



Entwicklung einer Hamburger Gründachstrategie

Wissenschaftliche Begleitung –
Wasserwirtschaft & Übertragbarkeit

Michael Richter
Wolfgang Dickhaut

HCU

HafenCity Universität
Hamburg

Universität für Baukunst
und Metropolenentwicklung

Michael Richter, Wolfgang Dickhaut:

Entwicklung einer Hamburger Gründachstrategie

Wissenschaftliche Begleitung – Wasserwirtschaft & Übertragbarkeit

Hamburg: HafenCity Universität Hamburg, 2018

ISBN 978-3-941722-88-0

Der Beitrag entstand im Rahmen des Arbeitsschwerpunkts „Wissenschaftlich Begleiten“ des Vorhabens „DAS: Entwicklung einer Hamburger Gründachstrategie - Prozessmanagement und Implementierung eines strategischen Konzeptes.“ in Zusammenarbeit mit der Behörde für Umwelt und Energie Hamburg



Gefördert durch:



Das Projekt „DAS: Entwicklung einer Hamburger Gründachstrategie - Prozessmanagement und Implementierung eines strategischen Konzeptes.“ wurde vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit im Rahmen des Förderprogramms für Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel von November 2014 bis Oktober 2017 unter dem Förderkennzeichen 03DAS032B gefördert.

Impressum:

© HafenCity Universität Hamburg, 2019

HafenCity Universität Hamburg
Überseeallee 16
20457 Hamburg

Textgestaltung, Umschlag: Patricia Dreifus Zaluski
Coverfoto: Michael Richter

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt.
Sie darf ohne vorherige Genehmigung der Autoren/
Herausgeber nicht vervielfältigt werden.

Entwicklung
einer Hamburger
Gründachstrategie
Wissenschaftliche Begleitung –
Wasserwirtschaft & Übertragbarkeit

Michael Richter
Wolfgang Dickhaut

HCU

HafenCity Universität
Hamburg

Universität für Baukunst
und Metropolenentwicklung

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	6
1.1	Anlass & Gesamtzielsetzung	6
1.2	Einbettung in das Gesamtprojekt	7
2.	Problemstellung, Zielsetzung und Methoden	8
2.1	Wasserwirtschaft	8
2.2	Übertragbarkeit von Instrumenten	9
3.	Einzelergebnisse Arbeitspakete	11
3.1	Wasserwirtschaftliche Wirksamkeit von Gründächern	11
3.1.1	Niederschlags- und Abflussmessungen in Hamburg	15
3.1.1.1	Beschreibungen der Gründachtypen und Messtechnik	15
3.1.1.2	Messergebnisse	20
3.1.2	Aufbereitung Literaturdaten Wasserwirtschaft	29
3.1.3	Schlussfolgerungen/Ableitung technischer Konsequenzen	31
3.1.4	Entwicklung Leitfaden Entwässerungsplanung	32
3.1.4.1	Allgemeines	32
3.1.4.2	Gesetze und Regelwerke	33
3.1.4.3	Vorgehen bei Einleitung von Niederschlagswasser	35

3.2 Übertragbarkeit	39
3.2.1 Beschreibung und Evaluierung der Instrumente	39
3.2.1.1 Ziele	39
3.2.1.2 Vorgehensweise/Methodik	39
3.2.1.3 Gründachfläche Hamburgs	40
3.2.1.4 Bauleitplanung	40
3.2.1.5 Gründachverordnung	44
3.2.1.6 Gesplittete Abwassergebühr	45
3.2.1.7 Förderprogramm	48
3.2.1.8 Öffentlichkeitsarbeit	50
3.2.1.9 Naturschutzfachlicher Ausgleich	51
3.2.1.10 Umweltpartnerschaft Hamburg	53
3.2.1.11 Gesamt-Fazit	54
3.2.2 Schlussfolgerungen hinsichtlich Übertragbarkeit	55
4. Zusammenfassung und Ausblick	56
5. Quellen	58
5.1 Literatur	58
5.2 Normen & Richtlinien	59
6. Anhang	60
6.1 Literaturliste wasserwirtschaftl. Wirksamkeit Dachbegrünungen	60

1. Einleitung

1.1. Anlass & Gesamtzielsetzung

Städte weisen aufgrund hoher Versiegelungsgrade und Bebauungsdichten veränderte wasserwirtschaftliche und klimatische Bedingungen gegenüber dem Umland auf. Da weniger Niederschlagswasser auf natürliche Weise versickern und verdunsten kann und stattdessen meist direkt in die Kanalisation eingeleitet wird ist der natürliche Wasserkreislauf gestört. Durch die schnelle Ableitung von Niederschlagswässern von Dächern, Straßen und anderen versiegelten Flächen kommt es bei Starkregenereignissen häufig zur Überlastung von Kanalisationen und somit zu oberflächlichen Überschwemmungen innerstädtischer Flächen mit teilweise erheblichen Schäden. Außerdem heizen sich versiegelte Flächen tagsüber auf und geben nachts Wärmestrahlung ab, wodurch es zum sogenannten städtischen Wärmeinseleffekt kommt. Im Gegensatz zum Umland kommt es in Städten aufgrund von weniger Vegetation zu geringerer Verdunstungskühlung, die dem Wärmeinseleffekt entgegen wirken könnte.

Mit dem Klimawandel könnten diese Effekte in Städten noch verstärkt auftreten, da es zu häufigeren und intensiveren Starkregen sowie häufigeren und längeren Hitzeperioden kommen kann. Diesen Auswirkungen kann durch geeignete (Klimawandelanpassungs-)Maßnahmen entgegengesteuert werden, wobei Gebäudebegrünungen ein

Beispiel für solche Maßnahme darstellen. Außerdem kommen auf Städte mit zunehmender Verdichtung, u.a. aufgrund des Bevölkerungswachstums, weitere Herausforderungen zu. Dazu gehört auch ein zunehmender Mangel an Frei-, Grün- und Erholungsräumen, dem unter Umständen mit dem Bau nutzbarer Dachbegrünungen entgegengewirkt werden kann.

Gründächer bieten eine ganze Reihe ökologischer und ökonomischer Vorteile gegenüber konventionellen Dächern. Durch Ihre thermischen Eigenschaften, wie beispielsweise Verschattung der Dachhaut und Verdunstungskühlung, tragen Sie zur Reduzierung des städtischen Wärmeinseleffektes bei. Weiterhin wird durch Gründächer Lärm reduziert, Schadstoffe werden aus der Luft gefiltert und bisher ungenutzte Freiräume können erschlossen werden. Gründächer können in Ballungsgebieten teilweise verloren gegangene Funktionen natürlicher Habitats oder Trittsteinbiotope übernehmen und somit zur Erhöhung der Biodiversität beitragen. Im Fokus dieses Projektes stand der Beitrag von Dachbegrünungen zur urbanen Hydrologie. Gründächer halten Regenwasser zurück und erhöhen die Verdunstung von Dachflächen. Dadurch werden Abflussspitzen infolge von (Stark)regenfällen reduziert und zeitlich verzögert, wodurch das Risiko innerstädtischer Überschwemmungen reduziert und der urbane Wasserkreislauf an den eines natürlichen Einzugsgebietes angelehert werden kann.

Das Fachgebiet „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“ an der HafenCity Universität Hamburg (HCU) begleitete die Behörde für Umwelt und Energie (BUE) bei der Entwicklung und Umsetzung der Hamburger Gründachstrategie, welche ein Baustein des Maßnahmenpaketes Hamburgs zur Anpassung an den Klimawandel ist. Die Schwerpunkte der Aufgaben der HCU lagen in den Modulen „Wasserwirtschaft“ und „Übertragbarkeit“. Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen zur wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von Gründächern wurden aufgearbeitet. Die Hamburger Strategie wurde im Kontext der Nutzung verschiedener genutzter formeller und informeller Planungsinstrumente bewertet, daneben wurden die Übertragbarkeiten Hamburger Ansätze diskutiert. Mit dem kontinuierlichen, langfristig angelegten Messprogramm auf dem Gründach des Neubaus der HCU sollten mittels Niederschlags- und Abflussmessungen Aussagen zur Abflusssdämpfung und -verzögerung besonders bei Starkregenereignissen ermöglicht werden. Weitere Problemstellungen, die während der Projektdurchführung deutlich geworden sind waren unter anderem Unklarheiten bezüglich gesetzlicher Regelungen und verwaltungstechnischer Vorgehensweisen bezüglich der Bearbeitung von Entwässerungsanträgen bei Neubau und Sanierung von Gebäuden und Grundstücken in Hamburg und die Behandlung von Dachbegrünungen in der rechnerischen Entwässerungsplanung. Auf diesen Fragestellungen aufbauen wurde ein Arbeitspaket ergänzt, in dem ein Leitfaden zur Betrachtung von Gründächern in der Entwässerungsplanung erstellt wurde.

1.2. Einbettung in das Gesamtprojekt

Als einer von 4 Handlungsschwerpunkten („Wissenschaftliche Begleitung“, „Fördern“, „Fordern“ und „Kommunizieren“) ist das Arbeitspaket direkt in die Hamburger Gründachstrategie eingebettet.

2. Problemstellung, Zielsetzung und Methoden der wissenschaftlichen Begleitung

2.1. Wasserwirtschaft – Wirksamkeit von Gründächern in der wasserwirtschaftlichen Planung

Es ist siedlungswasserwirtschaftlich umstritten, welchen Einfluss die Dachbegrünung auf Abflussprozesse in städtischen Einzugsgebieten nehmen kann. Reduktionen von Niederschlagsabflüssen über längere Perioden wie z.B. Jahre sind mittlerweile, meist in Abhängigkeit der Substratstärke, für verschiedene Gründachtypen bekannt und weitgehend auch in der Wasserwirtschaft anerkannt. Jedoch werden insbesondere die Auswirkungen auf lokale Überflutungen und Hochwasser, die aufgrund von Starkregen kurzer Dauer auftreten, hinterfragt. Bei ergiebigen Niederschlägen sowohl langer als auch kurzer Dauer ist unklar, welcher Anteil der Niederschläge in Gründächern zurückgehalten werden kann oder so im Abfluss verzögert wird, dass die Gefährdung durch Überflutungen und Hochwasser sinkt. Zumindest für kurze, ergiebige Niederschläge aus konvektiven Ereignissen im Sommerhalbjahr, die ursächlich für Überflutungen in kleinen Einzugsgebieten sind, ist wahrscheinlich, dass Gründächer einen erheblichen Beitrag zur Risikovermeidung leisten können. Demzufolge werden in Richtlinien der wasserwirtschaftlichen Planungen wie beispielsweise der DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN

12056“, Spitzen-Abflussbeiwerte von 0,2 (Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke) bis 0,7 (Extensivbegrünung) für Dachbegrünungen angegeben. Allerdings gelten diese nur für die Berechnung von Regenabflussspenden von Niederschlägen mit einem Wiederkehrintervall bis 5 Jahre.

Zur Bemessung kleinerer Entwässerungssysteme und Anlagen zur Versickerung von Regenwasser (nach DWA A 138) kommen überwiegend einfache Lastfallverfahren, bzw. Fließzeitverfahren zum Einsatz. Dabei wird der zu bewirtschaftende Niederschlagsabfluss nur näherungsweise aus Niederschlag, Fläche und Abflussbeiwerten errechnet. Für Gründächer mit bis zu 15° Dachneigung und einer Aufbaustärke von bis zu 10 cm wird nach DWA A 117 / DWA M 153 ein mittlerer Abflussbeiwert von 0,5 angesetzt, bei höherer Aufbaustärke ist dieser mit 0,3 angegeben. Die Einhaltung der jeweils zulässigen Überflutungshäufigkeit wird bei diesen Verfahren durch die Anwendung von maximalen Regenspenden unterschiedlicher Dauer und Eintrittswahrscheinlichkeit sichergestellt.

Gründächer liefern jedoch mit unterschiedlichen Vorbedingungen wie z.B. der Wassersättigung bei Eintreten eines Niederschlagsereignisses sehr unterschiedliche Abflussspenden, wobei die Abflüsse im Vergleich zu konventionellen Flachdächern stets deutlich verzögert werden. Hierbei stellt sich die Frage ob es in jedem Fall zu einer Reduzierung und zeitlichen Verzögerung des Regenabflusses kommt? (Stark-)Regenspenden kurzer Dauerstu-

fe (bis 30 Minuten) können von einem trockenen Gründach oft vollständig zurückgehalten werden, selbst wenn sie von so seltener Intensität sind, dass sie nur alle 5 oder 10 Jahre eintreten. Treten ergiebige Regenereignisse jedoch als Teil eines längeren Niederschlagsereignisses nach weitgehender Sättigung des Gründaches auf, so kann auch bei den Regenspenden häufig auftretender Ereignisse ein Großteil des Niederschlags mit Verzögerung abflusswirksam werden. Der Zusammenhang zwischen maximalen Niederschlagsmengen verschiedener Dauerstufen (und Wiederkehr) und den dabei aus einem Gründach entstehenden Abflussmengen (und Abflussverläufen) sollte anhand realer Messdaten besser aufgeklärt werden. Labormessungen an Messtischen sind nur teils geeignet, diese Zusammenhänge ausreichend zu beleuchten. Sie berücksichtigen in der Regel nicht ausreichend die zeitliche Heterogenität des Niederschlages. Zudem sind deren Ergebnisse nicht ohne weiteres auf größeren Dachflächen übertragbar, weil der Einfluss von Randeffekten bei der Übertragung auf größere Skalen nicht ausreichend bekannt ist und reale Gründächer außerdem in den meisten Fällen mit zusätzlichen technischen Dachaufbauten versehen sind, die in Laborversuchen nicht berücksichtigt sind. Es ist zu überprüfen ob reale Gründächer tatsächlich die in Laboruntersuchungen beispielsweise nach dem FLL-Verfahren erprobten Abflussbeiwerte liefern, um deren Praktikabilität hinsichtlich Bemessung und Dimensionierung von beispielsweise Rückhalteräumen zu bewerten.

Aufgrund der vorliegenden Kenntnisse zur Abflussbildung aus Gründächern ist zu vermuten, dass nachgelagerte Anlagen zur Niederschlagsabflussbewirtschaftung im Falle von Bemessungen mit Niederschlägen kurzer Dauer systematisch überdimensioniert werden.

Mit einem systematischen Review-Verfahren wurden nationale und internationale Studien hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Fragestellungen analysiert um einen Überblick über die Retenti-

onsleistung verschiedener Gründachtypen aus Laboruntersuchungen und unter realen Bedingungen zu gewinnen. Weiterhin diene die Literaturstudie zur Identifizierung und Untersuchung von Parametern, welche das Abflussverhalten von Dachbegrünungen beeinflussen, um Rückschlüsse für die Optimierung von Gründächern hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Wirksamkeit zu ziehen.

Um die Fragestellung am Beispiel Hamburg mit realen Daten zu bearbeiten wurden Messsysteme an mehreren gebauten Gründächern in Hamburg installiert. Am HCU-Gebäude und drei Wohnungsneubauten der SAGA-GWG würden unterschiedliche Gründachtypen mit Messgeräten zur Niederschlags- und Abflusserfassung ausgestattet. Mit dem kontinuierlichen, langfristig angelegten Messprogrammen der HafenCity Universität Hamburg sollen Abflusscharakteristika verschiedener Gründachtypen ermittelt werden. Es wurden Niederschlags- und Abflussmessungen durchgeführt um Aussagen zur Abflussdämpfung und -verzögerung zu ermöglichen. Nach ausreichender Dauer der Messreihen sollten aus diesen Daten Rückschlüsse darauf gezogen werden, wie die Dimensionierung von Entwässerungssystemen verbessert werden kann.

2.2 Übertragbarkeit von Instrumenten der Hamburger Gründachstrategie

Die im Rahmen der Hamburger Gründachstrategie durch die BUE angewandten Instrumente sollten bewertet sowie Übertragbarkeiten Hamburger Ansätze für andere Städte diskutiert werden. Dies wurde durch die Dokumentation und Bewertung des Vorgehens bei der Konzeption und Umsetzung der Hamburger Gründachstrategie gewährleistet. Dabei wurden formelle und informelle Instrumente, die durch unterschiedliche Festlegungen den Bau und die Planung von Dachbegrünungen in Hamburg beeinflussen könnten,

untersucht. Als Ergebnis sollen Hintergrundinformationen aufgearbeitet und bewertet werden und in die Entscheidungsvorbereitung für kommunale Akteure zur Dachbegrünung als Baustein der Klimafolgenanpassung in Kommunen einfließen. Zielgruppe der Expertise sind Akteure in den Kommunen (zuständige Fachverwaltungen) und die politische Ebene als Entscheidungsträger für die Umsetzung von Bausteinen einer „klimawandelgerechten Stadtentwicklung“. Die Machbarkeit und der positive Nutzen der Hamburger Strategie sowie deren Ergebnisse sollen so für Kommunen als Argumentationsgrundlage gegenüber Politik und Öffentlichkeit dienen.

Zu Beginn des Arbeitspakets wurde analysiert, welche Instrumente in Hamburg infrage kommen um die Entwicklung von Dachbegrünungen zu beeinflussen. Diese wurden daraufhin genauer untersucht mittels Literatur- und Dokumentenanalysen, Interviews mit Stakeholdern und Datenauswertungen. Dies diente als Grundlage für die Bewertung der Instrumente hinsichtlich der Eignung zur Förderung von Dachbegrünungen.

3. Einzelergebnisse Arbeitspakete

3.1 Wasserwirtschaftliche Wirksamkeit von Gründächern

Gründachtypen, technische Elemente und deren wasserwirtschaftliche Wirkung

Dachbegrünungen lassen sich prinzipiell in drei verschiedene Begrünungsarten unterteilen, die sich je nach Art der Nutzung, der Bauweise und der Pflanzengesellschaft unterscheiden: die extensive, die einfach-intensive und die intensive Dachbegrünung (Tab. 1).

Die verschiedenen modernen Gründachtypen bestehen im Prinzip aus denselben Elementen: einer Dachabdichtung, die mit Substrat und Vegetation bedeckt ist. Oft sind zusätzlich Wurzelschutz, Drainageschicht und Filterschicht installiert. Der Stand der Technik zur Planung von Dachbegrünungen

ist in der „Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen“ der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL 2018) beschrieben. In der Neufassung von 2018 werden erstmals sogenannte Retentionsdächer eingeführt. Diese können im Sinne der Siedlungswasserwirtschaft zusätzliche Retentionsleistung durch temporären Anstau von Regenwasser im Begrünungsaufbau über das übliche Maß hinaus erzeugen. Dies wird mithilfe von Drosselementen, die den Dachentwässerungselementen vorgeschaltet sind, gewährleistet. Dadurch können Einstauvolumen, maximale Drosselabflüsse sowie der Zeitraum, nachdem das Einstauvolumen wieder zur Verfügung stehen muss, planerisch festgelegt werden (siehe auch Kap. 3.1.3. und Abb. 21).

Tab. 1: Dachbegrünungstypen und ihre Eigenschaften (nach Ansel et al. 2012)

	Extensivbegrünung	Einfache Intensivbegrünung	Intensivbegrünung
Pflanzengesellschaften	naturnah: Moos-Sedum bis Gras-Kraut	Gras-Kraut-Gehölz	Rasen oder Stauden bis Sträucher und Bäume
Aufbaudicke	6 - 15 cm	12 – 25 cm	15 – 40 cm und höher
Gewicht	60 – 150 kg/m ²	150 -200 kg/m ²	150 – 500 kg/m ²
Kosten	gering	mittel	hoch
Pflegeaufwand	gering	mittel	hoch
Bewässerung	nur in der Anwachsphase	periodisch	regelmäßig

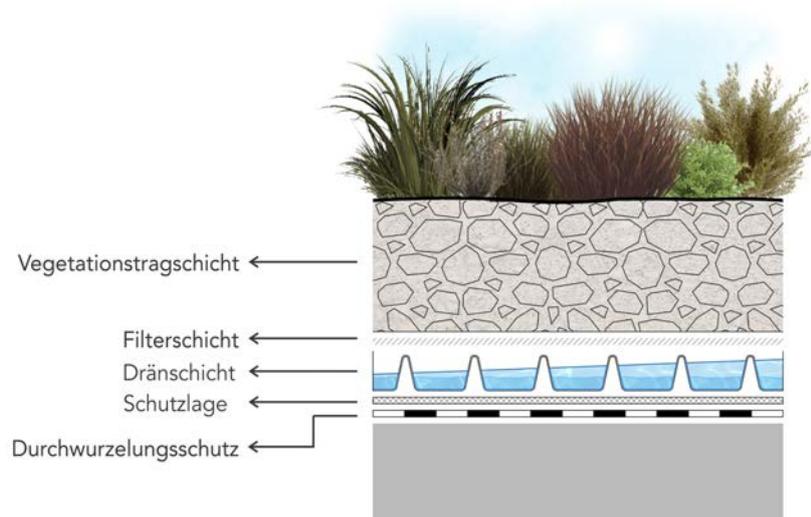


Abb. 1: Systemaufbau Dachbegrünung

Retentionsdächer werden hier nicht als eigener Gründachtyp eingeführt, da sie hinsichtlich Begrünungsarten und Bauweisen keinen neuen Typus darstellen und sowohl als Extensiv- als auch Einfachintensiv- sowie Intensivgründach ausgeführt werden können. Im Folgenden wird der Aufbau einer extensiven Dachbegrünung mit den aus wasserwirtschaftlicher Sicht bedeutenden Elementen nach FLL (siehe Abb. 1) dargestellt.

Vegetationstragschicht(Substratschicht)

In der Substrat- oder Vegetationstragschicht sind die Pflanzenwurzeln verankert. Je nach Begrünungsart und bautechnischen Erfordernissen werden spezielle Dachbegrünungssubstrate verwendet (FLL 2018). Aus wasserwirtschaftlicher Sicht dient sie der langsamen Infiltration und Speicherung von Niederschlagswasser. Im Falle der Wassersättigung gibt sie Überschusswasser an die Dränschicht ab. Das gespeicherte Wasser wird durch Pflanzen und Verdunstung wieder über die Atmosphäre in den Wasserkreislauf zurückgegeben. Typischerweise bestehen die Substrate aus Mischungen leichter und poröser mineralischer Bestandteile mit hoher Wasserspeicherkapazität und guten Drainageeigenschaften und geringen

Anteilen organischer Substanz. Die Vegetationstragschicht wirkt wie ein Schwamm und kann dadurch einen großen Anteil des Regenwassers im Wurzelbereich der Pflanzen speichern (Geiger et al. 2009). Die Stärke der Substratschicht ist ein wesentlicher Faktor für deren Wasserspeicherkapazität, das Pflanzenwachstum und deren Artenzusammensetzung.

Filterschicht

Die Filterschicht liegt zwischen der Vegetationstragschicht und der darunter liegenden Dränschicht. Die Schicht verhindert, dass feinere Boden- und Substrateile aus der Vegetationstragschicht in die Dränschicht eingeschlämmt werden und die Wasserdurchlässigkeit dieser Schicht beeinträchtigen. Das Filtervlies sollte möglichst zwischen Vegetations- und Drainageschicht liegen, um den kapillaren Wasseraufstieg nicht zu behindern und das gespeicherte Wasser für die Pflanzenwurzeln zur Verfügung zu stellen.

