

Hydrologische Modellierung von Gründächern

Harald Sommer¹, Livius Hausner¹, Dominik Gößner² und
Tobias Klinger²

¹Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, D-15366 Hoppegarten

²Optigrün international AG, D-72505 Krauchenwies-Göggingen

Kurzfassung:

Innerstädtische Gebiete werden zunehmend hochverdichtet gebaut. Dies führt zu immer mehr Abflüssen, die auf den Grundstücken zurückgehalten werden müssen.

Für ein typisches innerstädtisches Entwicklungsgebiet mit hohem Versiegelungsgrad inklusive Tiefgaragen wurde daher ein Entwässerungskonzept erstellt, welches zeigt, dass ein vollständiges Regenwassermanagement auf dem Grundstück möglich ist.

Das Konzept besteht aus kombinierten Anlagen zum Regenwassermanagement (Gründächer, Rigolen). Eine hydrologische Langzeitsimulation zeigt, dass die Wasserbilanz auf dem Grundstück verbessert wird, sowie der Hochwasserschutz auf dem Grundstück für einen 30- und ein 100-jährlichen Bemessungsregen sichergestellt werden kann.

Key-Words: Gründach, Retention, Wasserhaushalt, Überflutungsschutz, Hochwasserschutz, Verdunstung

1 Veranlassung

Neubauvorhaben werden in innerstädtischen Quartieren meist in Verbindung mit Tiefgaragen geplant. Dies führt oft zu einem Versiegelungsgrad

von mehr als 90% des gesamten Geländes. Auf den Tiefgaragen ist in der Regel eine intensive Dachbegrünung bzw. Dachgarten vorgesehen. Für diese Bauvorhaben werden meist nur geringe oder keine Einleitmengen in den öffentlichen Regenwasserkanal gestattet. Um die geforderten Einleitmengen zu gewährleisten, kann zur Abflussverminderung ein Retentionsdach mit statischer oder dynamischer Drosselung des Abflusses (Beispiel Fa. Optigrün international AG) geplant werden. Das Regenwasser wird dabei in Kunststoff Retentionsboxen unter dem intensiven Gründach zurückgehalten. Ein Teil dieses zurückgehaltenen Regenwassers kann über die Vegetation direkt wieder zur Verdunstung gebracht werden, während der restliche Drainageabfluss gedrosselt in den öffentlichen Regenwasserkanal geleitet oder direkt auf dem Grundstück versickert wird.

Da in der Regel noch zusätzliche Flächen in Kunststoffrigolen unter das Gründach geleitet und darüber entwässert werden, ist eine vereinfachte Berechnung mit Abflussbildungsparametern nach DIN bzw. DWA nicht ausreichend. Daher sollte eine Langzeitsimulation des Abflussverhaltens der gekoppelten Regenwasserbewirtschaftungselemente durchgeführt werden. Ziel ist es, die Wasserbilanz zu ermitteln und den Nachweis zur Einhaltung der erlaubten Abflüsse zu führen. Weiterhin ermöglicht die Langzeitsimulation eine Quantifizierung der Verdunstung, wodurch Rückschlüsse auf eine erzielbare Klimaverbesserung gezogen werden können.

2 Regenentwässerungsanlagen bei Dachbegrünungen Regelwerke und Geltungsbereiche

Bei der Planung und Ausführung von Dachbegrünungen müssen die Anforderungen der aktuellen FLL Dachbegrünungsrichtlinie 2008 eingehalten werden. Die Dachbegrünungsrichtlinie gilt für Intensiv- sowie Extensivbegrünungen.

Die zugehörigen Regenentwässerungsanlagen müssen gemäß DIN EN 12056-3 „Schwerkraftentwässerungsanlagen innerhalb von Gebäuden - Dachentwässerung, Planung und Bemessung“ aus dem Jahr 2001 und

der DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke“ (2016) geplant und ausgeführt werden.

