. B. Fremdeinschlüsse wie Aluminium oder Papier) oder Lunker in Materialverdickungen sich negativ auf die technischen Eigenschaften auswirken können.

Besonders bei der Anwendung von Rasengittern auf geneigten Flächen sind für deren langfristige Funktionstüchtigkeit die besonderen Beanspruchungen auf Druck, Zug, Biegung und Sprödigkeit regelmäßig zu analysieren. Auch den unterschiedlichen Witterungseinflüssen sowie möglichen Auswirkungen auf die Umwelt durch die Aufbringung der Kunststoffgitter muss mit entsprechenden Eignungsprüfungen eine hohe Bedeutung zugemessen werden. Die Prüfungen basieren auf genormten DIN-Verfahren und stellen wesentlich härtere Randbedingungen dar als der spätere Einsatz in der Praxis.

In Bezug auf Druckfestigkeit und Tragfähigkeit werden die Rasengitterplatten nach der DIN EN 124: 1994 und der DIN

Tab. 1 | Technische Daten der Gitterplatten

Kennwerte	
Abmessungen [cm x cm]	33 x 33
Plattenhöhe [cm]	5
Wandstärke [mm]	ca. 5
Gittergröße [cm x cm]	6 x 6
Belastbarkeit [t/m ²]	350
Reißfestigkeit der Verbindungselemente (Rastnasen) [kN/lfm]	> 5
Verformung bei 40 kN Druck	> 2 %; entspricht > 2 mm
Druckfestigkeit [kN] nach DIN EN 124	> 75
Gewicht/Stck. [kg]	1,06
Gewicht/m ² [kg]	9,55
Anzahl pro m ² [Stck.]	9



Bild 1: Vorverlegen einer Rasengitterfläche mit Böschungswinkelelementen

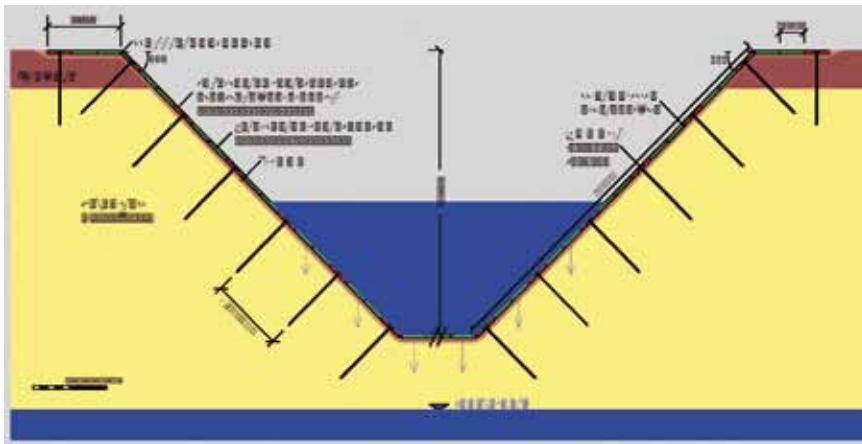


Bild 2: Querschnitt Einbau Rasengitter in Versickerungsbecken (Muster)

EN 1072: 1985 geprüft. Für eine möglichst realitätsnahe Prüfung ist bei Rasengittern die üblicherweise kleinflächige Belastung im Rahmen von Druckversuchen durch Fahrzeugreifen zu simulieren. In der DIN EN 124: 1994 „Aufsätze und Abdeckungen von Verkehrsflächen“ sind Verfahren zur Simulation der Reifenaufstandsfläche beschrieben. Für die vorliegende Plattengröße sind zylindrische Probekörper mit einem Durchmesser von 250 mm mit abgerundeten Kanten vorgeschrieben. Vom TÜV wurden Stauchversuche bis zu einer Last von 125 kN (Klasse B 125 nach DIN EN 124) oder bis zum instabilen Versagen (Plattenbeulen der Stege) durchgeführt

(Bild 3 links). Die Zwischenräume zwischen den Stegen waren bei den Versuchen nicht mit Erdreich verfüllt. In der Baupraxis sind die Zwischenräume verfüllt, so dass durch die anstützende Wirkung des (verdichteten) Füllmaterials noch höhere Werte erwartet werden. Der Nachweis für die Klasse B 125 (Pkw-Parkflächen und -decks, Gehwege, Fußgängerzonen und vergleichbare Flächen) wurde erbracht. Die DIN EN 1072: 1985 trifft Aussagen zu Belastungsannahmen für Verkehrslasten auf Brückenbauwerken und teilt die entsprechend zu dimensionierenden Brücken in Brückenklassen ein. Da Brückenbauwerke einer besonders