Dränschicht

Hauptaufgabe der Dränschicht ist die Aufnahme des Niederschlagswassers und die zuverlässige Ableitung des Überschusswassers in die Dachab-

läufe. Je nach stofflicher Ausbildung kann sie zusätzlich Wasser speichern, den durchwurzelbaren Raum vergrößern, für eine ausreichende Belüftung sorgen und den darunter liegenden Aufbau schützen. In der Dränschicht kann in bestimmten Fällen zudem Wasser gespeichert werden, um in Trockenperioden eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit Wasser und anderen Nährstoffen zu gewährleisten.

Schutzlage / Schutzschicht

Die Schutzlage stellt einen zusätzlichen Schutz für die Dachabdichtung bzw. den Durchwurzelungsschutz dar. Bei entsprechender Materialwahl kann die Schutzlage zusätzlich auch Wasser und Nährstoffe speichern und auch gleichzeitig Trennlage zwischen der Dränschicht und dem Dachaufbau sein (FLL 2008).

Abflussbeiwerte

Als Abflussbeiwert Ψ wird der prozentuale Anteil des auf ein Einzugsgebiet oder eine bestimmte Fläche gefallenen Niederschlags bezeichnet, der ab-

$$\Psi = \frac{\text{direkter Abfluss}}{\text{Niederschlag}}$$

fließt. Er ist definiert als:

Die für Dachbegrünungen relevanten Abflussbeiwerte sind Jahresabflussbeiwert Ψ_a , Spitzenabflussbeiwert Ψ_s und mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m . Nach DIN 4045: 2016-11 sind diese wie folgt definiert:

- Jahresabflussbeiwert Ψ_a :
Quotient der jährlichen Niederschlagsabflusssumme und des

jährlichen Niederschlagsvolumens

- Spitzenabflussbeiwert Ψ_s :

Quotient aus maximaler Regenabflussspende und zugehöriger maximaler Regenspende

- Mittlerer Abflussbeiwert Ψ_m :

Quotient aus Abflussvolumen und Niederschlagsvolumen für einen definierten Zeitraum

Der Berechnung von Regenabflüssen (z.B. nach DIN 1986-100) zugrunde liegende Abflussbeiwert C wurde in der FLL Dachbegrünungsrichtlinie (2008) eingeführt:

Tab. 2: Jahres- und Spitzenabflussbeiwerte für Dachbegrünungen und andere Dachflächen aus FLL (2008) und DIN 1986-100: 2016-09. (*aus Metall, Glas, Zement oder Abdichtungsbahnen)

		Aufbaudicke [cm]	Jahresabflussbeiwert Ψ_a	
FLL Dachbegrünungsrichtlinie		2-4	0,60	
		>4-6	0,55	
		>6-10	0,50	
		>10-15	0,45	
		>15-20	0,40	
		>15-25	0,40	
		>25-50	0,30	
	>50	≤0,10		
		Abflussbeiwert C		
FLL Dachbegrünungsrichtlinie			Dachneigung bis 5°	Dachneigung > 5°
		2-4	0,70	0,80
		>4-6	0,60	0,70
		>6-10	0,50	0,60
		>10-15	0,40	0,50
		>15-25	0,30	-
		>25-50	0,20	-
	>50	0,10	-	
		Abflussbeiwert C		
DIN 1986-100: 2016-09			Dachneigung bis 5°	Dachneigung > 5°
		<10	0,50	0,70
		>10-30	0,40	
		>30	0,20	
		Flachdach*	1,00	
	Kiesdach	0,80		

- Abflussbeiwert/Abflusskennzahl C:
Quotient der Regenabflussspende zur Regen-
spende eines Blockregens
In der DIN 1986-100 wird der Abflussbeiwert C
als Spitzenabflussbeiwert C_s bezeichnet. Dieser
sollte nicht mit dem Spitzenabflussbeiwert Ψ_s
verwechselt werden, da es sich bei diesem um das
Verhältnis von maximaler Abflussspende und der
zugehörigen maximalen Regenspende zu einem
bestimmten Zeitpunkt handelt. Beim Abflussbeiwert
C nach FLL jedoch handelt es sich um das
Verhältnis von Abflussvolumina zu Regenmenge.
Abflussbeiwerte variieren je nach Schichtdicke,
Gefälle und Begrünungsart. Tabelle 2 stellt die in
der Praxis anerkannten Werte für Jahresabfluss-
beiwerte Ψ_a und Abflussbeiwerte C nach DIN
1986-100: 2016-09 und FLL (2018) zusammen.

Für einzelne Dachbegrünungssysteme werden
derzeit mit dem standardisierten FLL-Verfahren
Abflussbeiwerte ermittelt. Dabei wird nach vor-
angehender Wassersättigung und 24-stündigem
Abtropfenlassen der Abfluss von einer Dachfläche
mit 2% Gefälle bei einem 15-minütigen
Starkregenereignis von 300 l/s *
ha gemessen. Diese Spitzenabflüsse
sind für die hydraulische Dimensionierung
von Anlagen zur Gebäude-,
Grundstücks- und Stadtentwässerung
als Lastfälle anzusetzen (Uhl et al.
2003). Bei diesen Verfahren ist nach
Knoll (2003) für die Bemessung wichtig,
die Abflussverzögerung, die durch
Dachbegrünung erreicht wird, bei der
Dimensionierung zu beachten, da
ansonsten die Gefahr einer Über-
aber vor allem auch der Unterdimensionierung
der Entwässerungsanlagen /
-elemente besteht (Knoll 2003). Die
tatsächlichen Abflussbeiwerte können
von verschiedenen Faktoren beeinflusst
werden, wie von Lösken (2016) beschrieben:

- Gefälle:
mit zunehmendem Gefälle beschleunigt sich der
Abfluss, jedoch ab 5° Neigung keine Steigerung
mehr
- Dränschicht:
verlangsamer Abfluss bei Dränschichten aus
Schüttstoffen, beschleunigter Abfluss bei Kunst-
stoff-Dränschichten
- Fließlänge:
standardmäßig wird bei 5m Fließlänge gemessen,
bei größerer Fließlänge Verzögerung des Abflusses
- Bemessungsregen:
tatsächlicher Regenabfluss wird aufgrund von
Verlusten durch Verdunstung, Oberflächenbenetzung,
Anstau in Mulden und Pfützen oder Ableitung
und Verzögerungen durch geringes Gefälle,
lange Fließwege, Oberflächenrauigkeit, Durch-
strömung von Bodenschichten/Gesteinskörnungen,
Wasseranstau vor Abläufen oder Abflussdrosselungen
beeinflusst

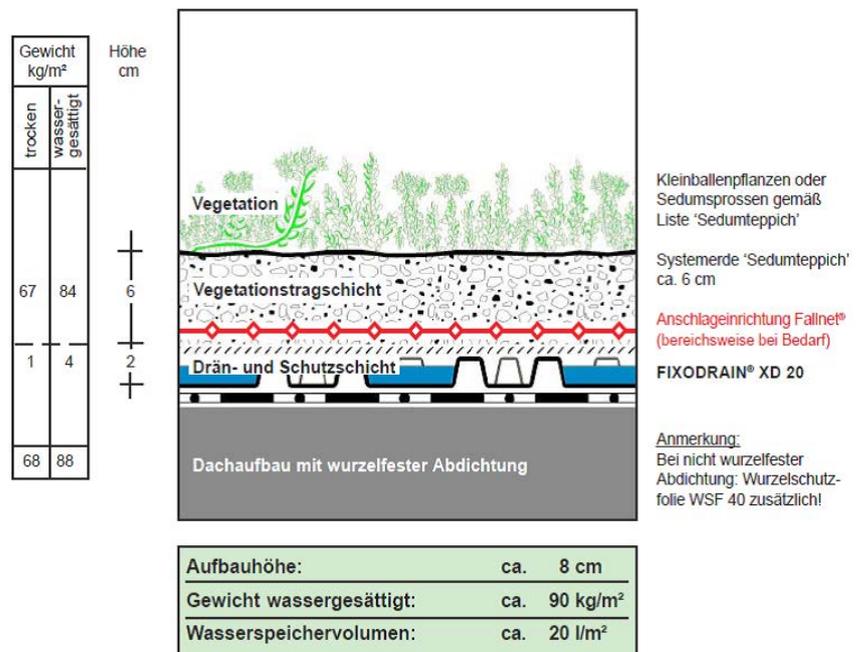


Abb. 2: Aufbauschnitt des extensiven Gründachs des HCU-Gebäudes (Quelle: Zinco GmbH)

Tab. 3: Pflanzenliste „Sedumteppich“

Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Phedimus ellacombianus</i> *	
<i>Phedimus floriferus</i> 'Diffusum'*	Ausgebreitetes Garten-Fettblatt
<i>Phedimus floriferus</i> 'Weihenstephaner Gold'	Weihenstephaner-Fetthenne
<i>Phedimus hybridus</i> 'Immergrünchen'	Mongolen-Fetthenne
<i>Phedimus kamschaticus</i>	Kamtschatka-Fetthenne
<i>Phedimus spurius</i>	Kaukasus-Fetthenne
'Album Superbum'	
'Roseum Superbum'	
'Splendens'	
'Summer Glory'*	
<i>Sedum album</i>	
Art	
'Coral Carpet'	
'Murale'	
<i>Sedum montanum</i> 'Jenny'*	Berg-Mauerpfeffer
<i>Sedum reflexum</i>	Tripmadam
<i>Sedum sexangulare</i>	Milder Mauerpfeffer

Diese Eigenschaften tragen dazu bei dass auch etwas größere Regenmengen als der Bemessungsregen sich nicht wesentlich auswirken können und die Ergebnisse der Abflussbeiwert-Bestimmung auch gegenüber größeren Regenmengen gut abgesichert sind (Lösken 2016).

3.1.1 Niederschlags- und Abflussmessungen in Hamburg

3.1.1.1 Beschreibungen der Gründachtypen und Messtechniken

Charakteristik des Gründachaufbaus und Messsystems auf dem Gebäude der HafenCity Universität:



Abb. 3: Einbau der Drainagematten (links) und fertiggestelltes Gründach (rechts)

Der Gründachtyp ist ein Systemaufbau „Industrie Gründach“ der Firma Zinco GmbH. Es ist ein extensives Gründach mit 60 mm Substrattiefe und einer 20 mm starken kombinierten Filter- und Drainageschicht. Der Aufbau kann Abb. 2 entnommen werden.

Die Systemerde „Sedumteppich“ besteht aus Zincolith (Speziell aufbereitete Tonziegel) ange-

reichert mit Zincohum (Substratkompost mit Faserstoffen). Die aufgetragenen Pflanzenarten entsprechen der Pflanzenliste „Sedumteppich“ mit für extensive Dachbegrünung typischen Pflanzenarten (Tab. 3).

Der technische Aufbau des Gründachs wurde im Herbst 2013 fertiggestellt und die Pflanzen wurden mittels Klebesaatverfahren ausgebracht. Pfl-



Abb. 4: Entwicklung der Pflanzenbedeckung am Nordteil des Gründachs im Februar 2015 (links, Bedeckungsgrad < 20%), März 2016 (mitte, Bedeckungsgrad ~ 70%) und Juni 2017 (rechts, Bedeckungsgrad ~ 90%).

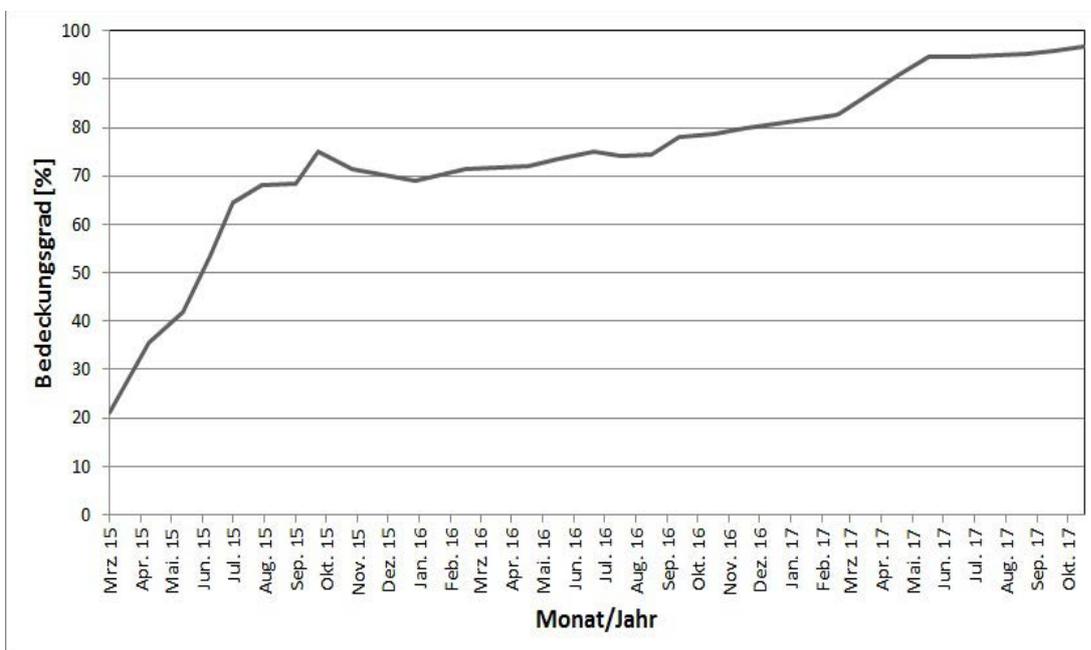


Abb. 5: Entwicklung des Pflanzenbedeckungsgrades auf dem Gründach des HCU-Gebäudes von März 2015 bis September 2017.

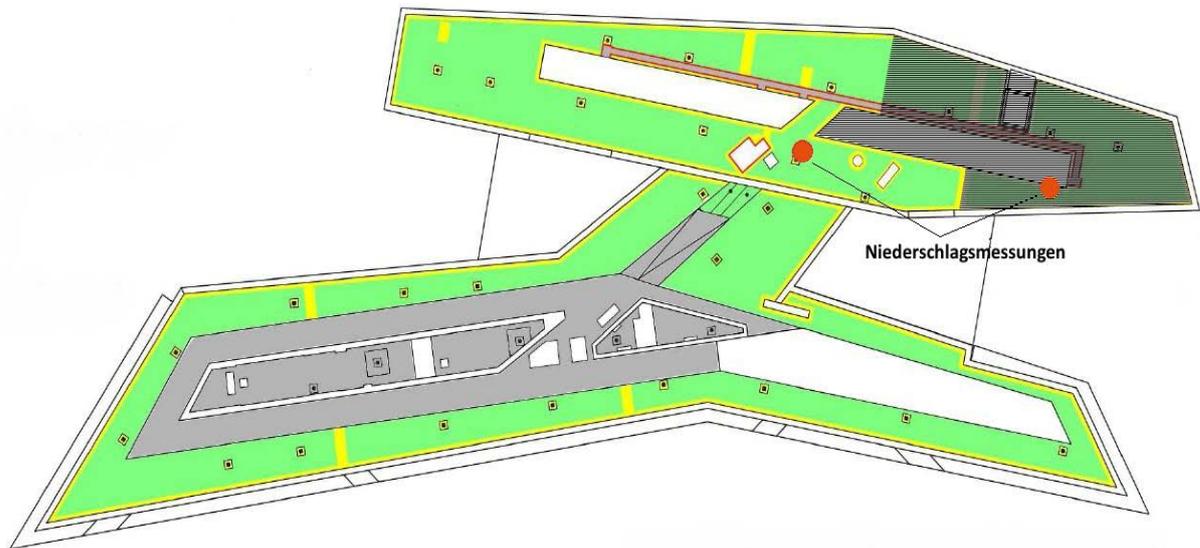


Abb. 6: Dachaufsicht HCU-Gebäude mit Standort der Niederschlagsmesssensoren (roter Punkte) und Fläche zur Dachabflussmessung (schattiert) (Quelle: fairplants-system GmbH, T. Brinkmann, bearbeitet).

maßnahmen mit Düngung und Entfernung von Fremdwuchs erfolgte jeweils im Frühjahr 2015, 2016 und 2017.

Es wurden seit März 2015 monatliche Aufnahmen des Pflanzenbedeckungsgrades am nord-östlichen Teil des Daches vorgenommen. Wie in Abb. 4 und 5 zu sehen ist hat sich der Bedeckungsgrad von Beginn der Aufnahmen im März 2015 mit etwa 20% hin zur fast vollständigen Bedeckung (95%) im Oktober 2017 entwickelt (Abb. 5)

Im März 2015 wurden die Messeinrichtungen zur Niederschlags- und Abflussmessung verbaut. Auf dem Dach wurden LAMBRECHT Niederschlags-Sensoren (Abb. 7) angebracht. Der gefallene Niederschlag wird in 1-minütigen Intervallen aufgezeichnet.

Der Abfluss vom Gründach wird von einer Teilfläche gemessen, die in 3 Dachabläufe entwässert, welche in einem Abflussstrang abgeführt werden (Abb. 6). Die Fläche, die in diesen Strang entwässert beträgt insgesamt 598 m². Davon sind 130 m² (22 % der Fläche) nicht begrünt, der Dachriegel besitzt ein Blechdach und entwässert über Ab-

flussrohre direkt in den Kiesstreifen des Gründaches. Die Fläche des entwässernden Gründachs beträgt 468 m², diese Fläche beinhaltet 9 m² (2 %) zusätzliche technische Dachaufbauten ohne unterliegendes Substrat. Diese entwässern nur teilweise über das Gründach. Im Erdgeschoss des Gebäudes wurde eine Messbox angebracht, die in den Abflussstrang der 3 Dachabläufe eingebunden wurde (Abb. 7). Die Messbox misst den Durchfluss mittels zweier Messprinzipien. Kleinere Abflüsse bis zu einem Volumenstrom von 5 l/min können mit dem 100 ml Kippzähler gemessen werden, für größere Durchflüsse wird parallel die Stauhöhe h in einem Thompson-Messwehr mittels Pegelmesseinrichtung mit Druckwandler gemessen und so der aktuelle Durchfluss über eine Abflussformel (nach Strickland und Barr) berechnet. Die Aufzeichnung der Messwerte erfolgt ebenfalls in 1-minütigen Intervallen und wird mittels Datenlogger aufgezeichnet.

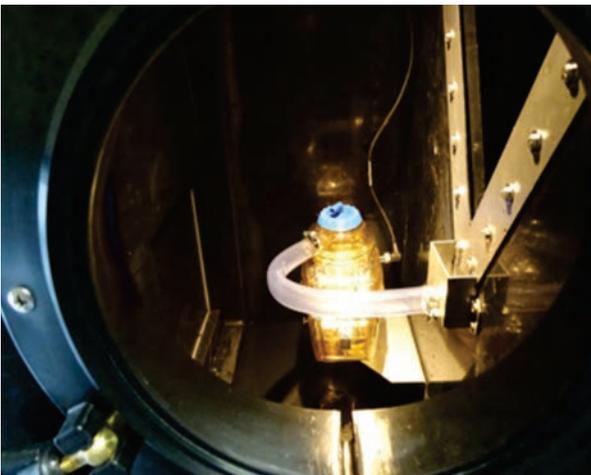


Abb. 7: Niederschlags-Sensor mit Datenlogger (oben links), Messbox mit Datenlogger im EG (oben rechts), innerer Aufbau der Messbox mit V-Wehr und Kippzähler (unten).

Charakteristik der Gründachtypen und Messsysteme am Projekt „Am Weißenberge“

Im Projekt RISA (RegenInfraStrukturAnpassung) wurde ein Pilotprojekt in Zusammenarbeit mit der Siedlungs-Aktiengesellschaft Hamburg und Gesellschaft für Wohnen und Bauen mbH (SAGA GWG) im Rahmen der Erschließung des Wohngebietes „Am Weißenberge“ entwickelt. Es wurde vorgesehen, auf drei Flachdächern des 2. Bauabschnittes im Gebiet, unterschiedliche Bauformen von Gründächern (u.a. Retentions Gründächer) im Praxistest zu untersuchen. Auf zwei baugleichen Gebäudekörpern kamen jeweils zwei Aufbauvarianten von zwei Dachbegrünungsherstellern zum Einsatz. Diese insgesamt 4 Teilflächen haben jeweils 218 m² Dachfläche, wovon jeweils etwa 10 m² (5% der Dachfläche) Oberlichter und Fahrstuhlüberfahrten bilden, also nicht begrünt sind. Auf dem 3. etwas kürzeren Baukörper werden zwei

Teilflächen mit jeweils ca. 133 m² Dachfläche (10 m² bzw. 8% der Fläche nicht begrünt) gemessen: ein Extensivgründach sowie ein unbegrüntes Kiesdach zur Vergleichsmessung. Um die Abflussmengen der unterschiedlichen Dachaufbauten zu messen, wurde an allen drei Gebäuden Messtechnik für Niederschlagsabflussmessungen installiert. Alle hierzu erforderlichen Vorplanungen, wie Abstimmung mit der SAGA GWG, mit den Architekten und Entwässerungsplanern, Festlegung der wasserwirtschaftlichen Ziele und Rahmenbedingungen mit HamburgWasser und Erarbeitung der Aufbauvarianten für die Dachbegrünung durch die Dachbegrünungshersteller Optigrün International AG und ZinCo GmbH, waren Teil des RISA Projekts. Ziel der Maßnahme ist, insbesondere das Niederschlagswasserrückhaltungspotenzial von Gründächern in einer mehrjährigen Studie zu untersuchen. Mit Niederschlags- und Abflussmessungen sollen Aussagen zum Speicher- und Ab-

flussverhalten auf Gründächern ermöglicht werden und ggf. auch eine genaue Wasserbilanz erstellt werden. Für genauere Aussagen über die Beiträge von Retentionsgründächern zur Vermeidung von Überflutungen in urbanen Bereich fehlen bisher Daten zur Abschätzung der erreichbaren Effekte am konkreten Standort in Hamburg. Gebäude 1 (Am Weißenberge 14) ist mit 2 verschiedenen Typen Optigrün-Retentionsgründächern ausgestattet (siehe Abb. 8). Auf dem Dach von Gebäude 2 (Am Weißenberge 16) wurden 2 verschiedene Typen Retentionsgründächer der Fa. Zinco realisiert (Abb. 9).