Die Entwässerung von Dachbegrünungen muss durch den Schichtaufbau und über die Oberfläche sichergestellt sein. Gemäß der Dachbegrünungsrichtlinie können für Dachbegrünungen folgende Formen der Entwässerung unterschieden werden: ¹

- Entwässerung innerhalb der Vegetationsfläche
- Entwässerung außerhalb der Vegetationsfläche
- Getrennte Entwässerung von begrünten und vegetationsfreien Flächen

Dabei kann die Regenentwässerung über Freispiegelsysteme oder vollgefüllt betriebene Regenwasserleitungen mit Druckströmung erfolgen.¹

Die Entwässerungseinrichtungen (z.B.: Dachabläufe, Notüberläufe, Wasserspeicher) müssen das Oberflächenwasser der Vegetationsschicht sowie das Wasser aus der Drainschicht sicher ableiten können. Ein Zugang zu den Entwässerungseinrichtungen muss jederzeit gewährleistet werden.

3 Aufbau hydrologisches Modell für die Modellierung von Gründächern

Die Berechnungen wurden mit der Software STORM.XXL (Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH) für die Niederschlags-Abfluss-Modellierung von verschiedenen Projekten, die Gründächer beinhalten, verwendet. Das hydrologische Modell unterscheidet hierbei grundsätzlich die Abflussbildung versiegelter und unversiegelter (natürlicher) Flächen. Im Gegensatz zu versiegelten Flächen wird die Abflussbildung

¹ IZEG Informationszentrum Entwässerungstechnik Guss e.V., Technische Informationen, Planung und Ausführung von Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke, 2012

natürlicher Flächen durch einen Bodenwasserhaushaltsansatz berechnet, der die Infiltration und Verdunstung sowie die Abflusskonzentration berücksichtigt. In diesem Fall wird das Substrat der Vegetationsschicht als Bodenspeicher betrachtet, welcher sich aus mehreren Schichten zusammensetzen kann. Als Eingangsdaten werden Niederschlag, Temperatur, potenzielle Evapotranspiration, Bodentyp sowie Landnutzung verwendet.

Mit der Software STORM.XXL wurden folgende Punkte berücksichtigt:

- Komplexe gekoppelte Flächen und Regenwasserbewirtschaftungssysteme,
- Bodenfeuchte für natürliche Flächen, Gründächer und Versickerungsanlagen in verschiedenen Boden- oder Substratschichten,
- Kapillarer Aufstieg im Bodenkörper,
- Verdunstung im Boden und durch Pflanzen.

Ergebnisse sind Wasserbilanzen und Abflüsse unter Berücksichtigung von realen und virtuellen Regenereignissen (Modellregen, Langzeitsimulation und Seriensimulation).

Verwendete Eingabeparameter sind:

- Meteorologische Daten (Temperatur, Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer, Feuchtigkeit, geographische Breite), als Tagesdaten oder, wenn möglich, als stündliche Daten,
- Niederschlagsdaten (vorzugsweise 5-Minuten-Daten),
- Substrat Parameter für künstliche Substrate auf Gründächern,
- Retentionsspeichervolumina von verschiedenen Dachtypen,
- Wurzeltiefe und Kapillaraufstieg für die Pflanzenaufnahme
- Evapotranspiration.

4 Anwendungsbeispiel Berlin Rummelsburg

Rund um die Rummelsburger Bucht, eine Ausbuchtung der Spree im Osten Berlins, entstand Mitte der 90er Jahre im Auftrag des Landes Berlin eines der attraktivsten Neubaugebiete von Berlin (Projekt der EXPO 2000). Das Gebiet liegt im Bezirk Friedrichshain und Lichtenberg umfasst ein ca. 130 ha großes Areal als Erholungs-, Wohn- und Arbeitsstandort. Die Einleitung sollte direkt in das Gewässer erfolgen. Dem stand die nicht befriedigende Wasserqualität in der Rummelsburger Bucht/ dem Rummelsburger See gegenüber. Die Ursache lag u.a. in der Einleitung von unbehandeltem Regenwasser aus dem ca. 22 km² großem Einzugsgebiet des Marzahn-Hohenschönhauser Grenzgraben, und dem ca. 9 km² großem Einzugsgebiet des Ruschegrabens, die einen großen Anteil Niederschlagswasser aus den Stadtteilen Lichtenberg, Marzahn und Hohenschönhausen entwässern. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines Konzeptes für die Entwässerung des Entwicklungsgebietes Rummelsburger Bucht, das weitgehend auf eine Ableitung verzichtet und die Schmutzfrachtbelastung des Rummelsburger Sees und der Spree durch weitgehende Reinigung minimiert.