Bild 3: Laborprüfungen: Druckversuch in Gitterwabe (linke Bilder), Abscherprüfung an Rastnase (rechte Bilder)

hohen Prüfungs- und Wartungspflicht unterliegen, werden strenge Auflagen bezüglich der Belastungsannahmen mit den jeweils ungünstigsten Lastkonstellationen angesetzt. Die hierfür gültigen Lastklassen wurden vom TÜV auf die Prüfbelastung von Rasengitterplatten übertragen. Aus der vom TÜV ermittelten Druckfestigkeit und den aus der DIN EN 1072 entnommenen Lastaufstandsflächen für Räder von SLW 60 wurde die Achslast mit 28,63 t berechnet. Der Nachweis für die Anforderung bei einer Achslast von 20 t wurde somit erfüllt.

Zur Ermittlung der Biege- und Zugfestigkeiten wurden vom TÜV Versuche an den Rastnasen und damit an den schwächsten Stellen im System vorgenommen. Bei der Abscherprüfung wurde das Maximum der Scherkräfte kurz vor dem Abreißen ausgewertet (Bild 3 rechts). Die Zugfestigkeit pro Meter kann unter Berücksichtigung der Rastnasenanzahl über den Mittelwert der Zugfestigkeit der jeweils drei geprüften Rastnasen definiert werden. Es konnte eine Zugfestigkeit von 14,3 kN/lfm für den Typ E 50 ermittelt werden.

Zur Bewertung der Eignung für dauerhafte Freiluftanwendungen wurde der Einfluss von UV-Licht auf das Kunststoffgitter geprüft. Hierzu erfolgten Bewitterungsversuche nach EN ISO 4892 Teil 2 (Xenon-Test) mit einem Zyklus 102/18, bei dem jeweils nach 102 Minuten UV-Licht eine 18-minütige lichtfreie Beregnung stattfindet. Die Versuche liefen über 200 Stunden. Die bestrahlten Proben wiesen mit 14,3 N/mm² eine um ca. 14 % verminderte Zugfestigkeit, bzw. eine um ca. 13 % verringerte Reißdehnung gegenüber unbestrahlten Proben auf. Damit besteht ein geringer, aber tolerierbarer Einfluss von Sonnenlicht (UV) auf die Belastbarkeit der Gitterplatten. Es ist hierbei zu ergänzen, dass die Laborprüfungen härtere Randbedingungen darstellen als im eingebauten Zustand, da die Gitterplatten in allen gängigen Anwendungsmöglichkeiten zum großen Teil von Füllgut und Vegetation bedeckt sind und nicht direkt bestrahlt werden.

Zertifiziert wurde vom TÜV ebenfalls die Umweltverträglichkeit der Kunststoffgitterplatten. Mit speziellen in der DIN 38412 Teil 31: 1989 geregelten Testverfahren mit Wasserorganismen wurde nachgewiesen, dass die Gitterplatten bei Wasserkontakt keine toxischen Bestandteile absondern.

4. Systemmontage

Nach den Aushubarbeiten ist wie bei herkömmlichen Bauweisen eine Profilierung bzw. Egalisierung der Beckenböschungen notwendig. Auf das so vorbereitete Planum wird je nach Anwendungsziel entweder eine Auflage aus Boden definierter Stärke und Körnunggröße aufgebracht, oder das Rasengitter wird direkt auf dem Planum verlegt. Die Gitterwaben werden je nach erforderlicher Durchlässigkeit mit geeigneten Materialien verfüllt (Kapitel 5.1).

Anschließend erfolgt das Ausbringen des Saatgutes händisch oder maschinell. Für eine zügige Begrünung wird eine Standard-Kräuter- und Gräseramenmischung (RSM 5.1.1 oder 5.1.2) mit einer Ausbringungsmenge von mind. 20 g/m² empfohlen. Je nach Zielsetzung können auch andere geeignete Vegetationsgesellschaften zur Anwendung kommen.