Die Dächer von Gebäude 1 und 2 wurden als 0°-Dächer ausgeführt, um die Funktionsweise der Retentionsdächer zu gewährleisten. Auf dem dritten Gebäude (Am Weißenberge 18) wurde ein Kiesdach und ein Typ Extensivgründach (Optigrün Systemösung „Spardach“, Abb. 10) zu Vergleichszwecken installiert. Auf den Zwischengesossen,

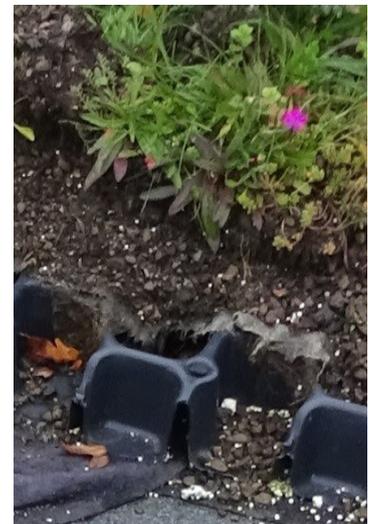
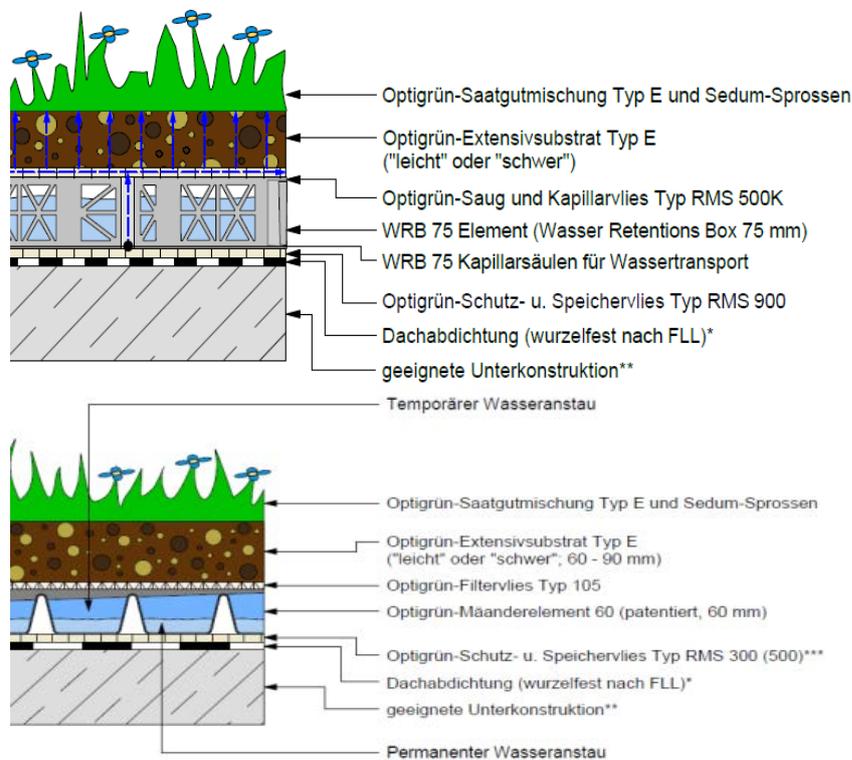
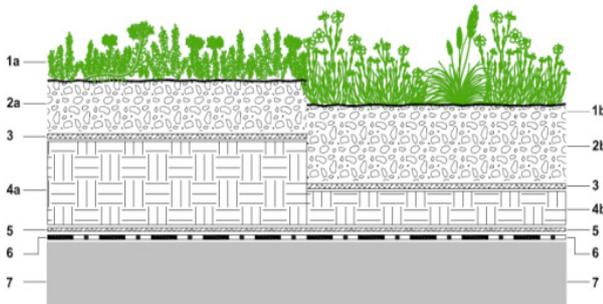


Abb. 8: Schematischer Aufbau Optigrün Retentionsgründächer „Wasser-Retentions-Box 75“ (oben) und „Mäander 60“ (unten) und Beispielbild von Gebäude 2 (© Optigrün international AG) und Beispielbild von Gebäude 1.



- 1 Vegetation
 - 1a Einfache Extensivbegrünung, realisiert als Sedumsprossenansaat
 - 1b Artenreiche Extensivbegrünung, realisiert mit Flachballenpflanzen (12 Stück/m²)
- 2 Vegetationstragschicht
 - 2a 6 cm Systemerde Sedumteppich
 - 2b 9 cm Systemerde Steinrosenflur
- 3 Bewässerungsschutzmatte BSM 64
- 4 Spacerlement
 - 4a Spacerlement, Höhe 100 mm (Einstauvolumen 80 Liter/m²)
 - 4b Spacerlemente, Höhe 40 mm (Einstauvolumen 30 Liter/m²)
- 5 Filtervlies PV
- 6 Wurzelfeste Dachabdichtung
- 7 Dachaufbau (schematisch)



Abb. 9: Schematischer Aufbau der Zinco Retentionsgründächer (oben + mitte, © Zinco GmbH, verändert) und Beispielbild von Gebäude 1 (unten).

unterhalb der Dachabflüsse wurden Messboxen in die Abflussstränge installiert um die Menge des von den Dächern abgeflossenen Regens zu untersuchen und zwischen den Dachtypen zu vergleichen. Für jeden Dachtyp wurde jeweils eine Messbox installiert (Abb. 11). Im Unterschied zu den Messboxen auf Gebäude 1 und 2, die nur mit einem Kippzähler ausgestattet sind, messen die Boxen auf Gebäude 3 über ein duales System

ähnlich dem am HCU-Gebäude sowohl mittels Kippzähler als auch über Pegelmessung an einem Wehrüberlauf (Abb. 12). Zusätzlich wurde auf Haus 3 ein HELLMANN-Regenmesser mit integriertem Kippzähler installiert um den Abflüssen punktgenaue Niederschlagsdaten zuordnen zu können.

3.1.1.2 Messergebnisse

Die mittels Niederschlags- und Abflussmessungen gewonnenen Daten wurden hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Fragestellungen, wie schon in Kapitel 2.1 aufgegriffen, analysiert. Der mittlere Rückhalt von Niederschlägen auf Dachbegrünungen, auch durch den jährlichen Ψ_a oder mittleren Abflussbeiwert Ψ_m charakterisiert, wurde über verschiedene Zeitintervalle wie Jahreszeiten analysiert. Die für die wasserwirtschaftliche Praxis bezüglich Bemessungsaufgaben und Überflutungsvorsorge relevantere Wirkung von Dachbegrünungen, der Rückhalt von Starkregenereignissen, vergleichbar mit dem Abflussbeiwert C, wurde anhand einzelner gemessener Niederschlags- und Abflussereignisse bewertet. Dafür wurden hier verschiedene Definitionen von Starkregenereignissen herangezogen, da es bislang keine allgemeingültige Definition von Starkregen gibt (DWA 2016).

Ansatz 1: DWA-M 119

Die DWA bezieht sich im Merkblatt M 119 bei Starkregen auf Niederschlagsereignisse, welche hohe Intensitäten aufweisen, von eher kurzer Dauer und meist lokal begrenzt sind und überwiegend als konvektive Niederschläge in Verbindung mit Gewittern im Sommerhalbjahr entstehen. Für die Aufgabenstellung der kommunalen Überflutungsvorsorge werden nach **DWA-M 119** folgende Kategorien von Starkregen verwendet:

Starkregen: Regenereignisse, die in einzelnen Dauerstufen Regenhöhen mit Wiederkehrzeiten $T_n \geq 1$ a aufweisen

Bemessungsregen: Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten im Bereich der Bemessungs- und Überstau-Wiederkehrzeiten nach Arbeitsblatt DWA-A

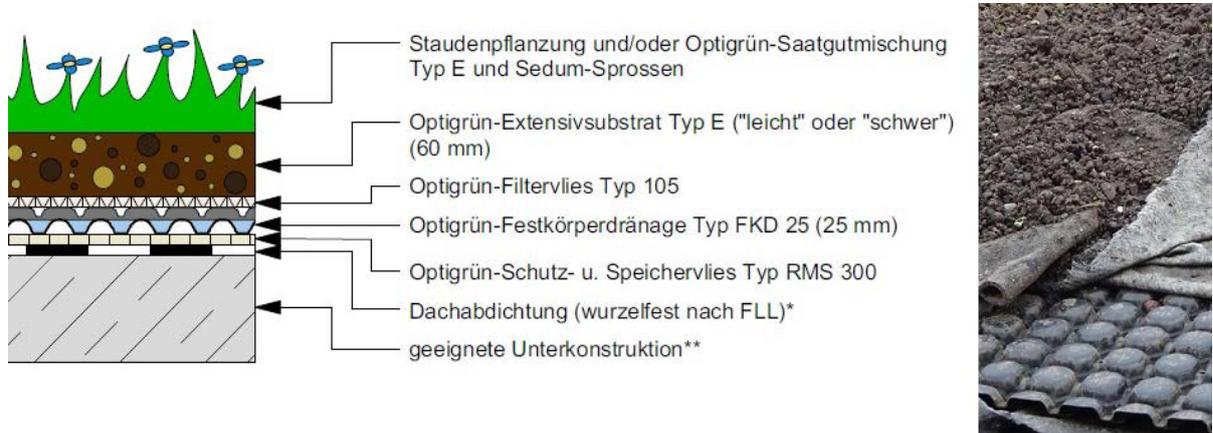


Abb. 10: Schematischer Aufbau des Extensivdaches auf Gebäude 3, Optigrün Spardach (© Optigrün international AG, verändert).

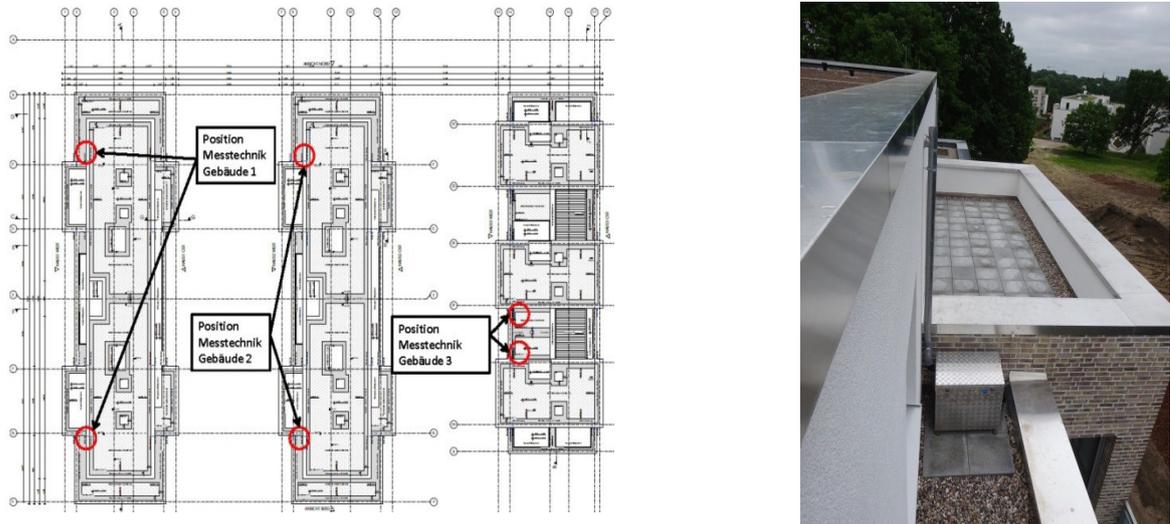


Abb. 11: Messbox mit Kippzählertechnik (links) und dualem Messsystem (mitte) und Regenmesser nach HELLMANN (rechts)



Abb. 12: Messbox mit Kippzählertechnik (links) und dualem Messsystem (mitte) und Regenmesser nach HELLMANN (rechts)

118:2006 (z. B. Tn = 1 a bis 5 a)

seltene Starkregen: Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten oberhalb maßgebender Überstau-Wiederkehrzeiten, aber innerhalb maßgebender Überflutungs-Wiederkehrzeiten (z. B. für Stadtzentren (Tn > 5 a bis 30 a))

außergewöhnliche Starkregen: Regenereignisse mit Wiederkehrzeiten oberhalb der maßgebenden Überflutungs-Wiederkehrzeiten.

Ansatz 2: WUSSOW-Formel

Neben diesen Definitionsansätzen auf Grundlage statistischer Auswertungen von Niederschlagszeitreihen bestehen weitere Ansätze wie beispielsweise an die Intensität gebundene Unterscheidungskriterien wie das von WUSSOW (Maniak 2010). Für Mitteleuropa wird nach dieser Formel als Starkregen definiert, wessen Niederschlagshöhe P und Regendauer t folgende Mindestbedingung erfüllt:

$$P \geq \sqrt{5t - \left(\frac{t}{24}\right)^2}$$

P - Mindeststarkregenmenge [mm]

t - Regendauer [min]

Das bedeutet, dass man mit der Formel für beliebige Regendauern die Regenmenge ermitteln kann, welche mindestens fallen muss um besagten

Regen als Starkregen zu definieren. Die Formel liefert jedoch nur die Aussage ob es sich um einen Starkregen handelt oder nicht. Beispielhaft sind in Tab. 4 Mindestregenmengen und -Intensitäten aufgeführt, die für bestimmte Regendauern erreicht oder überschritten werden müssen um das Kriterium Starkregen zu erfüllen. Beispielsweise müssen während eines 15-minütigen Regens mindestens 8,7 mm Niederschlag fallen damit dieser als Starkregen gilt.

Ansatz 3: DWD

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) nutzt Schwellenwerte von Starkregenereignissen im Sinne von Warnkriterien. Die vom **DWD** festgelegten Schwellenwerte sind folgende:

Wetterwarnungen (Stufe 1): keine Schwellenwerte für Niederschläge

Starkregen, Warnstufe markantes Wetter (Stufe 2): 15 bis 25 mm in 1 Stunde oder 20 bis 35 mm in 6 Stunden

Starkregen, Warnstufe Unwetter (Stufe 3): > 25 mm in 1 Stunde oder > 35 mm in 6 Stunden

Starkregen, Warnstufe extremes Unwetter (Stufe 4): > 40 mm in 1 Stunde oder > 60 mm in 6 Stunden

Zum numerischen Vergleich der verschiedenen Ansätze wurden in Tab. 4 Mindestregenmengen

Tab. 4: Vergleich von Mindestregenmengen nach WUSSOW-Formel, Bemessungsregenmengen für 1-jähriges Ereignis in Hamburg (nach FHH 2003) und Regenmengen für Starkregen verschiedener Warnstufen nach DWD (mit zugehörigen Jährlichkeiten nach FHH 2003).

t [min]	5	10	15	20	30	45	60	90
P [mm] nach WUSSOW	5,0	7,1	8,7	10,0	12,2	14,9	17,1	20,0
P [mm] Bemessungsregen für T = 1a	5,0	7,5	9,0	10,0	11,5	13,0	14,0	15,6
P[mm] nach DWD für Warnstufe 2/3/4							15 (1) 25 (6) 40 (75)	
t [h]	2	3	4	6	10	15	20	24
P [mm] nach WUSSOW	24,0	29,0	33,2	39,7	48,7	55,6	59,3	60,0
P [mm] Bemessungsregen für T = 1a	16,8	18,7	20,1	22,4	25,5	27,6	29,5	31,0
P[mm] nach DWD für Warnstufe 2/3/4				20 (0,5) 35 (15) 60 (175)				

nach WUSSOW und DWD und Bemessungsregelmengen für einen 1-jährigen Starkregen nach FHH (2003) für verschiedene Regendauern gegenübergestellt. Für kurzzeitige Regenereignisse bis 90 min. liegen die Werte für Mindestniederschlag nach WUSSOW und den 1-jährigen Bemessungsregen für Hamburg recht nah beieinander, ebenso Starkregen nach Warnstufe 2 (1 h) des DWD. Bei länger andauernden Niederschlägen sind die Starkregen-Schwellenwerte nach WUSSOW stets deutlich über den 1-jährigen Bemessungsregen. Der DWD-Starkregenwert Stufe 2 für das 6-stündige Ereignis ist wieder recht nah beim 1-jährigen Bemessungsregen.

Zur besseren Kommunikation mit der Öffentlichkeit wurden in den letzten Jahren einige Ansätze entwickelt, um Starkregenereignisse beispielsweise anhand ihrer Wiederkehrzeit in für Nicht-Experten besser verständliche Kategorien einzuordnen. Solche Indizes wurden u.a. entwickelt und angewandt in Grisa (2013), Krüger & Pfister 2016, Mudersbach (2016) und Schmidt (2014, 2015, 2017) und in DWA-M 119 (2016) aufgenommen. Von Schmidt et al. 2018 wurden verschiedene Ansätze zu einem einheitlichen Konzept zusammengeführt, mit dem Starkregen in Abhängigkeit der Wiederkehrzeit in Starkregenindices SRI von 1-12 und in Kategorien zur sprachlich besseren Abgrenzung im Sinne der Risikokommunikation eingeordnet werden (Abb. 13).

sung verschiedener Typen von Bauwerken und Anlagen unterschiedliche Eintrittswahrscheinlichkeiten von Starkniederschlagshöhen Anwendung finden. Die in diesem Projekt gemessenen Niederschlagsdaten wurden mittels Auswertung von Regenreihen der Freien und Hansestadt Hamburg (FHH 2003) analysiert und Jährlichkeiten zugeordnet.

HCU-Gebäude

- Langzeitlicher Wasserrückhalt

Während der bisherigen Messdauer (März 2015 – Oktober 2017) sind auf dem Dach etwa 2270 mm Niederschlag registriert worden, wovon 1090 mm als Dachabfluss gemessen worden. Das entspricht einer Retention des Niederschlagswassers von 52 %. Die Niederschlags- und Abflusskurven sind in Abb. 14 ersichtlich. Der mittlere monatliche Abflussbeiwert Ψ_{mon} des Gründachs variiert zwischen etwa 0,26 im Juni 2016 bis 0,76 im Januar 2016 (Tab. 5). Dementsprechend liegt die monatliche Retentionsleistung zwischen 24% - 74%. Allgemein kann festgestellt werden, dass in Herbst- und Wintermonaten weniger Wasser im Gründach zurückgehalten wird (meist $30 \pm 10\%$) als in Sommermonaten (meist $70 \pm 10\%$). Dies kann auf die in wärmeren Monaten erhöhte Verdunstungsleistung zurückgeführt werden, wodurch die Dachbegrünung schneller wieder in einen trockenen Zustand gelangt und somit wieder mehr Niederschlags-

Wiederkehrzeit T_R [a]	1	2	3,3	5	10	20	25	33,3	50	100	> 100				
Kategorie	Starkregen				intensiver Starkregen				außergewöhnlicher Starkregen		extremer Starkregen				
Starkregenindex SRI [-]	1	1	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Erhöhungsfaktor [-]										1,00	1,20 - 1,39	1,40 - 1,59	1,60 - 2,19	2,20 - 2,79	≥ 2,80

Abb. 13: Bewertungskategorien des Starkregenindex nach Schmidt et al. 2018.

Für hydrologische Berechnungen werden im Regelfall Bemessungsregen aufgrund von statistischen Auswertungen von Niederschlags-Messreihen (z.B. Auswertungen aus KOSTRA-DWD 2010) herangezogen, da für die hydrologische Bemes-

wasser zurückhalten kann.

Der jährliche Abflussbeiwert (Ψ_a) kann für das Jahr 2016 angegeben werden, da für diesen Zeitraum die Messdaten für ein gesamtes Jahr vorliegen. Mit 0,52 liegt Ψ_a ist dieser etwas höher als der

mittlere Abflussbeiwert Ψ_m über den gesamten Messzeitraum ($\Psi_m = 0,48$, Tab. 5).

- *Niederschlagsereignisse HCU-Dach*

Um aus den Niederschlags- und Abflussdaten Einzelereignisse zu erzeugen wurde eine minimale „inter-event-time“ definiert. Diese Methodik dient zur Abgrenzung von einzelnen Niederschlagsereignissen (vgl. Joo et al 2014). Um die Regenereignisse voneinander zu trennen wurde eine (mindest-)Zeitspanne zwischen zwei Regenereignissen, während der kein Regen fallen darf, festgelegt. Diese Zeitspannen werden meist nach Charakteristiken der Einzugsgebiete definiert, im Falle des Gründachs war die Nachlaufzeit nach einem Regenereignis maßgebend. Diese wurde aus mehreren Regenereignissen in den Wintermonaten ermittelt. Dabei wurde jeweils überprüft wie lange das Gründach nach Regenende zum Entleeren gebraucht hat. Als inter-event-time zur Abgrenzung der Einzelereignisse wurde mit dieser Methodik 800 min (13,3 h) festgelegt. Um jedoch bessere Aussagen zu einzelnen, kurzen Regenereignissen treffen zu können wurden die Daten zusätzlich mit 120 min und 30 min als inter-event-time analysiert. Bei der Analyse der Abflussbeiwerte C für einzelne Regenereignisse, also der Quotient aus der (Gesamt-)Abflusssumme und der Niederschlagssumme des Ereignisses, lässt sich eine große Streuung feststellen (Abb. 15). Die Abflussbeiwerte liegen im Bereich von 0,0 bis größer als 1, da teilweise Abflüsse aus vorherigen Regenereignissen mit in die Berechnung eingingen.

Zur Analyse der Retentionsfähigkeit des Gründachs bei Starkregenereignissen wurden die Kategorien nach der WUSSOW-Formel und der DWA-M 119 gewählt. Der Starkregenindex nach Schmidt et al. (2018)(Abb. 15) ist für alle Ereignisse gleich 1. Tab. 6 listet alle in dem bisherigen Messzeitraum aufgetretenen Starkregenereignisse auf. Nach der WUSSOW-Formel sind nur zwei Ereignisse als Starkregen einzustufen, nach der DWA-Richtlinie würden derer sieben als Starkregen

(Wiederkehrzeit $T \geq 1a$) eingestuft. Die Abflussbeiwerte C für diese Starkregenereignisse liegen im Bereich von 0,2 – 0,5. Der Abflussbeiwert C nach FLL (2018) für das HCU-Gründach liegt bei 0,5,

Tab. 5: Monatliche Niederschlags- und Abflusssummen und prozentualer Abfluss des Gründachs während des bisherigen Messzeitraums.