Trotz der hohen Anzahl an Freiflächen im Gesamtgebiet gab es Baublöcke die mit 6-8 geschossigen Häusern mit Tiefgarage bebaut wurden. Dadurch wurden ca. 90% der Fläche überbaut. Eine reine Versickerung war somit nicht möglich.



Abbildung 1: Luftbild Rummelsburg, hochverdichtete Mehrgeschossbauten [Quelle: Büro Sieker]

Daher wurden im Zuge der Umsetzung von Ausgleichsmaßnahmen extensive und intensive Dachbegrünungen (als Dachgärten) geplant und erstellt, welche das Niederschlagswasser so lange zurückhalten und den Pflanzen zur Verfügung stellen, dass nur das überschüssige und nicht verwendete Wasser auf den Grundstücken über nachgeschaltete kleine Muldenflächen versickert und damit auf den Kanalanschluß doch noch verzichtet werden konnte. Der Nachweis der Funktionsfähigkeit erfolgte mittels Langzeitsimulation mit dem hydrologischen Modell MURISIM (heute STORM) unter Hinzunahme der klimatischen Daten.

Das auf Abbildung 2 gezeigte Bauprojekt mit einer Kopplung aus extensiven und intensiven Dachbegrünungen besteht seit 20 Jahren. Bislang ist keine Funktionsstörung oder Havarie verursacht worden.

- konnte somit ein großer Teil der Niederschlagsabflüsse von den versiegelten Flächen weitgehend zurückgehalten und bewirtschaftet werden.

5 Anwendungsbeispiel Offenbach Goethequartier



Abbildung 3: Übersicht des Bauvorhabens Goethequartier [Quelle: <http://www.wohnkompanie.de/projekte/offenbach/goethequartier-offenbach.html>, Stand 24.05.2017]

Für ein B-Plangebiet, das Goethequartier in Offenbach (Abbildung 3), wurde das Regenwasserkonzept dieses Quartiers in Zusammenarbeit der Firmen Sieker und Optigrün mit dem Wasserhaushaltsmodell RWS 4.0 (basierend auf der Software STORM.XXL) abgebildet. Dieses Konzept stellt eine Weiterentwicklung der in Berlin Rummelsburg umgesetzten Regenwasserplanung dar. Es beinhaltet auch unterschiedlichste Regenwasserbewirtschaftungselemente wie extensive Gründächer, intensive Gründächer mit Retention, die vor 20 Jahren noch nicht zur Verfügung standen, und Füllkörperrigolen im Planbereich. Die zuständige Stadtentwässerung hatte Bedenken bzgl. des Winterbetriebs (wenig Verdunstung im vorgesättigten Zustand) sowie bei Starkregenereignissen. Daher wurde eine Langzeitsimulation der Gründächer des Goethequartiers zur Überprüfung des Abflussverhaltens mit nachgeschalteter Versickerung durchgeführt. Ziel der Langzeitsimulation war es, unter Berücksichtigung der örtlichen Rahmenbedingungen, eine Abbildung des Abflussverhaltens der geplanten Gründächer zu ermöglichen.

Die modelltechnische Abbildung der Bewirtschaftungskonzepte von Planungsgebieten wurde inzwischen in verschiedenen Projekten angewandt

und bietet eine Sicherheit für die Planung und Umsetzung komplexer Regenentwässerungssysteme im innerstädtischen Raum.

5.1 Angaben zum Entwässerungskonzept

Dachflächen

Die Dächer der Gebäude werden extensiv begrünt, sodass hier bereits eine Retention des Niederschlagswassers und eine erhöhte Verdunstung erreicht werden kann. Der Drainagekörper soll aus dem Speicherelement FKD 25 (Firma Optigrün international AG) mit einer Drainschichtdicke von 2,5 cm und Mäander 30 mit einer Dränschichtdicke von 3 cm (Firma Optigrün international AG) bestehen. In Teilbereichen wird es Dachterrassen geben. Weiterhin besitzen alle Häuser Balkonflächen.