Das Rasengitter wird seitlich des oberen Beckenrandes mit einem Überstand von mind. 1,00 m verlegt, um Unterläufigkeiten von zufließendem Oberflächenwasser unter dem Gitter zu minimieren. Sofern nicht ergänzende Bauweisen vorgesehen sind, wird das Rasengitter auch auf der Beckensohle vollflächig verlegt. Hiermit wird neben dem Erosionsschutz auf der Sohle eine anstützende Wirkung des auf den Böschungen verlegten Gitterplattenverbandes erreicht.

5. Anwendungsbeispiele

5.1. Versickerungsbecken am Bürogebäude The Squire am Flughafen Frankfurt/Main

Am Flughafen Frankfurt/Main wurde 2011 mit dem 660 m langen The Squire (syn. Airrail-Center) das größte Bürogebäude Deutschlands fertiggestellt. Die stark durchlässigen Sande und Kiese der pleistozänen Schotterterrassen des Mains auf der Baufläche stellen einen wichtigen Grundwasserleiter im dichtbesiedelten Rhein-Main-Gebiet dar. Bei einer Gebäudegrundfläche von rund 36.000 m² muss der Versickerung des von den Dachflächen aufgefangenen Niederschlagswassers daher eine hohe Bedeutung zugemessen werden. Die Rückführung des Wassers sollte grundsätzlich aus ökologischen, wasserwirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten und vor dem Hintergrund der Minimierung des Verschmutzungspotenzials durch kurze Transportwege möglichst nahe am Ort des Anfalls erfolgen.

Auf Grund des geringen Platzangebotes im Bereich der dichten Bebauung von The Squire zwischen der Autobahn A 3 und der Bundesstraße B 43 sollte auch die Flächenbeanspruchung für eine optimale Versickerung möglichst gering gehalten werden. Zur Ausführung gelangte ein Versickerungsbauwerk mit hintereinander gestaffelten Teilbecken, dessen Beckenböschungen und -sohle in weiten Teilen aus Rasengitterplatten bestehen (Bild 4). Die bis 1:1,5 geneigten Sand-Kies-Böschungen sind mit Rasengitterplatten und Rammnägeln gesichert. Von dem verfüllten und begrüntem Rasengittersystem wird neben dem Erosionsschutz der leicht erodierbaren Böschungsoberfläche die effektive Versickerung des Wassers in den Boden sichergestellt. Auf das Planum wurde eine 10 cm mächtige Auflage aus Mittelsand aufgebracht, die als mineralische Filterschicht wirken soll.

Generell ist die Untergrundbeschaffenheit und die Wasserdurchlässigkeit des anstehenden Bodens maßgebend für die Funktionsfähigkeit von Versickerungsbecken. Ein Durchlässigkeitsbeiwert von ca. $k_f = 10^{-6}$ m/s stellt erfahrungsgemäß die untere Grenze für eine langfristige Funktionstüchtigkeit von Versickerungsbecken dar. Die Filterschicht aus filterstabilem Material muss auf den Untergrund abgestimmt werden. Als Faustregel kann für die Filterschicht ein um 1 bis 2 Zehnerpotenzen größerer k_f -Wert als der anstehende Boden angenommen werden. Neben den gängigen Filterregeln bezüglich der zu verwendenden Korngrößen sollte je nach hydraulischer Gradienten und dynamischer Beanspruchung auch die Schichtdicke entsprechend dimensioniert werden, um mechanische und hydraulische Filterwirksamkeit langfristig zu erhalten.



Bild 4: Versickerungsbecken in der Bauphase, The Squire Flughafen Frankfurt/Main

5.2. Regenrückhaltebecken in Arzberg

Im Bereich eines Werkgeländes in Arzberg im Fichtelgebirge wird das gesamte Niederschlagswasser, das nicht bereits flächenhaft auf dem Werksgelände selbst versickert wird, über ein Entwässerungssystem in Richtung Flitterbachtal abgeleitet. Am Auslauf der Hauptentwässerung wurde ein Regenrückhaltebecken zur Zwischenspeicherung und Entlastung der Vorflut während niederschlagsreicher Perioden errichtet (**Bild 5**). Das Gelände befindet sich in einem Hangbereich, in dem Auf- bzw. Anschüttungen mit bindigem Aushubmaterial vorgenommen wurden. Auf der hangseitigen höheren Böschung wurde eine 1,50 m breite Berme zur Verringerung der Generalneigung und zur Erhöhung der globalen Standsicherheit eingebaut. Außerdem dient die Berme zu Unterhaltungszwecken des Beckens. Die Einzelböschungen wurden mit 30° Neigung hergestellt und mit rückvernagelten Rasengitterplatten gesichert. Schließlich wurden die Gitterwaben mit einem lockeren Gemisch aus Sand, Feinkies, Humus und Mutterboden verfüllt, auf das Gebrauchsrasen-Saatgut flächig aufgebracht wurde. Das Becken besteht in Bereichen höherer hydraulischer Beanspruchung (Auslaufbauwerk und Beckensohle) aus vermörteltem Hartsteinpflasterverband. Das Hartsteinpflaster auf der Sohle dient dem Rasengitter als Fußsicherung.