Jahr	Monat	Niederschlag [mm]	Abfluss [mm]	Mittlerer monatlicher Abflussbeiwert Ψ_{mon}	
2015	3	41,5	19,5	0,47	
	4	38,5	14,1	0,37	
	5	45,6	13,6	0,30	
	6	38,5	9,9	0,26	
	7	107,3	34,1	0,32	
	8	105,1	37,1	0,35	
	9	88,6	39,7	0,45	
	10	41	19,9	0,49	
	11	155,4	84,5	0,54	
	12	41,4	24,7	0,60	
	2016	1	40,4	30,6	0,76
		2	97,4	63,4	0,65
3		31,7	17,6	0,56	
4		54,2	24,1	0,44	
5		49,3	18,5	0,38	
6		122	64,7	0,53	
7		68,6	25,3	0,37	
8		47,3	15,1	0,32	
9		32,4	10,1	0,31	
10		30,3	12,3	0,41	
11		41,4	25,8	0,62	
12		67,6	45,5	0,67	
2017	1	61,5	39,2	0,64	
	2	61,3	43,5	0,71	
	3	73,8	53,9	0,73	
	4	49,7	23,9	0,48	
	5	72,7	33,2	0,46	
	6	137	60,6	0,44	
	7	119,4	56,4	0,47	
	8	66,8	20,8	0,31	
	9	62	24	0,39	
	10	128,7	57,2	0,44	
Gesamt	32	2267,9	1089,5	0,48	

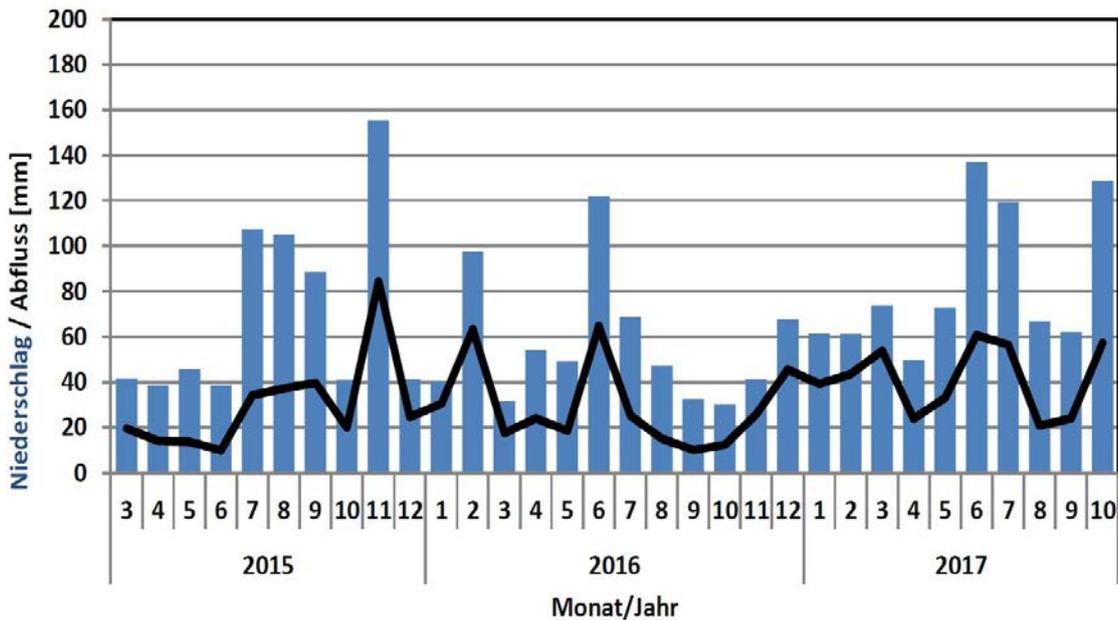


Abb. 14: Monatliche Niederschlags- (blau) und Abflusssummen (schwarz) des HCU-Gründachs während des bisherigen Messzeitraums.

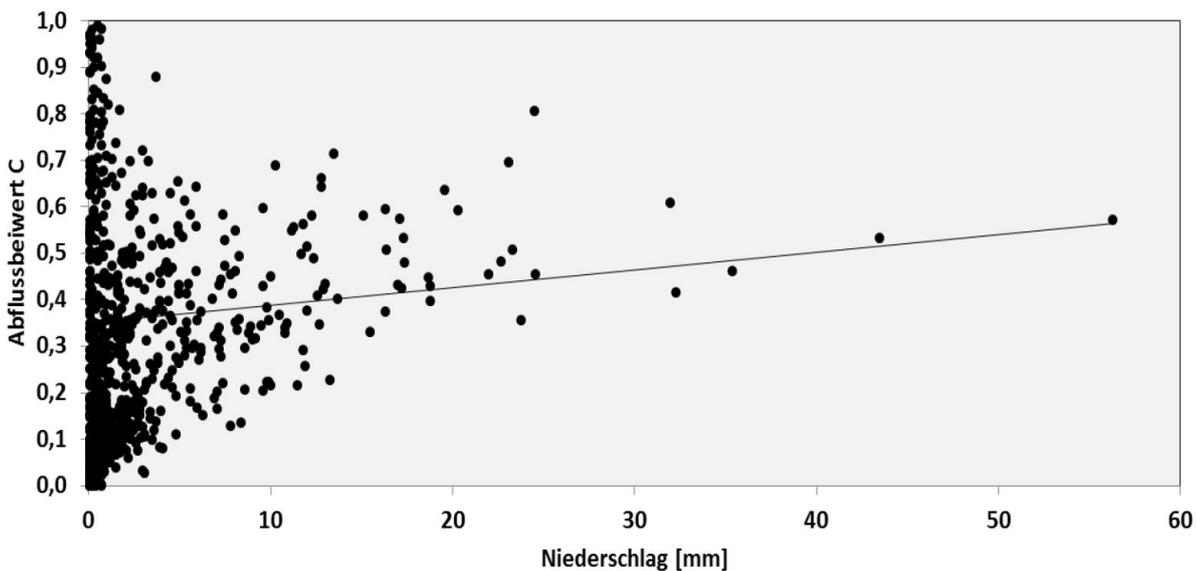


Abb. 15: Abflussbeiwerte C der Niederschlagsereignisse und deren zugehörige Niederschlagssummen und Trendlinie.

in den gemessenen Beispielen wird dieser also meist unterschritten. Ein direkter Vergleich scheint jedoch aufgrund verschiedener messtechnischer Gegebenheiten bei der Bestimmung der Abflussbeiwerte wenig sinnvoll.

Bemerkenswert ist jedoch dass sowohl der lang-

zeitliche bzw. jährliche Abflussbeiwert Ψ_a des Gründachs als auch die Abflussbeiwerte C für einzelne (Stark-)regenereignisse im Bereich der unter Laborbedingungen ermittelten FLL-Abflussbeiwerte liegen, trotz >20% nichtbegrünter Flächenanteile des Dachs.

Tab. 6: Auf dem HCU-Dach gemessene Starkregenereignisse von März 2015 bis Oktober 2017

Datum	Niederschlag [mm]	Abfluss [mm]	Niederschlagsdauer [min]	Abflussbeiwert C	Starkregen nach WUSSOW-Formel?	Wiederkehrzeit T [a]
05.05.2015	17,0	6,89	58	0,40	ja	2
03.06.2015	12,0	2,42	40	0,20	nein	1
17.08.2015	18,4	7,7	105	0,42	nein	2
19.11.2015	17,2	7,30	68	0,42	nein	2,5
02.06.2016	10,6	2,89	24	0,27	nein	1
14.06.2016	13,6	6,77	56	0,50	nein	1
30.05.2017	10,0	2,20	13	0,22	ja	1,6

Nachfolgend werden Niederschlag und Abfluss vom Gründach von Beispielergebnissen gezeigt, die die höchste Wiederkehrzeit aufweisen. Während des Starkregens vom 05.05.2015 fielen 17 mm Niederschlag innerhalb 1 Stunde. Die tatsächliche Niederschlagsmenge war allerdings größer, da während 5 Minuten die Messkapazität des Niederschlagssensors überschritten wurde und dafür der Maximalwert, der gemessen werden kann, angenommen wurde. Die Jährlichkeit dieses Ereignisses liegt bei etwa 2 Jahren. Von dem gefallenen Niederschlag wurden etwa 60% zurückgehalten,

der Abflussbeiwert C lag bei 0,4, der Spitzenabflussbeiwert Ψ_s bei 0,49 (siehe Abb. 16).

Das zweite Beispiel ist ein Starkregen vom 19.11.2015. Dabei fielen 17,2mm Regen in 68 Minuten, das entspricht einer Jährlichkeit von 2,5. Es wurden 58% des Niederschlages im Gründach zurückgehalten, der Abflussbeiwert C entspricht 0,42, der Spitzenabflussbeiwert $\Psi_s = 0,23$ (siehe Abb. 17).

Bei beiden Ereignissen kam es neben dem Rückhalt eines Großteils des Niederschlages auf dem Dach auch zur Verzögerung der maximalen Ab-

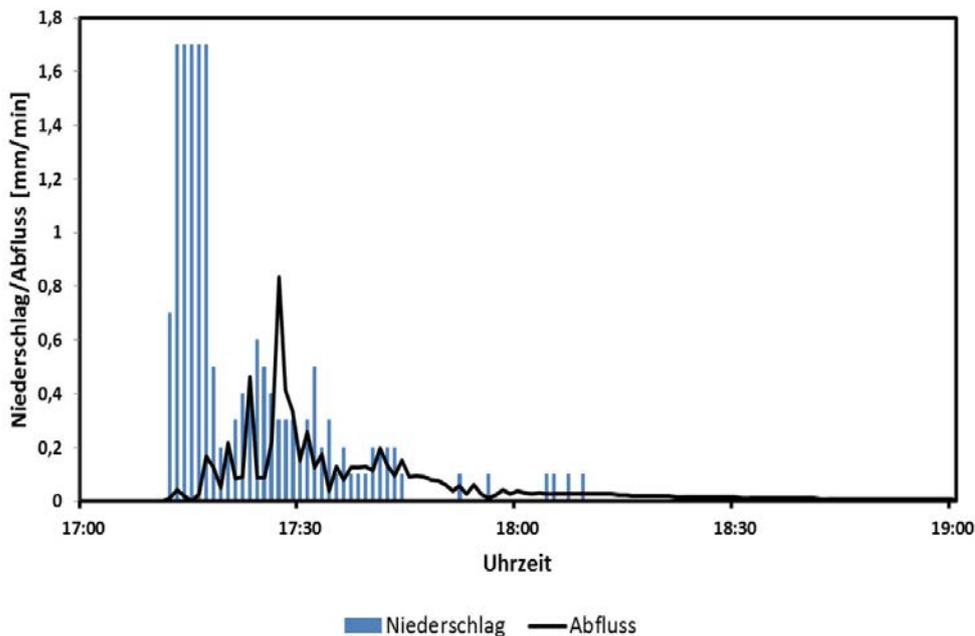


Abb. 16: Starkniederschlag vom 05.05.2015 (blaue Balken) und zugehörige Abflusskurve (schwarze Linie)

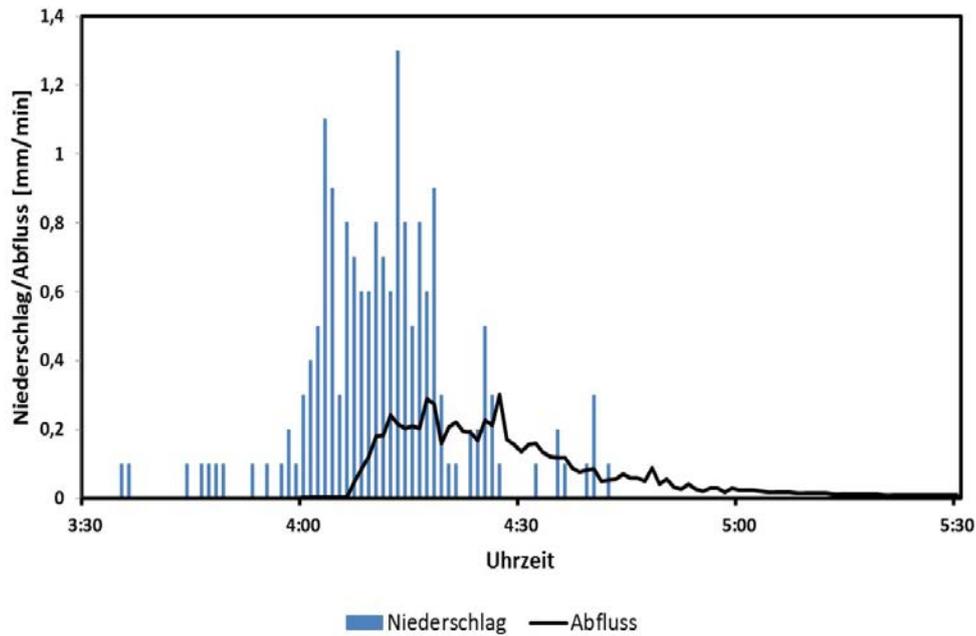


Abb. 17: Starkniederschlag vom 19.11.2015 (blaue Balken) und zugehörige Abflusskurve (schwarze Linie)

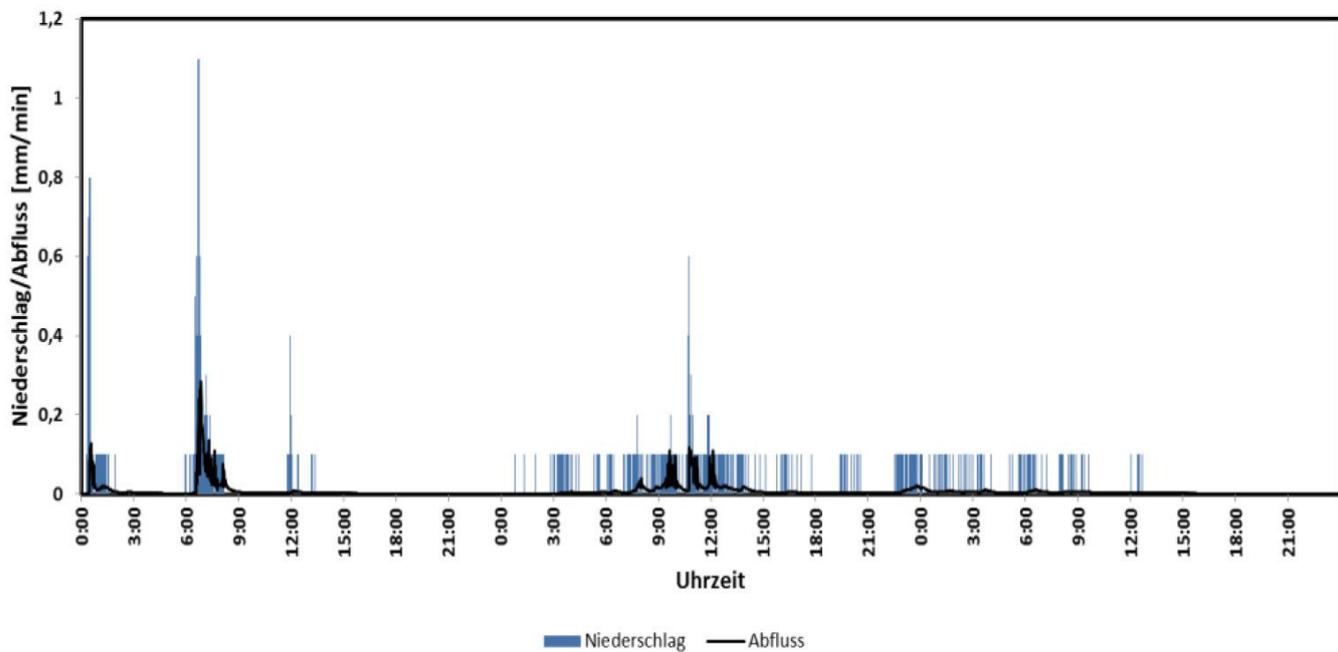


Abb. 18: Starkniederschlag vom 19.11.2015 (blaue Balken) und zugehörige Abflusskurve (schwarze Linie)

flussintensitäten im Vergleich zur maximalen Niederschlagsintensität. Die Abflussspitzen waren jeweils um etwa 15 Minuten verzögert (Abb. 16 & 17). Ähnliche zeitliche Verzögerungen der Maxima

konnten auch bei weiteren Starkregenereignissen beobachtet werden. Weiterhin kam es zu Verzögerungen des Abflussbeginns. Bei dem Starkregen am 19.11.2015 ist beispielsweise zu erkennen dass

erst nach etwa 30 min Regenfall (mit zwischenzeitlichen Pausen) nennenswerter Abfluss vom Gründach gemessen wurde (Abb. 17). Bei dem anderen Beispiel (Abb. 16) ist keine Verzögerung des Abflussbeginns im Vergleich zum Regen zu erkennen, was wohl an der von Beginn an hohen Intensität dieses Starkregens liegt. Auch bei längeren Starkregenereignissen zeigte sich deutlicher Wasserrückhalt auf dem Gründach.

Als Beispiel für ein Starkregenereignis von längerer Dauer zeigt Abb. 18 einen Starkregen vom 17.-19.08.2015, der 65,3 mm Niederschlag in 72 h lieferte und dessen zugehöriger Abfluss 29,4 mm betrug. Dies ist gleichbedeutend mit einem Rückhalt von 55% bzw. einem Abflussbeiwert C für das Regenereignis von 0,45. Die statistische Wiederkehrzeit für diesen Starkregen beträgt 4 Jahre für Hamburg.

Aus diesem Beispiel wird deutlich dass auch bei hoher Vorfeuchte, also hohem Wassersättigungsgrad des Substrats, immer noch ein erheblicher Teil des Regenwassers zumindest temporär zurückgehalten werden kann. Dies konnte auch bei dem Starkregen vom 19.11.2015 nachgewiesen werden, da im Vorfeld dieses Ereignisses innerhalb der vorhergehenden sechs Tage insgesamt etwa 80 mm Regen gefallen sind. Somit kann man von nahezu Wassersättigung des Substrats ausgehen.

- *Niederschlagsereignisse Projekt „Am Weißenberge“*

Zum Projekt „Am Weißenberge“, bei dem vier verschiedene Retentions-Gründachtypen, ein Extensivgründach und ein Kiesdach messtechnisch untersucht werden, liegen aufgrund verschiedener Verzögerungen in der Bauphase zum Zeitpunkt dieses Berichts noch keine auswertbaren Daten zur Reduzierung und Verzögerung von Starkregenniederschlägen vor. Die Messungen werden ebenso wie die des HCU-Gründachs fortgeführt und Ergebnisse werden zu einem späteren Zeitpunkt publiziert.

3.1.2 Aufbereitung internationaler und bundesweit vorhandener Daten zur wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von Gründächern

Um einen Überblick über die nationale und internationale Forschung bezüglich Wasserwirtschaftlicher Wirksamkeit von Gründächern zu erlangen wurden mittels systematischem Reviewverfahren nach CEBC (2010) insgesamt etwa 90 Studien identifiziert, von 70 wurden Daten extrahiert und ausgewertet (Stand 2015). Eine Auflistung der zur Analyse herangezogenen Artikel/Studien befindet sich in Anhang 6.1. Die geographische Verteilung der Herkunft der Studien stellt Abb. 19 dar. Der Großteil der Studien stammt aus den USA (23) und Deutschland (15). Die von den Studien zur Auswertung übernommenen Parameter waren Breitengrad, experimentelles set-up, Gründachfläche, Substratstärke, Drainagety, Pflanzenbedeckungsgrad, Substrattyp, Gefälle des Dachs, Niederschlagstyp (natürlich/künstlicher Blockregen), Zeitperiode der Messungen, Wasserrückhalt, Niederschlagssumme und -dauer, Abflussbeiwert C, Abflussverzögerung und vorherige Trockenzeit. Nicht alle Parameter wurden in allen Studien aufgenommen bzw. mit veröffentlicht, also gab es einige Lücken. Mittels dieser Daten wurden statistische Tests durchgeführt um die Abhängigkeit des Wasserrückhalts von Gründächern von verschiedenen Parametern zu beurteilen.

In der Literatur wurden bereits einige Abhängigkeiten untersucht. Demnach ist der Anteil des vom Gründach zurückgehaltenen Niederschlages abhängig von:

- dem Gefälle des Dachs (u.a. Getter et al. 2007),
- der Substratstärke (u.a. Van Woert et al. 2005),
- der Niederschlagsdauer und -intensität (u.a. Razzaghamanesh & Beecham 2014),
- der Jahreszeit (u.a. Mentens et al. 2006),
- der Vorfeuchte des Substrats (u.a. Berndtsson 2010),
- dem Alter des Daches (Speak et al. 2013),

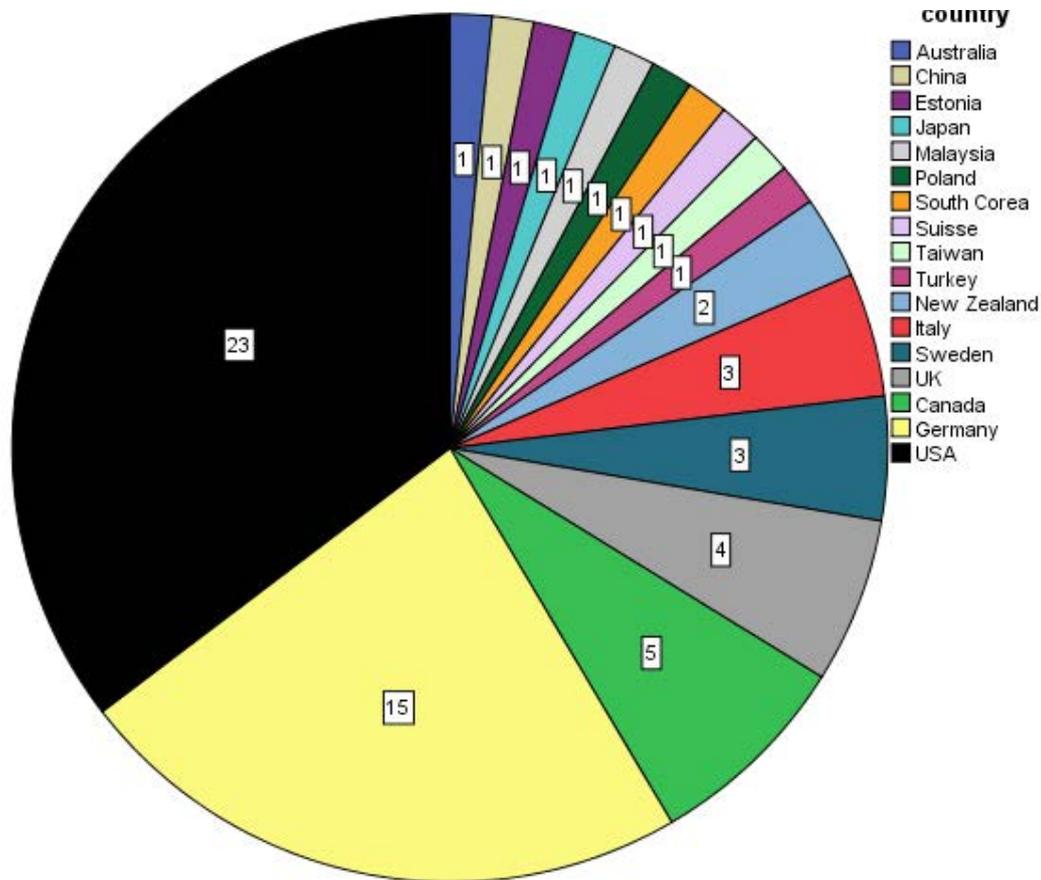


Abb. 19: Herkunft und Anzahl der ausgewerteten Studien zur wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von Gründächern.

- den Pflanzenarten (u.a. Dunnett et al. 2008),
- dem Substrattyp (u.a. Graceson et al. 2013).

Wenn man die Ergebnisse von wasserwirtschaftlichen Messungen und Laborversuchen aus den einzelnen Studien vergleicht kommt man zu Werten des langjährigen mittleren Abflussbeiwerts Ψ_m von 0,1 bis 0,88 bei einem Mittelwert von $\Psi_m = 0,46$. Es zeigten sich auch periodische Schwankungen des Wasserrückhalts bzw. der Abflussbeiwerte in unterschiedlichen Jahreszeiten. Der durchschnittliche Abflussbeiwert Ψ_m in den Wintermonaten war 0,64 und lag bei einzelnen Studien im Bereich von 0,31-0,88. Im Sommer lagen die Abflussbeiwerte durchschnittlich bei 0,28, bei einer Reichweite von 0,0 bis 0,68. Für alle einzelnen Regenereignisse,

die in den Studien ausgewertet wurden, lag der Abflussbeiwert C im Mittel bei 0,43, es zeigte sich auch hier eine große Spanne bei einzelnen Untersuchungen mit C im Bereich von 0,0 bis 1,0.