Tiefgaragendächer

Unter dem Innenhof im Planungsgebiet liegen insgesamt 2 Tiefgaragen. Der erste Tiefgaragenbereich besitzt eine Mindesterdüberdeckung i. M. von 0,8 m. Der zweite Tiefgaragenbereich besitzt eine Mindesterdüberdeckung i. M. von 1,8 m. Als Drainagekörper unterhalb des ersten Tiefgaragenbereiches wurde die Wasserretentionsbox WRB 150 (Firma Optigrün international AG) mit einer Drainschichtdicke von 15 cm und einem Daueranstau von 5 cm vorgesehen. Der Drainagekörper unterhalb des zweiten Tiefgaragenbereiches besteht aus der Wasserretentionsbox WRB 150 (Firma Optigrün international AG) und einer zusätzlichen Wasserretentionsbox WRB 85v (Firma Optigrün international AG), um die erforderlichen Rückhaltekapazitäten zur Verfügung zu stellen. Die Drainageschicht besitzt insgesamt eine Höhe von 23,5 cm und einen Daueranstau von 5 cm. Durch die intensive Begrünung und insbesondere durch den Dauerstau in der Wasserretentionsbox und der damit verbundenen höheren Verdunstungsrate soll der Abfluss vom Tiefgaragendach erheblich reduziert werden. Die Verdunstung wird durch die verstärkte Begrünung und die in den Retentionsboxen eingesetzte Kapillarsäulen bedeutend erhöht. Die patentierten Kapillarsäulen sorgen dafür, dass das zurückgehaltene Regenwasser in die Substratzone aufsteigt und über tief wurzelnde Pflanzen direkt an Ort und Stelle verdunstet.

Für die beiden intensiven Gründächer (Substratstärke 80 cm und 180 cm), die mit einer Drosselspende von 10 l/s*ha entwässern, wurde im östlichen Bereich des Goethequartiers, welches keine Tiefgarage besitzt, eine Füllkörperrigole angeordnet, um die Abflussspende und Überläufe der Gründächer zwischenzuspeichern und zu versickern. Für diese wurde ebenfalls das benötigte Speichervolumen mittels Langzeitsimulation ermittelt. Die Ausweisung des Speichervolumens erfolgte für eine Wiederkehrzeit von 100 Jahren, da die Fläche eine Überbauung von >70 % besitzt und daher nach DIN 1986-100 ein Nachweis des Überflutungsschutzes für einen 100-jährlichen Niederschlag erfolgen muss.

5.2 Berechnungsgrundlagen und Modell

Im Modell wurden alle Flächen und Versiegelungsarten sowie die Regenwasserbewirtschaftungselemente abgebildet (Abbildung 4).

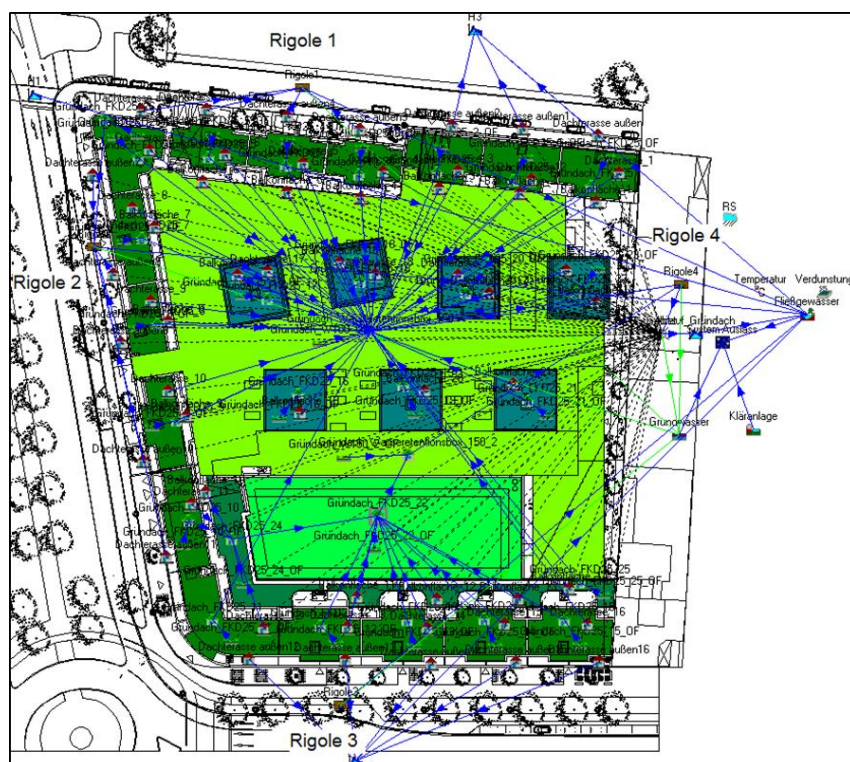


Abbildung 4: Modelltechnische Abbildung mit dem Wasserhaushaltsmodell RWS 4.0 basierend auf der Software STORM.XXL [Quelle: eigene Darstellung]