Zur Überprüfung von Durchwurzelungstiefe und allgemeiner Funktionstüchtigkeit wurde das Rückhaltebecken nach über vierjähriger Betriebsdauer geotechnisch begutachtet. Es wurde eine vollständige und recht gleichmäßige Begrünung des gesamten Rasengitterverbandes unabhängig von Beckentiefe, Böschungsexposition und -neigung festgestellt. Die Gitterwaben waren hinsichtlich der Verfüllungshöhe im Durchschnitt zu 90 % verfüllt.

Mittels Schürfgruben wurden tonige, schwach sandige und steife Schluffe mit Glimmerschiefer-Bruchstücken im Untergrund nachgewiesen. Eine Versickerungsfähigkeit von zeitweilig eingestautem Wasser dürfte auf Grund des bindigen Untergrundes nur sehr bedingt gegeben sein. Anhand einzelner aus dem Verband ausgeschnittener Gitterplatten und einfacher Zugversuche mit der Hand zeigte sich, dass die Wurzeln der Gräser und Kräuter ein weitverzweigtes, dichtes und zugfestes Flechtwerk bis 20 cm Tiefe ausgebildet haben. Gezogene Rundeisen-



Bild 5: Regenrückhaltebecken, Betriebsgelände in Arzberg

Befestigungselemente mit rohem und gerippten Profil mit 10 mm Durchmesser wiesen Abrostungserscheinungen vor allem im Bereich der Rippen auf. Hier wird für eine dauerhafte Funktionstüchtigkeit wie oben beschrieben der Einsatz von korrosionsgeschützten T-Nägeln mit größerem Nageldurchmesser empfohlen. Während dem Rasengittersystem damit insgesamt die Praxistauglichkeit bescheinigt werden kann, konnten in dem Hartsteinpflasterverband bereichsweise größere Schäden durch Frosteinwirkungen bedingt durch die rauen klimatischen Bedingungen im Fichtelgebirge registriert werden.

6. Ausblick

In jedem Einzelfall ist sorgfältig abzuwägen, welches Entwässerungskonzept in Bezug auf die Niederschlagsversickerung bzw. welches Wasserrückhaltekonzept ggf. mit Versickerungsoption wirtschaftlich, technisch, wasserwirtschaftlich und ökologisch sinnvoll ist. Oft kann der Einsatz von Rasengittersystemen in Versickerungs- und Regenrückhaltebecken durch seine Vorteile gegenüber herkömmlichen Verbaumethoden in Teilbereichen oder als Komplettsystem eine geeignete Anwendungsmöglichkeit bieten. Geringes Gewicht, einfache und schnelle Einbauweise und hieraus resultierende Kosteneinsparungen,

Wiederverwertung recycelter Kunststoffe im Sinne nachhaltigen Wirtschaftens und naturnahe Optik sind hier besonders hervorzuheben. Der Gefahr der Verschlickung und Verdichtung der Oberfläche vor allem bei Dauereinstau muss wie bei anderen Systemen mit einem gewissen Unterhaltungsaufwand begegnet werden. Durch Vorschaltung von Absetzräumen und Schmutzfängern oder den Einbau von Schiebervorrichtungen, u. a. gängigen Anlagenteilen kann das Verschmutzungspotenzial effektiv vermindert werden.

Autoren

Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. Johannes Feuerbach
beratender Ingenieurgeologe

Dr. rer. nat. Dipl.-Geol. Manuel Lauterbach
beratender Ingenieurgeologe
geo-international Dr. J. Feuerbach GmbH
Mombacher Str. 49-53
D-55122 Mainz
E-Mail: feuerbach@geo-international.info
E-Mail: lauterbach@geo-international.info