Korrelationstests haben signifikante Zusammenhänge ($p < 0,05$) zwischen den Wasserrückhalt beschreiben den Faktoren (Retention, Spitzenabflussbeiwert, Abflussverzögerung) und folgenden Faktoren ergeben:

- Stärke Substratschicht
- Vorfeuchte
- Niederschlagsdauer und –Intensität
- Gefälle des Dachs
- Jahreszeit
- Breitengrad

Um die aus den Studien erhaltenen Ergebnisse mit den in der Praxis relevanten Abflussbeiwerten zu vergleichen wurden die Ergebnisse für mittlere und Jahres-Abflussbeiwerte (Ψ_m und Ψ_a) in die jeweiligen Kategorien der Substratdicke wie in FLL (2018) eingeordnet und mit denen aus der FLL-Richtlinie aufgetragen (Abb. 20).

Bis auf die Kategorie der Substratstärke 100-150 mm sind die mittleren Abflussbeiwerte aus der Literaturstudie geringer als die in der FLL-Richtlinie angegebenen Anhaltswerte für den Jahresabflussbeiwert. Die Tendenz von geringeren Jahresabflussbeiwerten mit höheren Substratdicken zeigt sich auch in der Analyse der Literaturdaten. Auffällig ist dass die mittleren langzeitlichen Abflussbeiwerte aus der Literatur für Extensivdächer bis Substratstärken von 150 mm keine großen Unterschiede zeigen ($\Psi_m = 0,49; 0,43; 0,44; 0,47$). Daraus ließe sich schließen dass größere Unterschiede im Wasserrückhaltevermögen erst ab 150 mm Substratstärke bemerkbar wären.

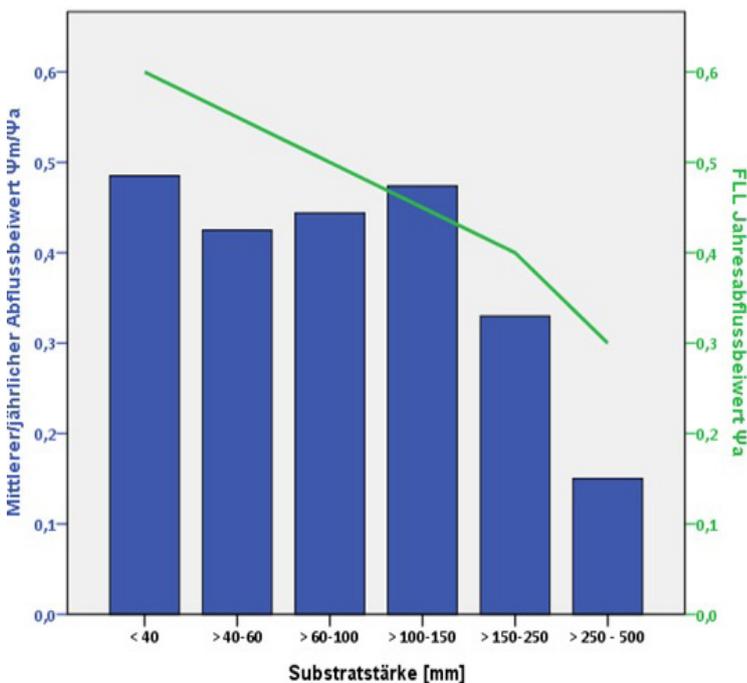


Abb. 20: Vergleich von mittleren Abflussbeiwerten aus FLL (2008) und der Literaturstudie

3.1.3 Schlussfolgerungen und Ableitung technischer Konsequenzen aus einem speziell auf das Retentionsvermögen fokussierten Gründachaufbau

Wie bereits vielfach in der Fachliteratur beschrieben wurde, wirken sich Gründächer positiv auf die lokale Wasserbilanz aus: sie bewirken eine Rückhaltung von Niederschlagswasser im Dachaufbau und eine Abflussverzögerung des überschüssigen Wassers. Hinzu kommen weitere positive Effekte, wie bspw. Verbesserung des Kleinklimas durch die Verdunstung und Feinstaubfilterung durch die Vegetation (z.B. FLL 2008, Knoll 2003). Um eine möglichst hohe Speicherung von Niederschlagswasser erreichen zu können, sind folgende Faktoren zu berücksichtigen:

Eigenschaften des Gründaches:

- Anzahl und Material der einzelnen Schichten
- Substratdicke

- Substrateigenschaften (wie Korngrößenverteilung, Material, Anteil organischer Substanz, daraus resultierende Wasserkapazität etc.)
- Art der Vegetation und Vegetationsbedeckung, Durchwurzelung
- Material und Eigenschaften der Drainageschicht

Eigenschaften des Daches:

- Gefälle
- Dachausrichtung (sonnig, halbschattig, schattig)
- Alter des Daches, damit einhergehende Entwicklung des Grob-, Mittel- und Feinporenvolumens

Wetter / klimatische Einflüsse:

- Länge von Trockenperioden
- Jahreszeitenklima (Lufttemperatur, Wind, Luftfeuchtigkeit)

- Eigenschaften von Niederschlagsereignissen (Stärke und Dauer)
- Sonnen- und Windexposition

In den letzten Jahren wurden neue Typen von Gründächern entwickelt, die bestimmte Eigenschaften durch gezielte bautechnische Entwicklungen noch zusätzlich verstärken. Damit soll zum einen eine Erhöhung des Rückhalts bzw. Verzögerung des Abflusses von Starkregen und zum anderen eine Erhöhung der Verdunstungsleistung in Hitzeperioden erreicht werden. Ein in dem Zusammenhang sind vor allem sogenannte Retentionsdächer interessant. Mit Retentionsdächern wird versucht, gezielt Regenwasser unterhalb der Substratschicht anzustauen bzw. durch einen gedrosselten Abfluss Regenwasser temporär oder langfristig zurückzuhalten (siehe Abb. 21). Diese zeitliche Verzögerung kann die städtische Kanalisation im Falle eines Starkregens entlasten, da nicht alle Abflüsse von versiegelten Flächen zum selben Zeitpunkt eingeleitet werden. So können, je nach Ausgestaltung der Drosseleinrichtungen, auch bei außergewöhnlichen und extremen Starkregenereignissen Abflussbeiwerte C von nahezu 0 erreicht werden. Über Abflussdrosseln lässt sich zusätzlich steuern, wie lange das Regenwasser auf dem Dach gespei-

chert wird bzw. wie lange es dauert bis das Retentionsdach wieder sein volles Rückhaltepotenzial erreicht hat. Wenn das Regenwasser dauerhaft auf dem Dach gespeichert und beispielsweise nur unmittelbar vor möglichen Starkregenereignissen abgelassen wird, kann die Verdunstungsleistung der Retentionsdächer deutlich erhöht werden – insbesondere in Hitzeperioden. Die aktualisierte Auflage der FLL Dachbegrünungsrichtlinie (2018) geht auch auf diese technische Weiterentwicklung zur Erhöhung der Retentionsleistung von Dachbegrünungen über das übliche Maß hinaus ein.



Abb. 21: Schematischer Aufbau von Retentionsdächern

3.1.4 Entwicklung Leitfaden Entwässerungsplanung

3.1.4.1 Allgemeines

Der Leitfaden dient als Orientierung für den Umgang mit den Anforderungen an die Grundstücksentwässerung bei Bauvorhaben, speziell in Hamburg, und vor dem Hintergrund der Planung mit Dachbegrünung. Darin wird dargestellt, in welchen Fällen eine Siel-Anschlussgenehmigung bzw. Änderung bei der Hamburger Stadtentwässerung (HSE) und eine Einleitungsgenehmigung bei der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) beantragt werden muss. Außerdem stellt der Leitfaden die Möglichkeiten dar, wie Gründächer bei der Entwässerungsplanung für Regenwasser bei Bauvorhaben berücksichtigt werden können. Es wird dabei davon ausgegangen dass die Einleitung von Niederschlagswasser in Oberflächengewässer oder Versickerung auf dem Grundstück nicht möglich ist. Diese Varianten sind der Einleitung in das Siel generell vorzuziehen. Im Folgenden wird eine gekürzte Version wiedergegeben.

Seit Änderung des Hamburgischen Abwassergesetzes mit der Fassung vom 24. Juli 2001 (HmbGV-Bl. S. 258, 268 vom 08.08.2001) besteht in Hamburg für Niederschlagswasser kein Sielanschluss- und Benutzungszwang mehr, wenn es auf dem Grundstück versickert und/oder in ein oberirdisches Gewässer eingeleitet wird und hierbei die wasserrechtlichen Anforderungen erfüllt werden. Daher besteht die Möglichkeit, anfallendes Regenwasser auf dem Grundstück zu versickern, wofür bei nicht ausschließlich zur Wohnnutzung dienenden Grundstücken eine Wasserrechtliche Erlaubnis bei der Behörde für Umwelt und Energie, Amt für Wasserwirtschaft beantragt werden muss. Kann das Niederschlagswasser in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden ist eine wasserrechtliche Erlaubnis nach § 10 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) erforderlich. Diese ist entweder bei der Behörde für Umwelt und Energie, Amt für Immis-

sionsschutz und Betriebe (für Außen- und Binnenalster samt elbseitiger Fleete, Untere Bille und ihre Kanäle, Hafengebiet und Bundeswasserstraßen) oder beim zuständigen Fachamt für Management des öffentlichen Raums des jeweiligen Bezirksamtes (weitere oberirdische Gewässer außerhalb des Hafengebietes) zu beantragen. Die zuständige Stelle entscheidet im Zuge der Genehmigung über eine Einleitmengenbegrenzung. Siehe dazu: <http://www.hamburg.de/abwasser/nofl/3753762/genehmigungen-start/>.

3.1.4.2 Gesetze und Regelwerke

- Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG)

Zweck dieses Gesetzes ist es, durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung die Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts, als Lebensgrundlage des Menschen, als Lebensraum für Tiere und Pflanzen sowie als nutzbares Gut zu schützen.

Zur Einleitung von Niederschlagswasser in oberirdische Gewässer bedarf es einer wasserrechtlichen Erlaubnis (§8 (1) WHG) nach § 10 WHG, da das Entnehmen von Wasser aus oberirdischen Gewässern sowie das Einleiten von Wasser/Abwasser in oberirdische Gewässer eine Benutzung im Sinne des §9 (1) WHG ist. Die wasserrechtliche Erlaubnis gewährt die Befugnis, ein Gewässer zu einem bestimmten Zweck in einer nach Art und Maß bestimmten Weise zu benutzen (§10 (1) WHG). Nach §13 WHG kann die Erlaubnis unter Festsetzung von Inhalts- und Nebenbestimmungen erteilt werden und auch nachträglich verändert werden. Zuständig für die Erteilung der wasserrechtlichen Erlaubnis sind die Bezirksamter oder die BUE, Behörde für Umwelt und Energie, für Außen- und Binnenalster samt elbseitiger Fleete, untere Bille und ihre Kanäle, Hafengebiet und Bundeswasserstraßen.

- Hamburgisches Abwassergesetz (HmbAbwG)

Das HmbAbwG regelt im zweiten Abschnitt §§ 4-12 die Angelegenheiten, die mit dem Anschluss und der Benutzung der öffentlichen Abwasseranlagen in Verbindung stehen. Die Anschlusspflicht von Grundstücken an das öffentliche Siel regelt §6, wobei §9a die Anschlusspflicht (§ 6) und den Benutzungszwang (§ 9) für Niederschlagswasser unter bestimmten Voraussetzungen (Versickerung beziehungsweise Einleitung in ein oberirdisches Gewässer unter Beachtung wasserrechtlicher Bestimmungen) ausnimmt.

Nach §7 bedarf der Anschluss an die öffentlichen Abwasseranlagen einer Genehmigung durch die zuständige Behörde (hier HSE), wobei in Satz 3 näher erläutert wird: „Die Genehmigung des Anschlusses kann mit Nebenbestimmungen versehen werden, insbesondere kann die Einleitungsmenge von Niederschlagswasser begrenzt werden, wenn die bebauten oder befestigten Flächen von einem Grundstück oder von mehreren Grundstücken [...], von denen Niederschlagswasser in die öffentlichen Abwasseranlagen eingeleitet werden soll, 650 m² überschreiten und die Ableitung dieses Niederschlagswassers auf Grund der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Siele oder der der Vorflut dienenden Gewässer nur begrenzt möglich ist.“

Die Einleitungsgenehmigung wird in §11a geregelt, wonach Abwasser von Grundstücken erst eingeleitet werden darf, wenn dies von der zuständigen Behörde genehmigt worden ist und in den Nebenbestimmungen zu der Genehmigung Anforderungen über Art und Maß der Benutzung der öffentlichen Abwasseranlagen festgelegt wurden. In Satz 3 wird erläutert, dass die Genehmigung widerruflich ist und mit weiteren Nebenbestimmungen (z.B. Einleitmengenbegrenzung) verbunden werden kann. Allerdings wird in Absatz (3) ergänzt, dass die Einleitung von nicht nachteilig veränderten Niederschlagswasser von der Genehmigungsbedürftigkeit freigestellt ist, außer im Falle einer Mengengrenzung nach § 7 Absatz 1 Satz 3 (Einleitmengenbegrenzung ausgesprochen

von HSE). Das bedeutet im Umkehrschluss, dass wenn keine Einleitmengenbegrenzung von Seiten der HSE ausgesprochen wurde, auch keine Einleitungsgenehmigung nach §11a bei der BUE beantragt werden muss. Nachträgliche Anordnungen seitens der Behörde können nach §11b getroffen werden, wenn die Abwassereinleitungen nicht mehr den Anforderungen, die sich aus diesem Gesetz und den dazu erlassenen Rechtsverordnungen ergeben, entsprechen.

- Hamburgische Bauordnung (HBauO) und Bauvorlagenverordnung (BauVorIVO)

Die Hamburgische Bauordnung vom 14.12.2005 regelt im Wesentlichen das Bauordnungsrecht in Hamburg. Die Bauvorlagenverordnung vom 14.12.2010 regelt, welche erforderlichen Unterlagen (Bauvorlagen) für die Beurteilung eines Bauvorhabens und die Bearbeitung des Bauantrags einzureichen sind.

Im Genehmigungsverfahren nach § 62 HBauO sind u.a. Bauvorlagen nach anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften (siehe § 18 BauVorIVO), vorzulegen, soweit diese für das Vorhaben beachtlich sind.

Im Zustimmungsverfahren nach § 64 HBauO wird die Grundstücksentwässerungsanlage durch die Bauaufsichtsbehörde nicht geprüft. Andere eigenständige Zulassungsentscheidungen sind gesondert zu beantragen. Bei einer Einleitmengenbegrenzung durch die HSE im Rahmen der Sielanschlussgenehmigung, ist eine Einleitungsgenehmigung bei der BUE mit den erforderlichen Unterlagen zu beantragen.

Die erforderlichen Bauvorlagen beinhalten u. a. einen Entwässerungsnachweis mit Berechnung der Abwasservolumenströme (Regenwasservolumenstrom nach DIN 1986-100) und den Nachweis der schadlosen Überflutung für die Ableitung von abflusswirksamen Flächen bei einer Größe von insgesamt mehr als 800 m² (Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100).

In § 4 Absatz 3 BauVorIVO wird allerdings ausge-

führt, dass die „[...] Bauvorlagen, die die grundsätzliche Genehmigungsfähigkeit des Vorhabens nicht berühren, aus der Vollständigkeitsprüfung der Bauvorlagen [...] zu einem späteren Zeitpunkt zur Prüfung“ nachgereicht werden können. Dazu zählen auch die Bauvorlagen zur Prüfung abwasserrechtlicher Belange (§ 18 Absatz 2 BauVorlVO). In diesem Fall kann mit dem Bau der Grundstücksentwässerungsanlage erst begonnen werden, wenn auf Grund der nachgereichten Unterlagen ein Ergänzungsbescheid erlassen worden ist.

- **DIN 1986 – 100: Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke**
Der Volltitel der DIN 1986-100 lautet: „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056“. Sie gilt für Entwässerungsanlagen zur Ableitung von Abwasser in Gebäuden und auf Grundstücken, die überwiegend mit Freispiegelleitung betrieben werden. Die Norm legt einheitliche technische Bestimmungen für Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Entwässerungsanlagen zur Ableitung von Abwasser fest. Ein Ziel ist, die Entwässerungsanlagen so zu bemessen, dass ein ausreichender Schutz vor unplanmäßiger Überflutung gegeben ist.

- **DWA-A 117: Bemessung von Regenrückhalteräumen**
Das Arbeitsblatt A-117 der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA), ist im Bereich der gesamten Abwasserab- leitung zwischen der Grundstücksentwässerung und dem Gewässer anwendbar. Regenrückhalte- räume (RRR) im Sinne des Arbeitsblattes können als Becken, als Rückhaltekanäle, Rückhaltegräben oder -teiche und in Kombination mit Versicke- rungsanlagen gestaltet werden. In die Betrachtung sind grundsätzlich auch großvolumige Teile des Abflusssystems (Kanäle, Gräben, Ausleitungs- strecken) einzubeziehen, soweit sie planmäßig eingestaut werden können.

- **DWA-A 118: Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen**
Das DWA-Arbeitsblatt A-118 befasst sich mit der Bemessung und dem Nachweis von Entwässe- rungssystemen, die vorwiegend als Freispiegel- systeme betrieben werden und zur Ableitung von Schmutz-, Regen- und Mischwasser dienen. Da- bei erstreckt sich der Gültigkeitsbereich von dem Punkt an, wo das Abwasser das Gebäude bzw. die Dachentwässerung verlässt oder in einen Stra- ßenablauf fließt bis zu dem Punkt, an dem das Ab- wasser in eine Behandlungsanlage oder in ein Ge- wässer eingeleitet wird. Das heißt, dass Schmutz-, Regen und Mischwasserkanäle und –leitungen sowie offene Gerinne (getrennte Regenwasserab- leitung) in Abhängigkeit vom Entwässerungsver- fahren und den zulässigen Abflussbeiwerten nach dem Arbeitsblatt zu berechnen sind.
Hinsichtlich der Einleitmengenbegrenzung trifft das Arbeitsblatt die Aussage, dass bei hydrau- lischen Engpässen im bestehenden System die zulässige Abflussspende unmittelbar auf die hy- draulische Leistungsfähigkeit des Entwässerungs- netzes abzustimmen ist.

3.1.4.3 Vorgehen bei Einleitung von Nieder- schlagswasser in öffentliche Siele oder Oberflä- chengewässer in Hamburg

Im Verlauf der Erstellung dieses Leitfadens wurden verschiedene Kategorien für Bauvorhaben an erar- beitet, anhand denen die Vorgehensweise erläu- tert wird. Bei der Entwässerung von Grundstücken müssen folgende Anforderungen berücksichtigt werden (siehe auch Abb. 22):

- Bei einer reinen Sanierung von Gebäu- den/Außenanlagen/Sielanschlüssen (z.B. Lei- tungsquerschnitt, Übergabestelle) oder Erweite- rungsbauten/Zubauten/Ersatz(neu)bauten, wenn nach Prüfung der Bemessung der Sielanschluss noch ausreichend ist, ist ohne Änderungen am

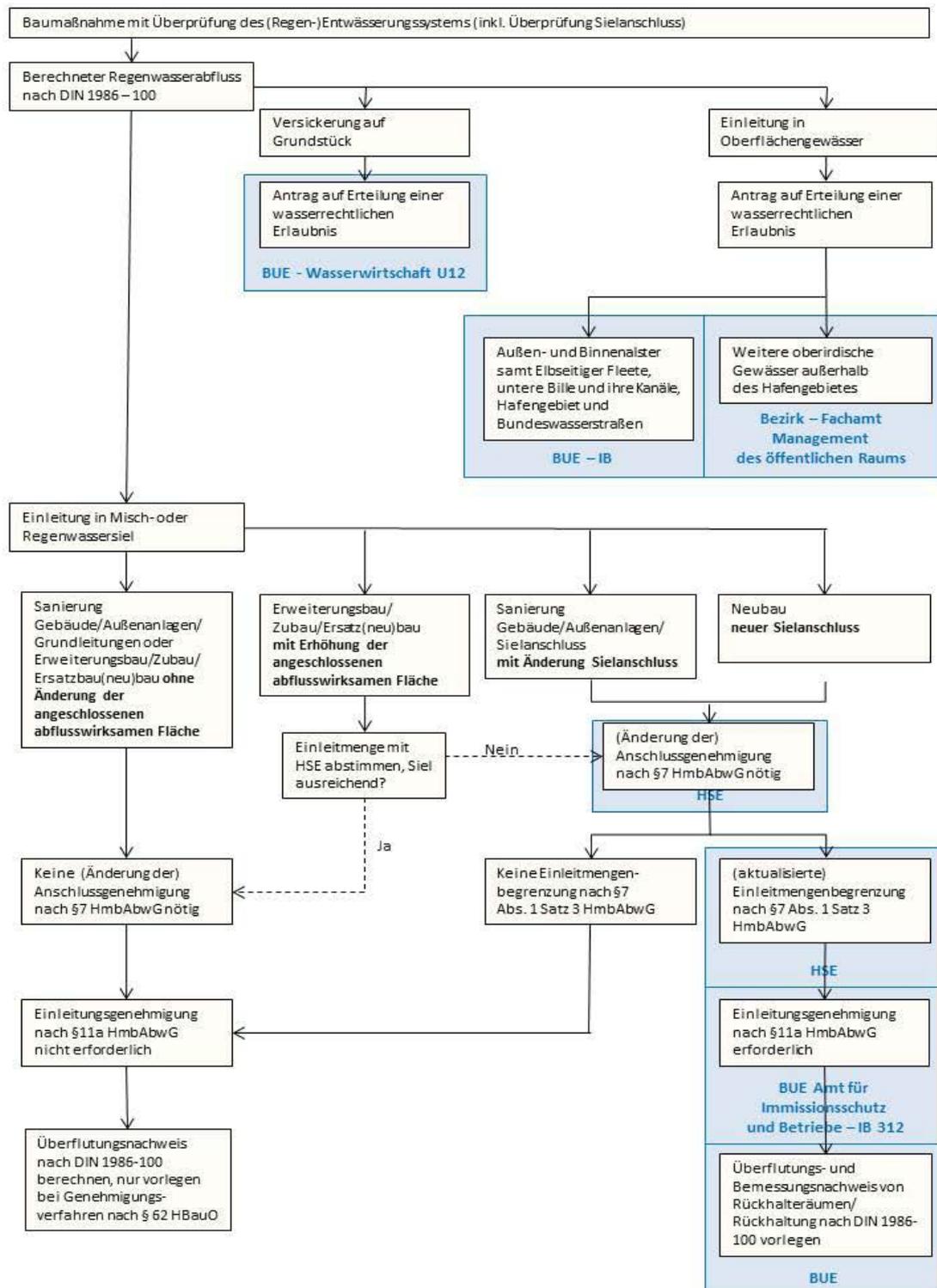


Abb. 22: Schema zum Vorgehen bei Einleitung von Niederschlagswasser in öffentliche Siele oder Oberflächengewässer in Hamburg. Die Blauen Boxen klären über die jeweils für den Vorgang zuständigen Stellen auf.