5.3 Ergebnisse und Diskussion

Die Simulation erfolgte mit dem hydrologischen Modell STORM. Mit diesem Modell wurden mehrere Szenarien berechnet, welche die vollständige Rückhaltung auf dem Grundstück oder die gedrosselte Einleitung in die öffentliche Kanalisation betrachten:

1. Berücksichtigung von 30- jährlichen, 100-jährlichen Modellregen und Langzeitsimulation mit extensivem Gründach (FKD 25) und intensivem Gründach mit Wasserretentionsboxen welche in Füllkörperrigolen entwässern.
2. Berücksichtigung von 30- jährlichen, 100-jährlichen Modellregen und Langzeitsimulation mit extensivem Gründach (FKD 25) und intensivem Gründach mit Wasserretentionsboxen welche in den öffentlichen Regenwasserkanal entwässern

KOSTRA Niederschlagsdaten aus Deutschland wurden für die Erstellung des „endbetonten“ Modellregens verwendet. Die Langzeitsimulation wurde mit einer 10-jährigen Niederschlagsreihe durchgeführt.

Die Modellierung hat gezeigt, dass bei beiden Szenarien (Langzeitsimulation und Modellregen) das Niederschlagswasser auf dem Grundstück zurückgehalten werden können. Das wichtigste Ergebnis aber war, dass das intensive grüne Dach als zentrales Drainage- und Speicherlement genutzt werden kann. Mit diesem zentralen Element kann die Sicherheit für Überschwemmungen für einen 30- und 100-jährigen Niederschlag erreicht werden.

Gegenüber einer konventionellen Entwässerung ist die Retention des Niederschlags durch die Gründächer wesentlich höher. Folglich nimmt die Verdunstungsleistung deutlich zu und es kommen nur geringe Mengen zum Abfluss in die Füllkörperrigolen (Abbildung 5).

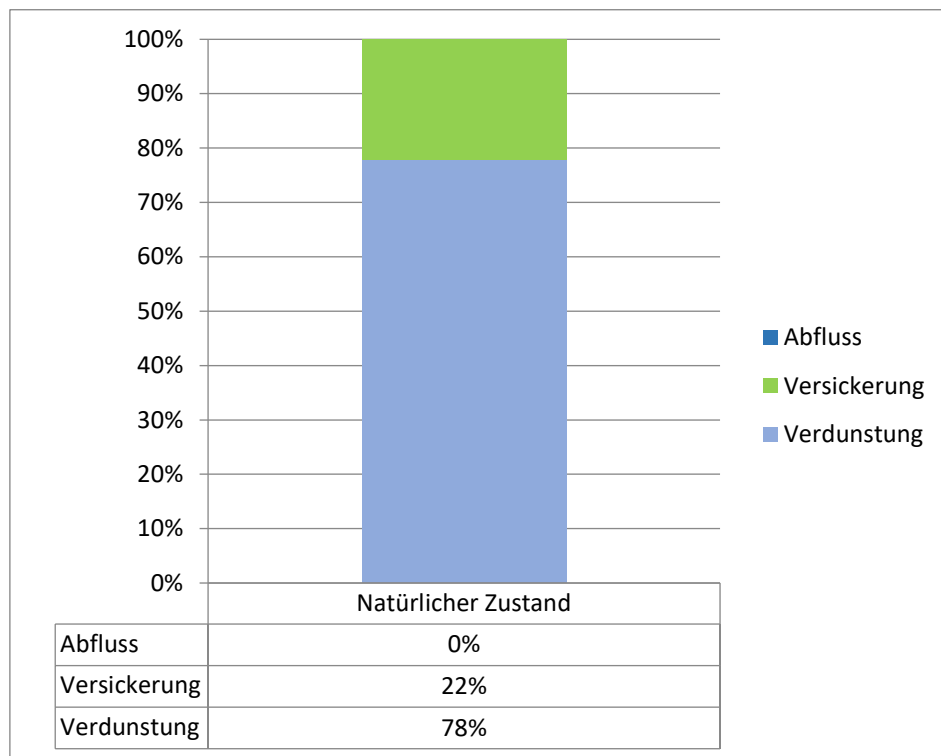


Abbildung 5: Wasserbilanz Goethequartier mit Dach Retention [Quelle: eigene Darstellung]