Sielanschluss keine Änderung der Anschlussgenehmigung nach §7 HmbAbwG nötig und somit auch keine Einleitungsgenehmigung nach § 11a HmbAbwG bei der Behörde für Umwelt und Energie (BUE) zu beantragen.

- Bei Sanierungen von Gebäuden/Außenanlagen/Sielanschlüssen mit einer Änderung der Sielanschlüsse ist eine Anschlussgenehmigung nach §7 HmbAbwG nötig und bei HSE zu beantragen. Sollte eine Einleitungsmengenbegrenzung durch die HSE ausgesprochen werden, ist eine Einleitungsgenehmigung bei der BUE mit den erforderlichen Unterlagen zu beantragen.
- Wenn bei Erweiterungsbauten/Zubauten/Ersatzneubauten mit einer Erhöhung der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche in der Anschlussgenehmigung nach § 7 HmbAbwG eine Einleitmengenbegrenzung nach §7 Abs.1 Satz 3 HmbAbwG vorliegt, muss eine Einleitungsgenehmigung nach §11a HmbAbwG beantragt werden. Wenn keine Einleitmengenbegrenzung nach §7 Abs.1 Satz 3 HmbAbwG vorliegt, sollte bei der HSE die mögliche Einleitmenge in das Sielnetz abgefragt und abgestimmt werden, u.U. muss keine (erneute) Anschlussgenehmigung nach § 7 HmbAbwG und somit auch keine Einleitungsgenehmigung nach §11a HmbAbwG beantragt werden.
- Bei Neubauten mit Errichtung eines neuen Sielanschlusses ist eine Anschlussgenehmigung nach §7 HmbAbwG erforderlich. Diese wird bei der Hamburger Stadtentwässerung (HSE) beantragt. Sollte eine Einleitungsmengenbegrenzung durch die HSE ausgesprochen werden, ist eine Einleitungsgenehmigung bei der BUE mit den erforderlichen Unterlagen zu beantragen.

Grundsätzlich ist bei jeder Sanierung oder Änderung, unabhängig von Genehmigungsverfahren, folgendes zu beachten:

Entsprechend DIN EN 752:2008 Ziffer 5.2 sind die

Leistungsanforderungen für ein Entwässerungssystem in regelmäßigen Abständen zu überprüfen und wenn erforderlich zu aktualisieren. Das bedeutet, dass die Bemessung der Grundstücksentwässerungsanlage zu überprüfen und ein Überflutungsnachweis bei einer Fläche > 800 m² zu führen ist. Soweit bereits genehmigte Sielanschlüsse weiterhin ausreichend sind, können diese verwendet werden.

Wenn von Seiten der HSE keine Einleitmengenbegrenzung ausgesprochen wurde, ist im Folgenden auch keine Einleitungsgenehmigung nach §11 HmbAbwG bei der BUE erforderlich, da in dem Fall die Einleitung von Niederschlagswasser nicht genehmigungsbedürftig ist.

Bei einer Erhöhung der angeschlossenen abflusswirksamen Fläche ist bei der HSE in jedem Fall aber frühzeitig die mögliche Einleitmenge in das Sielnetz abzufragen und abzustimmen. Wenn die HSE eine Einleitmengenbegrenzung ausspricht, ist eine Einleitungsgenehmigung nach §11 a HmbAbwG erforderlich. Die Einleitmengenbegrenzung darf seitens HSE allerdings nur bei Grundstücken mit einer anzuschließenden Fläche (zu ermitteln aus dem Außenanlagenplan einschließlich Dachflächen ohne Berücksichtigung der Abflussbeiwerte) größer 650 m² erteilt werden und wenn die Ableitung des Niederschlagswassers aufgrund der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Siele oder der als Vorflut dienenden Gewässer nur begrenzt möglich ist.

Wenn eine Einleitmengenbegrenzung ausgesprochen ist, muss der Bemessungsnachweis der Rückhaltung nach DIN 1986-100 erfolgen.

Bei abflusswirksamen Flächen > 800 m² ist grundsätzlich ein Überflutungsnachweis erforderlich. Die Vorlage des Überflutungsnachweises ist lediglich erforderlich, wenn auch eine Einleitungsgenehmigung nach §11 a HmbAbwG einzuholen ist oder eine Genehmigung nach § 62 HBauO beantragt wird.

- Allgemeine Regelungen bei der Realisie-

rung von Gründächern

Die Prüfung abwasserrechtlicher Belange im Rahmen des Genehmigungsverfahrens nach § 62 HBauO verlangt einen Entwässerungsnachweis mit Berechnung der Abwasservolumenströme (Regenwasservolumenstrom nach DIN 1986-100, Gleichung 5). Bei der Berechnung des Regenwasservolumenstroms können Gründächer mittels Abflussbeiwert betrachtet werden. In der Berechnungsgleichung wird die wirksame Niederschlagsfläche (z.B. Dachfläche und versiegelte Hofffläche) mit der Regenpende und dem Abflussbeiwert der Flächen multipliziert.

Bei Bau-/Sanierungsvorhaben werden für intensive (ab 30 cm Aufbaudicke $C_s = 0,2$) oder extensive Gründächer ($C_s = 0,4$ ab 10 cm Aufbaudicke bzw. 0,5 unter 10 cm Aufbaudicke) nach der Berechnung nur noch 20 % bzw. 40 oder 50% des Regenwasservolumenstroms anfallen. Dadurch kann die rechnerische Einleitmenge reduziert werden und die Pflicht zur Beantragung einer Anschlussgenehmigung nach § 7 HmbAbwG bzw. Einleitungsgenehmigung nach § 11a HmbAbwG entfallen, wenn keine Änderung am Sielanschluss erforderlich wird. Ab einer abflusswirksamen Fläche von 800m² ist ein Überflutungsnachweis zu führen. Der Überflutungsnachweis ist bei einer Beantragung einer Einleitungsgenehmigung oder im Genehmigungsverfahren nach § 62 HBauO (mit Prüfung der Entwässerungsanlage) mit einzureichen.

Anzuwendender Berechnungsgang (Nachweis) nach Regelwerken bei Begrenzung der Einleitmenge nach §7 HmbAbwG:

Im Falle einer ausgesprochenen Einleitmengenbegrenzung nach §7 HmbAbwG durch HSE ist auch eine Einleitungsgenehmigung nach §11a HmbAbwG bei der BUE zu beantragen. Im Rahmen der Überprüfung des Entwässerungssystems wird vor der Beantragung von Genehmigungen der Regenwasservolumenstrom von Niederschlagsflächen nach DIN 1986-100, Gleichung 5, berechnet. Bei Flächen > 800 m² ist grundsätzlich ein Über-

flutungsnachweis nach DIN 1986-100, Gleichung 20 oder 21, erforderlich. Der Nachweis der schadlosen Überflutung muss auf der Fläche des eigenen Grundstückes erfolgen, d.h. meist oberirdisch durch Hochborde oder Mulden, wenn keine Menschen, Tiere oder Sachgüter gefährdet sind. Dies kann beispielsweise auf Sportplätzen erfolgen, auf denen durch Hochborde einige Zentimeter Regenwasser kurzzeitig angestaut werden können. Bei einer Einleitungsgenehmigung nach §11 HmbAbwG ist auch die Vorlage des Überflutungsnachweises erforderlich.

Bei einer ausgesprochenen Einleitmengenbegrenzung muss auch der Nachweis der Bemessung von Rückhalteräumen nach DIN 1986-100, Gleichung 20, erfolgen. In dem Fall wird das berechnete erforderliche Rückhaltevolumen unterirdisch realisiert.

Spezielle Regelungen bei Realisierung von Gründächern:

Soll Regenwasserrückhaltung auf einem Gründach geplant werden, dann muss dieser separate Rückhalteraum mit den entsprechenden Dachdrosseleinrichtungen („Retentions Gründach“) nachgewiesen werden. Aufgrund der Aufstauhöhen auf dem Dach müssen auch die Abflussleistungen der Dachdrosseln nachgewiesen werden. Soll auch das Regenwasser bis zum 30-ig jährigen Regenereignis (Überflutungsnachweis) auf dem Dach zurückgehalten werden, muss dieses ebenfalls bei dem erforderlichen Rückhaltevolumen und bei der Drosselabflussleistung berücksichtigt und entsprechend nachgewiesen werden. Dieses gesondert zur Verfügung gestellte Rückhaltevolumen (aus Regenwasserrückhaltung und Überflutungsnachweis Dach) kann in der Betrachtung des Überflutungsnachweises für das Gesamtgrundstück berücksichtigt werden. Dabei ist die Zuordnung des Rückhaltevolumens zu der auf dem jeweiligen Dach anfallenden Regenwassermenge zu beachten.

Anzuwendender Berechnungsgang (Nachweis) nach Regelwerken ohne Begrenzung der Einleitmenge nach §7 HmbAbwG:

Im Rahmen der Überprüfung des Entwässerungssystems wird der Regenwasservolumenstrom von Niederschlagsflächen nach DIN 1986-100, Gleichung 5, berechnet.

Bei Flächen > 800 m² ist grundsätzlich ein Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100, Gleichung 20 oder 21, erforderlich. Der Nachweis der schadenlosen Überflutung muss auf der Fläche des eigenen Grundstückes erfolgen, d.h. meist oberirdisch durch Hochborde oder Mulden, wenn keine Menschen, Tiere oder Sachgüter gefährdet sind. Dies kann beispielsweise auf Sportplätzen erfolgen, auf denen durch Hochborde einige Zentimeter Regenwasser kurzzeitig angestaut werden können.

3.2 Übertragbarkeit

3.2.1 Beschreibung und Evaluierung der in Hamburg eingesetzten Instrumente

3.2.1.1 Ziele

Es wurden Aussagen zu Verantwortlichkeiten, Entscheidungsstrukturen, notwendigen Arbeitsschritten und der Implementierung von Instrumenten zur Förderung von Dachbegrünung in Hamburg gesammelt und verschiedene formelle und informelle Instrumente (Förderprogramme, Pläne, Kommunikationsstrategien, etc.) analysiert.

Die Ergebnisse der Evaluierung der Hamburger Gründachstrategie sollen für Kommunen als Argumentationsgrundlage gegenüber Politik und Öffentlichkeit dienen. Das Hamburger Vorhaben kann kommunalen Entscheidungsträgern Hilfestellung und Hintergrundinformationen bieten und Kommunen in ihrer Entscheidung unterstützen. Außerdem soll untersucht werden, inwieweit die verschiedenen Instrumente zur Gründachförderung bereits Eingang in den Hamburger (Verwaltungs-)Alltag gefunden haben bzw. welche Schritte noch notwendig sind, um diese umzusetzen.

3.2.1.2 Vorgehensweise/Methodik

Es wurden Interviews zu verschiedenen Instrumenten der Gründachstrategie durchgeführt, weiterhin kam es zu begleitenden Teilnahme an themenbezogenen Sitzungen, Dokumentenanalysen und Übertragung von Ergebnissen aus Einzelgesprächen mit Beteiligten.

Teil I: Interviews und Teilnahme an AG-Diskussionen zu Instrumenten der Gründachstrategie

Im ersten Teil wurden die für die Gründachstrategie wichtigsten Instrumente ausgewählt und persönliche Interviews mit den verantwortlichen Personen in der Hamburger Verwaltung geführt (Herbst/Winter 2015/2016). Die Befragungen er-

folgten teilstrukturiert auf Grundlage eines Interview-Leitfadens. Dafür wurden Fragen zuvor durch die HCU festgelegt und einige Tage im Voraus an die Befragten verschickt. Während der Gespräche ergaben sich jedoch meist spontan bestimmte Aspekte denen dann genauer nachgegangen wurde. Die Interviews dauerten meist etwa eine Stunde und wurden vor Ort am Arbeitsplatz der Befragten durchgeführt und mit ihrem Einverständnis auf einem Diktiergerät aufgenommen. Außerdem wurden verschiedenen Diskussionsrunden und Arbeitsgruppentreffen zur Gründachstrategie begleitet. Die Ergebnisse wurden qualitativ ausgewertet. Instrumente, die durch die erste Befragung abgedeckt wurden waren:

- Öffentlichkeitsarbeit der Gründachstrategie der BUE (BUE-Landschaftsplanung und Stadtgrün, August 2015)
- Gesplittete Abwassergebühr (HamburgWasser, Dezember 2015)
- Bauleitplanung (BUE-AG, November 2015)
- Ökologische Ausgleichsmaßnahme gemäß BNatSchG (BUE-Naturschutz, Januar 2016)
- Gründachförderprogramm der FHH (IFB Hamburg, Oktober 2015)
- Umweltpartnerschaft Hamburg (BUE-Geschäftsstelle Umweltpartnerschaft, Februar 2016)

Teil II: Dokumentenauswertung zu Instrumenten & Begleitung AG-Treffen

Im zweiten Teil der Evaluierung wurden Dokumente zu Studien, Forschungsprojekten und Instrumenten ausgewertet um zu Aussagen über die aktuelle Praxis zum Umgang mit Dachbegrünungen in verschiedenen Instrumenten zu gelangen. Weiterhin wurden die ersten Ergebnisse aus Teil I anhand der Begleitung verschiedener Arbeitsgruppentreffen und Workshops überprüft und erweitert.

Teil III: Befragung eines erweiterten Personenkreises aus Verwaltung und Praxis

Im zweiten Teil der Befragungen wurden Zwi-

schenergebnisse innerhalb einer Arbeitsgruppe aus der Hamburger Verwaltung diskutiert.

3.2.1.3 Gründachfläche Hamburgs

Die Daten einer Luftbilddauswertung von HamburgWasser ergaben, dass Hamburg im Jahr 2013 etwa 123 ha Gründachfläche vorzuweisen hatte. Das entspricht einem Anteil von etwa 2% der gesamten Dachflächen im Hamburger Stadtgebiet (Tab.8). Im Vergleich der Bezirke hat Bergedorf mit 3,5% begrünten Dächern den größten Anteil. In den einzelnen Stadtteilen liegt der Anteil von Gründächern an den Dachflächen von 0% bis ca. 28% (hier nicht dargestellt). Morfleet (28%) und Billwerder (14%) sind die einzigen Stadtteile mit über 10% Gründachanteil. Nach dieser Auswertung waren zu diesem Zeitpunkt in Altengamme, Gut Moor, Kirchwerder, Kleiner Grasbrook, Moorburg, Neuenfelde, Ochsenwerder, Reitbrook, Spadenland und Tatenberg keine Gründächer vorhanden.

Um die Wirksamkeit verschiedener Instrumente zur Förderung von Gründächern zu analysieren wurden Interviews mit verschiedenen Verantwortlichen durchgeführt und Dokumente analysiert. Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigten, dass ein Vorteil der Hamburger Gründachstrategie deren umfassender Charakter ist. Durch die Betrachtung vielfältiger Planungsinstrumente konnten Faktoren identifiziert werden, die sich gegenseitig positiv beeinflussen und somit zum Erfolg der Strategie beitragen können. Im Folgenden werden die Instrumente zur Gründachförderung aufgeführt und die Ergebnisse der Untersuchungen wiedergegeben.

3.2.1.4 Bauleitplanung

- Bauleitplanung und B-Pläne als Instrument und Praxis HH

Die Bauleitplanung umfasst die vorbereitende (Flächennutzungsplan) und die verbindliche Bauleitplanung, wobei Bebauungspläne verbindliche Bauleitpläne sind, in denen grundstücksbezogen

Tab. 8: Dach- und Gründachflächen in Hamburger Bezirken und im gesamten Stadtgebiet, ermittelt aus der HamburgWasser Luftbildauswertung aus dem Jahre 2013.

Bezirk	Gesamtdachfläche [ha]	Gründachfläche [ha]	Anteil Gründachfläche [%]
Altona	1012	19	1,9
Bergedorf	597	21	3,5
Eimsbüttel	853	11	1,3
Mitte	1587	23	1,5
Nord	932	19	2,1
Harburg	758	10	1,3
Wandsbek	1713	20	1,2
Summe	7451	123	1,7

bauplanungsrechtliche Vorgaben für die Nutzung und Bebauung von Flächen festgelegt werden. Seit 1997 ist das Recht Bebauungspläne aufzustellen auf die Bezirke übertragen worden. In Sonderfällen, wie etwa bei für die Stadtentwicklung besonders bedeutenden Projekten wie der Hafencity, können Bebauungspläne vom Senat oder der Bürgerschaft anstelle der Bezirke aufgestellt werden. Einzelne wichtige Pläne von gesamtstädtischer Bedeutung kann der Senat in einem besonderen Verfahren von der bezirklichen Ebene zur eigenen Erledigung wieder an sich ziehen (Evokation, § 42 BezVG). Beispiele für ein solches Verfahren waren in letzter Zeit die Autobahndeckelflächen in Altona und Eimsbüttel.

Die Aufstellung neuer B-Pläne sollte erfolgen „sobald und soweit es für die städtebauliche Entwicklung und Ordnung erforderlich ist“ (§ 1 Abs. 3 BauGB). Beispiele dafür können der Bau neuer Wohnungen und Arbeitsstätten, die Sicherung bzw. Weiterentwicklung von Bestandsgebieten, die rechtliche Sicherung der Freihaltung von ökologisch bedeutsamer Bereiche oder die Bewältigung von Konflikten sein, die bei der Ausnutzung des bestehenden Planrechts entstehen können (Dickhaut et al. 2011). Die verbindlichen B-Pläne sind aus den übergeordneten Zielstellungen (F-Plan, LaPro) zu entwickeln. Beispielhafte Festset-

zungstexte aus Hamburger Bebauungsplänen (vor Einführung der Gründachstrategie) wären für extensive Dachbegrünung:

„Bei Neubauten sind mindestens 80 v.H. der Dachflächen mit einem mindestens 8 cm starken durchwurzelbaren Substrataufbau zu versehen und extensiv zu begrünen“ (B-Plan Ohlsdorf 26, Dezember 2013).

Und für intensive Dachbegrünung:

„Auf den mit „(L)“ bezeichneten Flächen des Kerngebiets sind Dachflächen zu mindestens 40 v. H. mit einem mindestens 50 cm starken durchwurzelbaren Substrataufbau zu versehen und mit Stauden und Sträuchern zu begrünen. Die Dachbegrünung ist dauerhaft zu erhalten.“ (Entwurf Bebauungsplan Hafencity 9, November 2009).

Im RISA-Zwischenbericht „Integration dezentraler Regenwasserbewirtschaftung in die Hamburger Bebauungs- und Genehmigungsplanung“ (Dickhaut et al. 2011) wurde anhand einer exemplarische Auswertung von wasserwirtschaftlich relevanten Festsetzungen in den Jahren 2003 (15 B-Pläne) und 2004 (24 B-Pläne) durch die Hamburger Stadtentwässerung darauf hingewiesen, dass häufig Dachbegrünungs-Festsetzungen getroffen wurden, allerdings oft nur auf Nebengebäuden.

In der RISA-Studie wurde nach Auswertung von Interviews festgestellt dass die Festsetzung von extensiven Dachbegrünungen für Nebengebäude und intensiven Dachbegrünungen für Tiefgaragen mittlerweile als Hamburger Standard bezeichnet werden konnte. Dies galt zu dem Zeitpunkt (2011) allerdings nicht für die Festsetzung von extensiven Dachbegrünungen auf Hauptgebäuden. Zusätzlich können u.a. zur Förderung und Sicherung der mit der Bauleitplanung verfolgten Ziele städtebauliche Verträge geschlossen werden. Mit städtebaulichen Verträgen nach § 11 BauGB sind Möglichkeiten der Kooperation zwischen Gemeinden und Privaten geregelt (neben vorhabenbezogenen Bebauungsplänen nach § 12 BauGB). Städtebauliche Verträge „sind Verträge, die Fragen des Städtebaurechts regeln“. Was alles darunter fallen

kann, nennt § 11 Abs. 1 S. 2 BauGB, wobei diese Aufzählung nicht abschließend ist. Gegenstand eines städtebaulichen Vertrages kann gemäß § 11 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 BauGB beispielsweise „die Vorbereitung oder Durchführung städtebaulicher Maßnahmen durch den Vertragspartner auf eigene Kosten; dazu gehören auch die Neuordnung der Grundstücksverhältnisse, die Bodensanierung und sonstige vorbereitende Maßnahmen sowie die Ausarbeitung der städtebaulichen Planungen sowie erforderlichenfalls des Umweltberichts“ sein. Dabei bleibt jedoch die Verantwortung der Gemeinde für das gesetzlich vorgesehene Planaufstellungsverfahren unberührt (§ 11 Abs. 1 S. 2 Nr. 1 2.Hs. BauGB). Die zwischen den Parteien vereinbarten Leistungen müssen nach den Gesamtumständen angemessen sein (§ 11 Abs. 2 S. 1 BauGB). Dies ist auch dann nicht der Fall, wenn eine Leistung erbracht werden soll, auf die auch ohne den Vertrag ein Anspruch besteht. Solche Vereinbarungen sind unzulässig (§ 11 Abs. 2 S. 2 BauGB).

- Ergebnisse der Evaluierung BLP

Aus Arbeitsgruppentreffen und Interviews konnten einige Schwierigkeiten bei der Festsetzung von Dachbegrünungen in B-Plänen bzw. der Umsetzung der Vorgaben in Ihnen festgestellt werden. Einerseits gab es wohl in der Vergangenheit Widerstand von Seiten der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI) bei Festsetzungen in Gewerbegebieten. Außerdem kam es vor allem in den 1990er Jahren öfter zu Befreiungen von Durchführung einer festgesetzten Dachbegrünung seitens der Bezirke, das scheint heutzutage aber nur noch in seltenen Fällen vorkommen. Bei kleinen Bauvorhaben wie Carports & Garagen kam und kommt es wohl öfter zu Schwierigkeiten in der Umsetzung bzw. zu gar keiner Umsetzung der Vorgaben, wenn die Akzeptanz von Seiten der Bauherren nicht da ist. Dies hängt auch damit zusammen dass die Überprüfung der Umsetzung von Vorgaben wegen fehlender Personalkapazitä-

ten nicht leistbar ist. Eine weitere Erfahrung der Bearbeiter in verschiedenen Hamburger Bezirken ist, dass bei Festsetzung von Dachbegrünungen mit Ausnahme von Leichtdächern dazu führen können, dass bewusst Leichtdächer gebaut werden.

Es zeigte sich, dass eine grundsätzliche Dachbegrünungsfestsetzung in B-Plänen vorstellbar wäre, allerdings immer noch jeweils Einzelfallbetrachtungen notwendig sind, um spezifischen Gegebenheiten und Bedürfnissen in Baugebieten gerecht zu werden. Festsetzungen wurden bisher von verschiedenen Bezirken unterschiedlich gehandhabt, daher wären einheitliche Vorgaben für Festsetzungstexte und -Begründungen für die Bearbeiter wünschenswert. Diese einheitlichen Vorgaben mit Beispielen für Festsetzungstexten und Begründungen wurden von Prof. Dr. Nicole Pfoser im Auftrag der BUE erarbeitet und stehen online zur Verfügung mit der Publikation „Dachbegrünung. Leitfaden zur Planung.“ (<http://www.hamburg.de/gruendach/10603556/leitfaden-dachbegruenung/>). Im Leitfaden sind u.a. Beispiele für Festsetzungs- und Begründungstexte formuliert, die die Aspekte Dachneigung, Flächenwerte/Größenangaben, Art und Höhe Substratauftrag, Vegetationsauswahl und Nutzungsarten beinhalten. Weitgehend sind Rechtsgrundlagen für Festsetzungen und Erläuterungstexte zu Wasserrückhalt, Abwasserrecht, Kombination mit technischen Systemen, Luftschadstoffe, Lärm, Hygiene aufgeführt. Ein Beispiel einer Festsetzung für Wohngebiete aus dem Leitfaden wird im Folgenden zitiert:

„Die Dachflächen in den allgemeinen Wohngebieten und den Mischgebieten sind zu mindestens 30 vom Hundert (v. H.) mit einem mindestens 12 cm dicken durchwurzelbaren Substrataufbau extensiv mit standortangepassten Stauden und Gräsern zu begrünen. Darüber hinaus müssen mindestens 20 vom Hundert (v. H.) mit einem mindestens 50 cm dicken Substrataufbau intensiv mit Stauden und Sträuchern begrünt werden. In den allgemeinen Wohngebieten und den mit „(D)“ bezeichneten

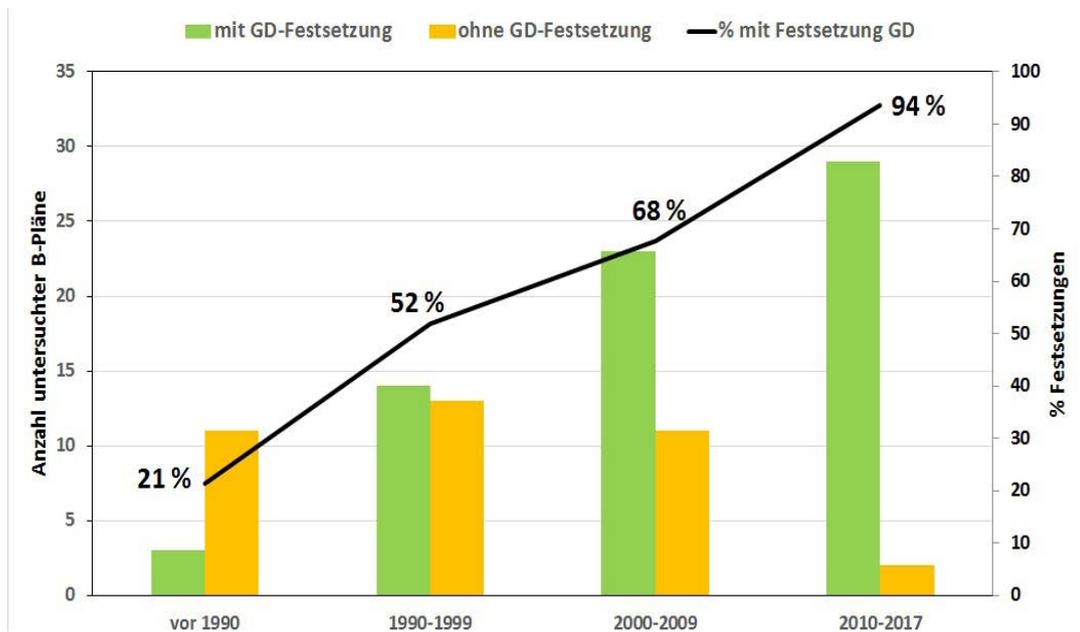


Abb. 23: Anzahl von B-Plänen mit und ohne Gründach-Festsetzungen in verschiedenen Zeiträumen und prozentualer Anteil der B-Pläne der Stichprobe mit GD_Festsetzungen im Zeitraum.

Bereichen des Mischgebiets sind die Dachflächen zu mindestens 50 vom Hundert (v. H.) mit einem mindestens 15 cm dicken durchwurzelbaren Substrataufbau mit standortgerechten einheimischen Stauden und Gräsern zu begrünen. Die Dachbegrünung ist dauerhaft zu erhalten.“

Zur Evaluierung erfolgter Festsetzungen von Dachbegrünungen in B-Plänen wurden in einer stichprobenartigen Untersuchung Festsetzungstexte von 109 B-Plänen aus den Jahren 1953 bis 2017 untersucht. Dabei wurde in etwa die gleiche Anzahl an Plänen pro Bezirk gewählt (13 – 18). Die B-Pläne und deren Festsetzungen wurden nach folgenden Aspekten untersucht:

- Datum der Feststellung
- Festsetzung von Dachbegrünung?
- Wenn Festsetzung von Dachbegrünung, dann nur auf Nebengebäuden oder allgemein?
- Kombination mit Photovoltaik im Festsetzungstext?
- Qualität der Festsetzung (Substratdicke etc.)?

Die Analyse ergab, dass sich der Anteil von Fest-

setzungen von Dachbegrünungen in den Plänen seit den 1980er Jahren erhöht hat, dies bestätigt die Untersuchungen im Rahmen der RISA-Studie und die Aussagen verschiedener Gesprächspartner. Dies verdeutlicht Abb.23, in der Unterschiede in der Anzahl der B-Pläne mit oder ohne Gründachfestsetzungen deutlich werden. Während im Zeitraum vor den 90er Jahren noch 21% der Pläne Festsetzungen innehatten sind es im Zeitraum nach 2010 etwa 94%.

Hinsichtlich der Qualität der Festsetzungen wurde untersucht ob sich diese vom „Standard für Nebengebäude und Garagen/Carports“ hin zu einem allgemeinen Standard für alle Gebäude entwickeln konnten. Der prozentuale Anteil der Festsetzungen nur für Nebengebäude hat sich in B-Plänen der Stichprobe seit den 1990er Jahren verringert (von 22% auf 13% bei B-Plänen von 2010-2017). Die These bzw. Aussage, dass sich die qualitativen Anforderungen im Sinne von Substrathöhen im Laufe der letzten Jahrzehnte geändert hätten, kann anhand der Untersuchung von B-Plänen nicht abschließend bestätigt werden. Abb. 24 zeigt durchschnittliche Anforderungen an die

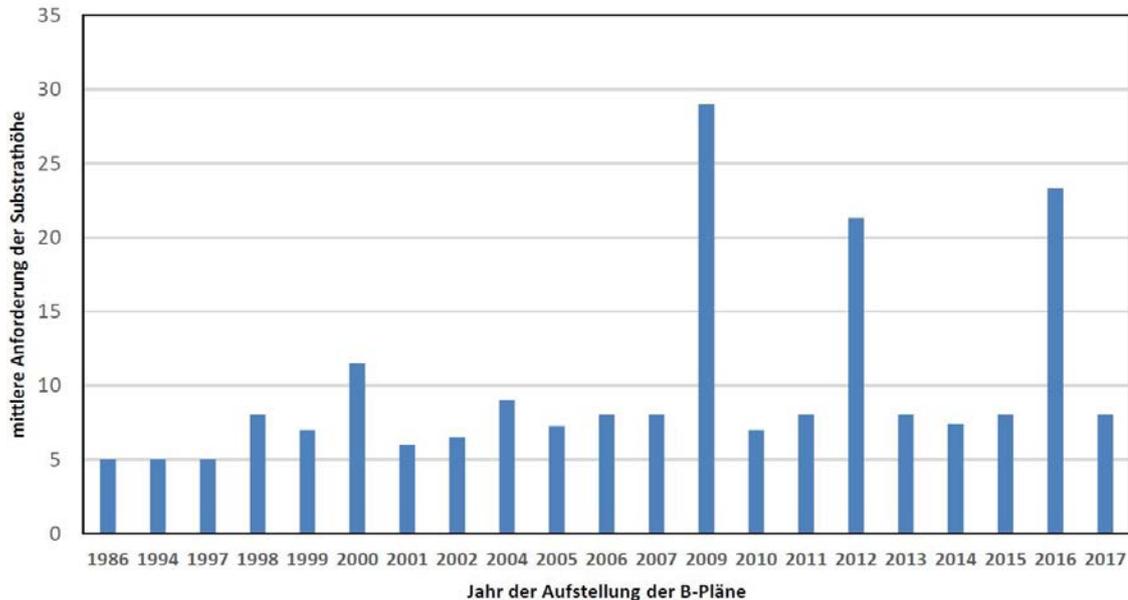


Abb. 24: Mittelwerte der Mindestanforderung an Substrathöhen in den im jeweiligen Jahr aufgestellten B-Plänen.

Substrathöhen von Dachbegrünungen, berechnet aus allen in dem jeweiligen Jahr untersuchten Angaben in B-Plänen. Allerdings nur für Hauptgebäude, Nebengebäude wurden aus der Untersuchung ausgeschlossen. Es ist zu sehen, dass noch bis 1997, wenn überhaupt angegeben, 5 cm Substrathöhen als Mindestanforderung gegeben war. In den darauffolgenden Jahren bis 2017 sind die mittleren Anforderungen relativ konstant bei etwa 8 cm, mit größeren Ausreißern in den Jahren 2009,

2012 und 2016. Die erhöhten Mittelwerte für die jeweiligen Jahre sind allesamt auf B-Pläne aus der HafenCity zurückzuführen, bei denen 50 cm Aufbaustärke vorgegeben sind.

Auch in städtebaulichen Verträge werden in Hamburg bereits regelmäßig Dachbegrünungen festgesetzt, teilweise werden dabei bestehende Bebauungspläne ergänzt. In einer Stichprobenartigen Untersuchung wurden 55 städtebauliche Verträge aus den Jahren 2012 - 2017 nach festsetzungen zu Dachbegrünungen analysiert. Es zeigte sich, dass der Anteil der Verträge mit Gründachfestsetzungen innerhalb der Stichprobe seit 2012 von Jahr zu Jahr zunahm (Abb. 25).

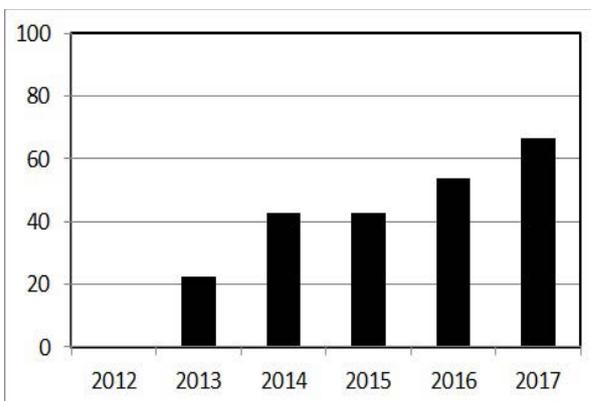


Abb. 25: Prozentualer Anteil der städtebaulichen Verträge mit Gründachfestsetzungen am gesamten Umfang der untersuchten Verträge des Jahres der Aufstellung.

• *Fazit der Evaluierung*

Gründach-Festsetzungen sind mittlerweile (zumindest seit 2010er Jahren) Standard in B-Plänen Hamburgs, mittlerweile auch nicht mehr nur auf Nebengebäuden. Mit dem Leitfaden zur Planung von Dachbegrünung (<http://www.hamburg.de/gruendach/10603556/leitfaden-dachbegruenung/>) können die (Qualitäts-)Standards zukünftig noch verbessert und vereinheitlicht werden. Darü-

ber hinaus können Qualitäten in Bebauungsplänen stärker gefordert werden, hierfür wurden ebenfalls in dem Leitfaden städtebauliche Begründungen formuliert. Auch die Bauprüfer sollen beraten werden, da viele Vorhaben der Verdichtung ohne neue Bebauungspläne realisiert werden.

Zukünftig sollten insbesondere Formulierungen zur Mindeststärke des Schichtaufbaus angeglichen werden. Beispielsweise wird in B-Plänen oft der Begriff durchwurzelbarer Substrataufbau verwendet, in Veröffentlichungen zur Gründachstrategie wird meist von durchwurzelbarer Aufbaudicke, was meist Substrat + Drainage beinhaltet, gesprochen. Insgesamt ist das Instrument Bebauungsplan wichtig, aber nur ein sehr kleinräumiger und flächenmäßig geringfügiger Baustein zur flächendeckenden Umsetzung von Dachbegrünung.

3.2.1.5 Gründachverordnung

- *Gründachverordnung als Instrument und Praxis HH*

Ein Ziel der Strategie war die Erarbeitung bzw. Überprüfung der Möglichkeit einer Einführung einer Gründachverordnung, welche Dachbegrünungen gesetzlich verpflichtend für Neubauvorhaben in bestimmten Stadtgebieten vorschreiben sollte. Baden-Württemberg beispielsweise erweiterte 2015 seine Landesbauordnung (LBO) bezüglich Dachbegrünung: „Ist eine Begrünung von Grundstücken nicht oder nur sehr eingeschränkt möglich, sind bauliche Anlagen zu begrünen (zum Beispiel durch Dach- oder Fassadenbegrünung), soweit ihre Beschaffenheit, Konstruktion und Gestaltung dies zulassen und die Maßnahme für die Bauherrin oder den Bauherrn wirtschaftlich zumutbar ist (§ 9 LBO). Im Gegensatz zur Münchener Freiraumgestaltungssatzung von 1996, welche die Pflicht zur u.a. Dachbegrünungen bei Neubauten für das gesamte Stadtgebiet festsetzt, sollten in Hamburg beispielsweise dicht bebaute Innenstadtbereiche mit den besonders gefährdeten Gebieten der Überflutung, den Hitzeinseln in sommerlichen Hitzeperioden oder in den mit Freiräumen unter-

versorgten Gebieten in Frage kommen (gemäß Freiraumbedarfsanalyse der zuständigen Fachbehörde aus dem Jahr 2012).

- *Ergebnis Evaluierung Gründachverordnung*

Im Rahmen der Gründachstrategie wurde von den Verantwortlichen Mitarbeitern der BUE geprüft, welche qualitativen Anforderungen und Ausnahmeregelungen formuliert werden könnten und auf welche Rechtsgrundlage eine Gründachverordnung gestützt werden könnte. Letztendlich wurde seitens der BUE eine Ermächtigungsgrundlage vorgeschlagen, um in der Folge Verordnungen zur Begrünung von baulichen Anlagen aus baugestalterischen und ökologischen Zielen oder der Anpassung an den Klimawandel zu ermöglichen. Die Ermächtigungsgrundlage wurde im Abstimmungsprozess zwischen Fachbehörden und Senatskanzlei im Sommer 2017 kurz vor Verabschiedung in der Bürgerschaft aus der HBauO gelöscht. Von Seiten der Wohnungswirtschaft kam Widerstand gegen weitere Bauauflagen um das Ziel des Wohnungsbauprogramms (12.000 Wohnungen/Jahr, 1.800 € Baukosten/m² Wohnfläche, 8 €/m² Mietkosten) nicht zu gefährden. Somit konnte der erarbeitete Verordnungsentwurf nicht fertig gestellt werden.

- *Fazit der Evaluierung*

Eine Gründachverordnung wäre ein für Hamburg wichtiges Instrument, um Einfluss auf Neubauvorhaben im nichtbeplanten Innenbereich zu haben und bei Baugenehmigungen nach § 34 BauGB Dachbegrünungen durchzusetzen. Eine Gründachverordnung wäre für Hamburg wie für andere Großstädte wahrscheinlich das wirksamste Instrument, um großflächig Dachbegrünungen durchzusetzen.

3.2.1.6 Gesplittete Abwassergebühr

- *Beschreibung gesplittete Abwassergebühr als Instrument und Praxis HH*

Ein Großteil der Kommunen in Deutschland hat mittlerweile die sogenannte gesplittete Abwassergebühr oder Niederschlagswassergebühr eingeführt. Dies bedeutet, dass neben der Gebühr für die Ableitung und Reinigung von häuslichem Abwasser (festgemacht am Frischwasserverbrauch) ein zweiter Anteil für das abzuleitende Niederschlagswasser erhoben wird. Dieser macht sich an der Grundstücksfläche fest.

Gemäß §13a (1) des Hamburger Sielabgabegesetzes bemisst sich die Niederschlagswassergebühr „[...]nach der Größe der in das Siel direkt oder indirekt einleitenden bebauten, überbauten und befestigten (voll- und teilversiegelten) Grundstücksfläche in Quadratmetern“. Der derzeitige Gebührensatz liegt bei 0,73 € (Niederschlagswassergebühr je Quadratmeter gebührenrelevanter Fläche pro Jahr). Für Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung – u.a. Gründächer – können Abschläge geltend gemacht werden. So werden etwa „Versickerungsfähige teilversiegelte Flächen sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik hergestellte Gründächer mit einer Mindestschichtstärke von fünf Zentimetern, die in das öffentliche Sielnetz einleiten [...] bei der Berechnung der Niederschlagswassergebühr nur zu 50 vom Hundert berücksichtigt“ (§13a (2) Hamburger Sielabgabegesetz).

Die Minderung bzw. Festsetzung der Niederschlagswassergebühr aufgrund von Neubau oder Veränderung der anrechenbaren Flächen (z.B. durch Entsiegelung, Bau von Dachbegrünung) haben Grundstückseigentümer per Erhebungsbogen an HamburgWasser mitzuteilen. Maßnahmen, die zur Abminderung der anrechenbaren Flächen bei der Erhebung von Niederschlagswassergebühren auf den Grundstücken führen, sind auf der homepage einsehbar (<https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/service/gebuehren-abgaben-preise/sielbenutzungsgebuehren/gebuehrensplittung/>).

Nach einer Umfrage von FBB e.V. / NABU e.V. in 2014 nutzten ca. die Hälfte der deutschen Kom-

munen das Instrument, um auch Gründächer indirekt durch eine Reduktion der Gebühren zu fördern. Kontinuierliche Erhebungen des Deutschen Dachgärtner Verbands (DDV) zeigen, dass diese Reduktion sehr unterschiedlich ausfällt. Bei der gemeinsamen Erarbeitung des „Gründachleitfadens für Kommunen“ durch den DDV und die HCU zeigten sich in 2009 folgende Unterschiede: Die Höhe für die Niederschlagswassergebühr liegt zwischen knapp 2 €/m² und 0,3 €/m² in den ausgewerteten Kommunen. Die Gebührenreduktion für die anteilige Fläche von Gründächern schwankt zwischen 0% und 100%, z.T. gestaffelt nach der Substratstärke. Eine Erhebung von Dr. Elke Kruse im Rahmen der Vorbereitung des Workshops „GrüntrifftBlau“ an der HCU im November 2016 zeigt aktuelle Beispiele in Tab. 9.

- *Ergebnisse der Evaluierung gesplittete Abwassergebühr*

Die in Hamburg zuständige Stelle HamburgWasser führt keine Statistik über nachträgliche Begrünungen von Gebäuden und deren Anerkennung als Gebührenreduktionsmaßnahme. Nach Aussage von HamburgWasser gibt es dazu auch keine bekannten Fälle, da es u.a. auch von Seiten der Bürger kaum nachträgliche Meldungen hinsichtlich der Änderung gebührenrelevanter Fläche auf den Grundstücken gäbe.

Während des Workshops „GrüntrifftBlau“ im November 2016 an der HCU wurde die Wirksamkeit des Instruments als Fördermaßnahme für Dachbegrünungen ebenfalls diskutiert. Statt von indirekter Förderung durch die reduzierte Niederschlagswassergebühr zu sprechen, wurde vorgeschlagen, besser von finanziellem Anreiz zu sprechen oder es als „Mitnahmeeffekt“ zu bezeichnen.

Von einigen Teilnehmern wurde die Gebührenreduktion als Signalwirkung eingeschätzt, die öffentlichkeitswirksam ist. Andere haben diesen Aspekt als nicht relevant eingestuft. Dazu wurde im Weiteren anhand von folgenden Fallbeispielen diskutiert, um die Wirkung der reduzierten NW-Gebühr

Tab. 9: Reduktion der Niederschlagswassergebühr ausgewählter Städte mittels Dachbegrünungen verschiedener Aufbauhöhen.

Stadt Bedingung	NW-Gebühr Reduktion	Einsparung (jährlich)	Immobilie (100 - 300 m ²)
Berlin	1,804 €/m ²		
Gründach (keine Angabe)	50%	0,902 €/m ²	90,20 – 270,60 €
Düsseldorf	0,98 €/m ²		
Gründach (keine Angabe)	50%	0,49 €/m ²	49 – 147 €
Hamburg	0,73 €/m ²		
Gründach (> 5 cm)	50%	0,365 €/m ²	36,50 – 109,50 €
Karlsruhe	0,40 €/m ²		
Gründach (mind. 8 cm)	50%	0,20 €/m ²	20 – 60 €
Gründach (mind. 30 cm)	100%	0,40 €/m ²	40 – 120 €
Köln	1,31 €/m ²		
Gründach (nach Abflussbeiwert)	30% - 90%	0,393 – 1,179 €/m ²	39,30 – 353,70 €
Lübeck	0,69 €/m ²		
Gründach (mind. 5 cm)	50%	0,345 €/m ²	34,50 € - 103,50 €
München	1,30 €/m ²		
Gründach (mind. 10 cm, bis 15° Dachneigung)	bis zu 70%	bis zu 0,91 €/m ²	91 – 273 €
Münster	0,61 €/m ²		
Gründach (dauerhaft begrünt)	80%	0,488 €/m ²	48,80 – 146,40 €
Gründach (mit Rückhaltevolumen)	90%	0,549 €/m ²	54,90 – 164,70 €
Stuttgart	0,71 €/m ²		
Gründach (mind. 6 cm)	50%	0,355 €/m ²	35,50 – 106,50 €

je nach Situation genauer zu betrachten:
 - Für Investoren, die die Immobilien direkt verkaufen, ist die Gebühr uninteressant. Sie profitieren nicht von der reduzierten NW-Gebühr. Die Käufer wissen z.T. nicht einmal, ob bzw. dass das Gebäude ein Gründach besitzt.

- Für Mietobjekte könnte die reduzierte NW-Gebühr interessant sein. Immer mehr Wohnungsgesellschaften haben Interesse an Lebenszykluskosten. Hier spielt die Möglichkeit zur

Gebührenreduktion dementsprechend eine Rolle.
- Bei Gewerbegebieten könnten Gründächer (in Kombination mit weiteren Maßnahmen) von Vorteil sein, wenn somit Regenrückhaltebecken weggelassen könnten. Sie sind dauerhafter funktionsfähig und damit bei einigen Kommunen beliebter.

Studien über die Wirkung der reduzierten NW-Gebühr als indirekte Förderung von Gründächern sind derzeit keine bekannt. Bei der Bewertung vier Jahre nach Einführung der Niederschlagsgebühr in Hamburg wurde festgestellt, dass eine weitere Differenzierung der Niederschlagswassergebühr bis zur Befreiung von Gründächern mit größerer Schichtdicke kaum als Anreiz für den Bau von Intensivbegrünungen wirksam würde. Während des Workshops wurde diskutiert, ob die Wirkung des Instruments Niederschlagswassergebühr abhängig von Gebührenhöhe ist (z.B. in Berlin ist die Gebührenreduktion sehr hoch, siehe Übersichtstabelle). Dies würde bedeuten dass je höher die Gebühr ist desto größer das eventuelle Einsparpotential durch Dachbegrünungen, desto größer der finanzielle Anreiz. Die Kontrolle von Angaben sei notwendig, außerdem wird eine technische Prüfung als schwierig eingeschätzt. Alternativ könnte

man, wie in der Emscherregion (GelsenWasser) geschehen, eine einmalige Abkopplungsprämie von 5€/m² abgekoppelte Fläche zahlen.