In den Modellparametern gibt es noch Unsicherheiten. Eine Unsicherheit ist die Aufnahme von Wasser durch Pflanzen aus extensiven Gründächern. Besonders die Evapotranspiration auf tief und hoch gelegenen Gründächern kann sehr unterschiedlich sein. Relevante Modellparameter sind die Temperatur- und Windgeschwindigkeit. Normalerweise sind keine Vor-Ort-Messungen vorhanden, daher müssen repräsentative Parameter für das Gebiet ausgewählt werden (z.B. dwd.de). Eine weitere Unsicherheit ist die Wasseraufnahme durch die Pflanze selbst und ihr Verhalten unter verschiedenen Bedingungen während des ganzen Jahres. Um diese Parameter zu bestimmen sind noch Untersuchungen und Studien notwendig, welche sich zum Teil bereits in der Durchführung befinden. Bis dato wird hinsichtlich der verdunstungswirksamen Fläche nur die Oberfläche des Substrates/Oberbodens angesetzt. Die Vegetation kann durch eine frei wählbare Interzeptionsgröße berücksichtigt werden. Die an Blattflächen stattfindende Transpiration, welche eine wesentlich größere Oberfläche im direkten Vergleich zur reinen Substratoberfläche aufweist, wird nicht mit einbezogen. Folglich ist es möglich, dass auf-

grund der nicht ausreichenden Berücksichtigung der Vegetation, real höhere Verdunstungsraten auftreten als berechnet.

Die Kontrolle des Abflusses von Gründächern mit spezifischen Drosselöffnungen ist besser als bei konventionellen Gründächern ohne bestimmte Drosseln.

6 Schlussfolgerung

Mittels kombinierter Regenwasserbewirtschaftung in hochverdichteten und hochversiegelten innerstädtischen Quartieren kann insbesondere mit Retentionsdächern der Drosselablauf so weit verringert werden, dass das restliche Niederschlagswasser auf dem Grundstück bewirtschaftet werden kann. Auch kontrollierte Einleitmengen nach Vorgabe des Wasserentsorgers und der Überflutungsschutz auf dem Grundstück nach DIN 1986-100 sind damit möglich.

Überschüssiges Wasser kann bei ausreichenden kf-Werten versickert und dem Grundwasser zugeführt werden. Die Alternative, eine Verbindung zum öffentlichen Regenwasserkanal, ist oft teurer.

Bei den klimatischen Faktoren bestehen noch Unsicherheiten, da die Einzeldachspezifischen Daten meist nicht zur Verfügung stehen. Hier sind noch weitere Kalibrierungen notwendig, die anhand laufender Modellprojekte durchgeführt werden. Insgesamt bietet die Simulation bereits jetzt eine sehr gute Möglichkeit die Funktion und Wirkung insbesondere der Gründächer abzubilden und nachzuweisen.

Das System kann auf andere ähnliche Planungsgebiete in Deutschland und insbesondere in Asien angewendet werden und eignet sich besonders für hochversiegelte Innenstadtgebiete. Erfahrungen mit Studien für komplexe asiatische Wohngebiete ähnlicher Bauart, aber höherer Gesamtfläche führen zu den gleichen Ergebnissen. Durch geringe Infiltrationsraten ist dort eine gedrosselte Verbindung zu einem Regenwasserkanal erforderlich.

7 Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei den Projektentwicklern für die Unterstützung.

8 Literatur

DIN 1986-100 (2016). Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und 12056, DIN Deutsches Institut für Normung

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

FLL (2008). Dachbegrünungsrichtlinie, Empfehlungen für die Planung, Ausführung und Pflege von Gründächern, Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

STORM.XXL (2016). Version des Programms für die Fa. Optigrün: RWS 4.0, Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH, Hoppegarten

Bericht Planung Goethequartier Offenbach (2016). unveröffentlicht

Korrespondenz an:

Dr.-Ing. Harald Sommer
Rennbahnallee 109A
15366 Hoppegarten
Tel.: +493342 359516
Fax: +493342 359529
Email: h.sommer@sieker.de