- *Fazit der Evaluierung*

Derzeit entfaltet die Reduzierung der Niederschlagswassergebühr für Dachbegrünungen kaum Wirksamkeit als Anreiz für (nachträglichen) Bau von Dachbegrünungen. Das liegt vor allem an der relativ geringen Geldmenge, die jährlich eingespart werden kann (50% von 0,73 € je m² Gründachfläche). Das eingesparte Geld könnte eher als indirekte Förderung bzw. „Mitnahmeeffekt“ gesehen werden, um bspw. die jährlichen Kosten zur Gründachpflege zu decken.

3.2.1.7 Förderprogramm

- *Beschreibung finanzielle Förderprogramm als Instrument und Praxis HH*

Von 2015 bis Ende 2019 stellt die Behörde für Umwelt und Energie (BUE) drei Millionen Euro für ein Förderprogramm zur Dachbegrünung zur Verfügung. Gefördert werden Dachbegrünungen auf oberirdischen Geschossen von Wohn- und Nichtwohngebäuden, die freiwillig durchgeführt

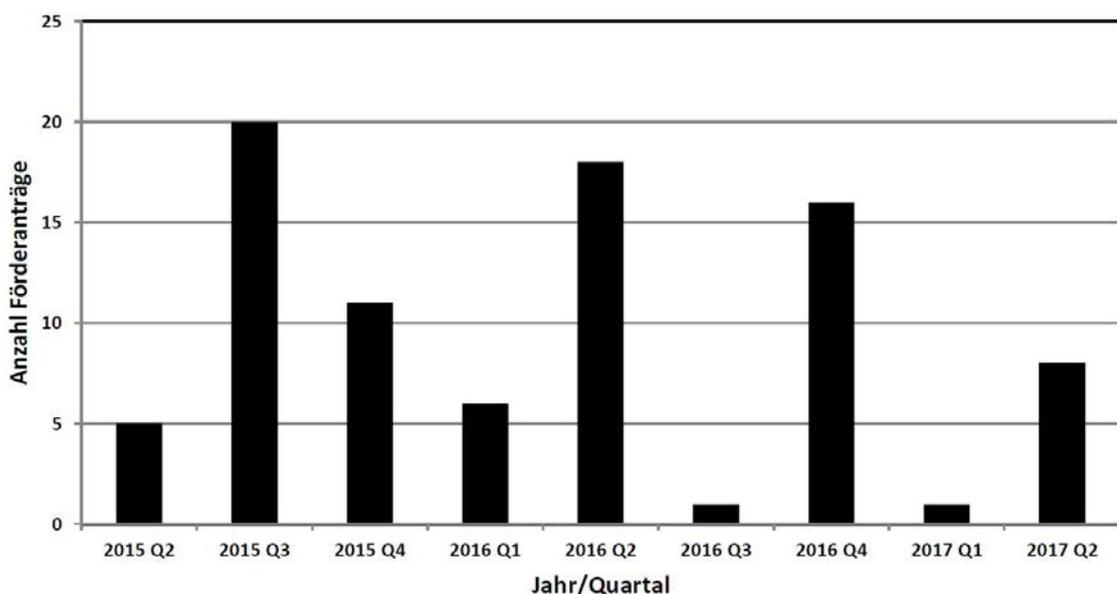


Abb. 26: Anzahl gestellter Förderanträge pro Quartal.

werden und nicht aufgrund rechtlicher Regelungen wie z.B. Bebauungsplänen erforderlich sind. Die minimale Nettovegetationsfläche (NVF), also die Fläche die im Endeffekt tatsächlich begrünt ist, ab der die Beantragung der Fördermittel ist möglich ist, beträgt 20 m². Die Mindestdicke des durchwurzelbaren Aufbaus beträgt für Gewerbegebäuden, Garagen und Carports (Neubau und Bestand) sowie bei bestehenden Wohn- und Bürogebäuden und sonstigen Gebäuden 8 cm. Bei Neubauten von Wohn- und Bürogebäuden sowie sonstige Gebäuden gilt eine Mindestaufbaudicke von 12 cm. Die Förderung für selbstgenutztes Wohneigentum und Nebengebäude von Privatpersonen bei einer Größe von 20 bis zu 100 m² NVF beträgt seit Juli 2015 pauschal 40 % der förderfähigen Kosten für Fertigstellung des Gründachs und die Fertigstellungspflege. Vorher gab es keine gesonderten Förderkonditionen von privatem Wohneigentum. Für größere Dachflächen und gewerbliche Eigentümer gibt es eine Grundförderung, die aus einem Sockelbetrag von 6 € pro Quadratmeter NVF besteht, zuzüglich 1 € pro Quadratmeter NVF pro cm durchwurzelbarer Aufbaudicke, bis maximal 50 cm. Zudem werden 50 % der Kosten für die verbindliche Fertigstellungspflege übernommen. Pro Dachbegrünungsmaßnahme kann einmalig ein Zuschuss von maximal 50.000,- € ausgezahlt werden. Zusätzliche Zuschläge sind möglich, zum Beispiel wenn Freiflächen auf dem Dach geschaffen werden, die Abflussverzögerung erhöht oder Dachbegrünung mit solarer Energiegewinnung kombiniert wird. Die Förderung wird über die Hamburgische Investitions- und Förderbank beantragt und ausgezahlt.

- *Ergebnisse der der Evaluierung Förderprogramm*

Aus der Umstellung der Förderbedingungen für selbstgenutztes Wohneigentum und Nebengebäude resultierte eine einfachere Beratung und auch schnellere Entscheidung. Die in der Beratung der IFB deutlich gewordenen Gründe für eine Entscheidung gegen Dachbegrünung trotz vorheri-

gem Interesse waren einerseits der Ausschluss von nicht-freiwilligen Maßnahmen aus der Förderung (B-Plan Festsetzungen). In diesen Fällen wird versucht in der Beratung auf die Zuschüsse hinzuweisen, die trotz Festsetzungen ausgezahlt werden können (Freiflächennutzung, erhöhter Wasserrückhalt). Hier bestehe ein Unterschied und auch Konkurrenz zu anderen Förderprogrammen, welche trotz B-Plan Festsetzungen genutzt werden können. Andererseits wurde darauf hingewiesen dass die Anforderungen an die Mindestaufbauhöhe (8 bzw. 12 cm) zu hoch sein könnten, da im Bestand aufgrund statischer Gegebenheiten oft nur etwa 6 cm möglich sind, daher ist für diese Gebäude keine Förderung möglich.

Seit Januar 2015 wurden bis zum Zeitpunkt der Berichterstellung 127 Förderanträge bei der IFB Hamburg gestellt und 86 Förderanträge bewilligt (Anzahl der gestellten Förderanträge pro Quartal siehe Abb. 25. Es wurden in diesem Zeitraum etwa 730.000 Euro an Fördervolumen bewilligt, was etwa 24 % der von der Stadt Hamburg zur Verfügung gestellten Mittel beträgt (3 Mio. €). Die bewilligten Projekte entsprechen einer Nettovegetationsfläche (extensive oder intensive Dachbegrünung) von 32.527 m². Es wurden bisher 535 Beratungsgespräche zum Förderprogramm geführt.

Da für die Herstellung eines Gründachs etwa 18-30 Monate Planungs- und Bauzeiten notwendig sind, gibt es zunächst 15 realisierte Projekte (Juni 2017). In der Regel handelt es sich um extensive Dachbegrünungen. Zu Beginn waren vor allem Kleinstflächen nachgefragt (z. B. Car-Ports), mittlerweile wurden eher größere Flächen im Zusammenhang mit Wohnungsneubau hergestellt. Die Zielgruppe setzt sich aus ca. 50% Unternehmen / 50% Privat zusammen. Für Fördermaßnahmen, die einen gewissen Planungsvorlauf benötigen und ein neues Programm zu etablieren ist, liegen die Antragszahlen laut IFB im normalen Bereich.

Die prozentuale Verteilung der bereits bewilligten Objektarten (Stand Juni 2017) zeigt, dass fast 60% unter Wohnungsbau einzuordnen sind (Abb. 26).

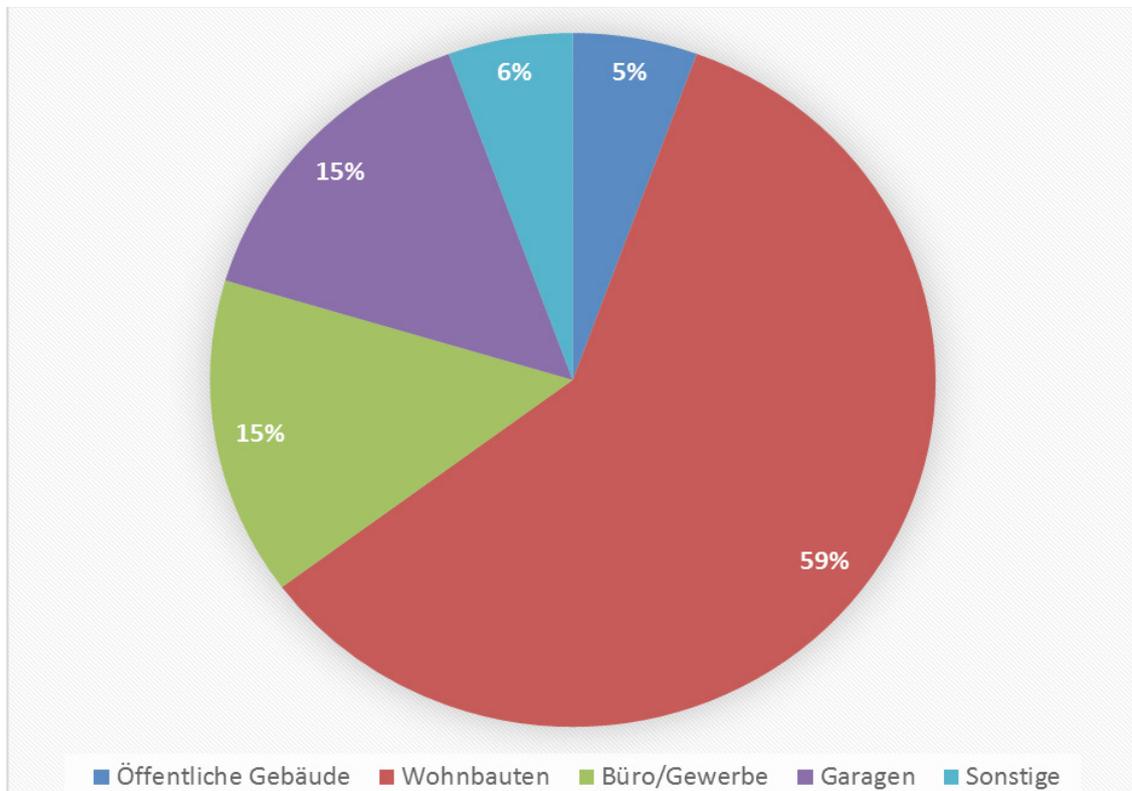


Abb. 27: Anteile der bewilligten Förderanträge nach Objektarten (Stand Juni 2017).

Dazu gehören Ein-, Zwei-, Doppel- und Mehrfamilienhäuser.

- *Fazit der Evaluierung*

Zum Zeitpunkt der Berichterstellung ist noch keine abschließende Beurteilung der Wirksamkeit möglich, derzeit sind die ausgezahlten und beantragten Fördermittel jedoch hinter den Erwartungen. Die Antragszahlen waren laut IFB jedoch im normalen Bereich für neues Förderprogramm. Mithilfe des 2017 online gestellten Fördermittlerechner wurde Beantragung nutzerfreundlicher gestaltet, die tatsächliche quantitative Wirkung war zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht abzuschätzen.

3.2.1.8 Öffentlichkeitsarbeit

- *Beschreibung Öffentlichkeitsarbeit als Instrument der Gründachstrategie*

Die Öffentlichkeitsarbeit war ein sehr arbeitsin-

tensives Feld im Rahmen der Strategie, da sie als zentrales Feld angesehen wurde, um die Begründung von Dächern bei verschiedenen Zielgruppen wie Bauherren, Planern, Architekten, Verbänden etc. als Thema zu platzieren. Dafür wurde eine Fülle an unterschiedlichen Formaten entwickelt. Es gab eine Kampagne zum Auftakt des Förderprogramms, es gab Filmbeiträge, Vorträge, Öffentlichkeitsveranstaltungen, einen Architekturwettbewerb, Fortbildungen, Führungen zu gebauten Projekten, Beiträge auf Messen, Presseveröffentlichungen in Tageszeitungen, Fachzeitschriften und in den sozialen Medien. Genauere Auflistungen zur Medienberichterstattung über die Hamburger Gründachstrategie (Zeitungsartikel, Online Beiträge, Newsletterbeiträge, Zeitschriftenartikel, Buchkapitel, Pressemitteilungen anderer Institutionen, Broschüren, Fernsehbeiträge, TV-Beiträge, Rundfunkbeiträge), Eigene Beiträge und Veröffentlichungen (Zeitungsartikel, Zeitschriftenartikel,

Broschüren, Newsletter-Beiträge, Online-Beiträge, Film, Pressemitteilung, Flyer und Plakate) und durchgeführte Veranstaltungen sind im Schlussbericht der Behörde für Umwelt und Energie zur Gründachstrategie aufgelistet.

- *Ergebnisse der Evaluierung Öffentlichkeitsarbeit*

Fachverbände der grünen Branche schätzen die Gründachstrategie sehr positiv ein. Ein gezielter Ausbau der grünen Infrastruktur auf den städtischen Dachflächen wird inzwischen von vielen anderen Kommunen als wichtiger Baustein einer zukunftsorientierten Städteplanung angesehen. So gab es kommunale Anfragen aus Berlin, Leipzig, Bremen und Dresden, wo über die Einführung von Gründachstrategien nachgedacht wird. Die umfangreiche Berichterstattung zum Förderprogramm dürfte dabei eine große Rolle gespielt haben. Auf nationaler Ebene findet der Strategieansatz durch das BMUB Unterstützung - nicht nur durch das Fördervorhaben, sondern in Form von Ländergesprächen, an denen die BUE teilnahm, und durch die Aufnahme im aktuellen Grünbuch „Grün in der Stadt“. Hier wird die Rolle der Dach- und Fassadenbegrünung für die Gesundheit der Stadtbevölkerung herausgestellt und Hamburg als Beispiel aufgezeigt.

Dennoch gibt es nach wie vor Hinderungsgründe/ Vorbehalte zum Thema Dachbegrünung bei Zielgruppen. Als häufigste Vorbehalte wurden höhere Kosten, Zweifel an angemessener Statik, Störung durch brütende Vögel und Feuchteschäden durch Durchwurzelung gesehen.

- *Fazit der Evaluierung*

Die umfangreiche Öffentlichkeitsarbeit hat das Thema Dachbegrünung in die öffentliche Wahrnehmung gerückt, sowohl innerhalb Hamburgs als auch deutschlandweit und international. Die Gründachstrategie Hamburgs wird als „role model“ für eine gelungene, thematisch umfassende Strategie zur Gebäudebegrünung angesehen.

Der Gründach-Wettbewerb identifizierte gute Beispiele und hat das öffentliche Bewusstsein für Begrünungsmaßnahmen gefördert.

Auch aufgrund teilweise fehlender bzw. nur weniger Praxisbeispiele konnten bisher nicht alle Zielgruppen gleichermaßen angesprochen und erreicht werden. Es besteht Handlungsbedarf, um die Wirtschaftlichkeit und Funktionsweise an realen Beispielen nachzuweisen mittels unabhängiger Daten als Argumentationsgrundlage, hierfür wurde die Veröffentlichung „Hamburgs Gründächer – eine ökonomische Bewertung“ erarbeitet

3.2.1.9 Naturschutzfachlicher Ausgleich

- *Beschreibung naturschutzfachlicher Ausgleich als Instrument und Praxis HH*

Negative Folgen von planerischen und baulich bedingten Eingriffen in Natur und Landschaft zu vermeiden ist das gesetzliche verankerte Ziel der Eingriffsregelung. Als „Eingriffe“ im Sinne des § 14 Abs. 1 Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) gelten „Veränderungen der Gestalt oder Nutzung von Grundflächen oder Veränderungen des mit der belebten Bodenschicht in Verbindung stehenden Grundwasserspiegels, die die Leistungs- und Funktionsfähigkeit des Naturhaushaltes oder das Landschaftsbild erheblich beeinträchtigen können“. Der Verursacher ist § 15 Abs. 2 Satz 1 BNatSchG verpflichtet, unvermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft mit Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege auszugleichen (Ausgleichsmaßnahmen) oder zu ersetzen (Ersatzmaßnahmen). Ausgeglichen ist eine Beeinträchtigung, wenn und sobald die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts in gleichartiger Weise wiederhergestellt sind und das Landschaftsbild landschaftsgerecht wiederhergestellt oder neu gestaltet ist (§ 15 Abs. 2 Satz 2 BNatSchG). Ersetzt ist eine Beeinträchtigung, wenn und sobald die beeinträchtigten Funktionen des Naturhaushalts in dem betroffenen Naturraum in gleichwertiger Weise hergestellt und das Landschaftsbild landschaftsgerecht neu

gestaltet ist (§ 15 Abs. 2 Satz 3 BNatSchG). Erfolgt der Eingriff in Natur und Landschaft im Rahmen der Bauleitplanung (Flächennutzungspläne und Bebauungspläne), ist die Anwendung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung Bestandteil der Abwägung durch die Gemeinde. Deren Aufgabe ist es, einen fairen Ausgleich der konkurrierenden Belange zu erreichen. Dabei steht ihnen eine große Bandbreite an Möglichkeiten für die Auswahl der Ausgleichsflächen zur Verfügung. Die gesetzlichen Regelungen basieren auf den Vorgaben des Bundesnaturschutzgesetzes (BNatSchG) und des Baugesetzbuches (BauGB). Ergänzt werden diese Vorschriften vielfach durch die Verfahrensregelungen der jeweiligen Landesnaturschutzgesetze und landesspezifische Bewertungsverfahren. Aufgrund dieser Rechtsvorschriften ist von zwei Anwendungsbereichen auszugehen, der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung und der Eingriffsregelung in der Bauleitplanung.

Ob, in welchem Umfang und in welcher Art und Weise Dächer als Ausgleichs- oder Ersatzmaßnahme zu begrünen sind, hängt demzufolge vom rechtlichen Verfahren, von der Bewertung zu Art und Umfang des Eingriffs, der damit ermittelten Eingriffserheblichkeit mit der daraus resultierenden Verpflichtung zur Kompensation ab.

Um Genehmigungsverfahren zu beschleunigen, ist die Eingriffsregelung im besiedelten Bereich nicht im einzelnen Baugenehmigungsverfahren anzuwenden, sondern wurde auf die Ebene des Bebauungsplans verlagert. Das bedeutet, dass - außer im Außenbereich nach § 35 BauGB - die Eingriffsregelung, d.h. die Ermittlung und Bewertung des Eingriffs und die mögliche Festsetzung von Art und Umfang einer Dachbegrünung, bereits bei Aufstellung und Änderung eines Bebauungsplanes als Teil der bauleitplanerischen Abwägung anzuwenden sind. Erforderliche Kompensationsmaßnahmen (also auch Art und Umfang einer Dachbegrünung) werden im Benehmen mit der zuständigen Naturschutzbehörde bereits im Bebauungsplan verbindlich festgesetzt. Diese

wird als „Huckepack-Verfahren“ bezeichnet. Zu berücksichtigen ist bei diesem „Huckepack-Verfahren“, dass neben den naturschutzfachlichen Erwägungen sowohl im Rahmen der gesetzlich erforderlichen (Öffentlichkeits-) Beteiligungsverfahren gem. § 3 BauGB wie auch nach der jeweiligen Interessenslage der Genehmigungsbehörde die Abwägung „Pro“ oder „Contra“ Dachbegrünung erfolgen kann.

Das Staatsräte Modell Hamburg wurde am 28. Mai 1991 aufgestellt. Ziel war es, Behörden und Gutachtern bei der Durchführung der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung durch einen Bewertungsmaßstab eine „dienstliche Handreichung“ zu bieten (Staatsräte Arbeitskreis 1991).

Die Bewertung von Eingriffen, Kompensationen und Ausgleichsmaßnahmen erfolgt in 4 Schritten, also mit Hilfe von 4 „Maßstäben“: Boden, Pflanzen- und Tierwelt, Gewässer, Stadt- und Landschaftsbild.

Für die Bewertung der abiotischen und biotischen Maßstäbe existieren innerhalb des Staatsräte-modells zwei verschiedene Optionen. Zum einen durch ein Quantifizierungsmodell, welches den Wert einer Fläche durch Multiplikation der Wertstufe des jeweiligen Naturhaushaltsfaktors mit der Flächengröße errechnet. Zum anderen durch ein Bilanzierungsmodell, welche für jeden Maßstab getrennt den Wertverlust auf der Eingriffsfläche im Zuge einer Baumaßnahme dem möglichen Wertzuwachs durch Ausgleichsmaßnahmen gegenüberstellt (Staatsräte Arbeitskreis 1991). Für jeden Maßstab (außer dem Landschaftsbild) kann potenziell dieselbe Höchstpunktzahl vergeben werden: 32 Wertpunkte. Die Maßstäbe bestehen allerdings aus unterschiedlich vielen Wertstufen. Für jeden Maßstab ist in jeder Wertstufe die Überschreitung der Erheblichkeitsgrenze notiert. Sie gibt an, ab wann bei einem Eingriff erhebliche Beeinträchtigungen für den Naturhaushalt zu erwarten sind, also wann tatsächlich ein Eingriffstatbestand vorliegt. Die Grenzen sind pro Maßstab und Wertstufe individuell angepasst. Die Bewer-

tung der Maßstäbe erfolgt über die Berechnung Flächen, die verloren gehen (negative Bewertung) bzw. Minderungsmaßnahmen/Ausgleichsflächen (positive Bewertung). Im Folgenden sind die Wertstufen von Dachbegrünungen in den verschiedenen Bewertungsmaßstäben aufgeführt.

Bewertungsmaßstab Boden:

Dachbegrünungen sind im Bewertungsmaßstab Boden gelistet: „Dachbegrünungen (außer auf Tiefgaragen) ab 15 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat auf Bauflächen ab einer Grundflächenzahl von 0,5 nach § 19 BauNVO oder Begrünung von Tiefgaragen ab 50 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat“ werden mit 4 Wertpunkten versehen (Staatsräte Arbeitskreis 1991). Dachbegrünungen (außer auf Tiefgaragen) ab 5 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat werden mit 3 Wertpunkten bewertet. (Staatsräte Arbeitskreis 1991)

Bewertungsmaßstab Tier- und Pflanzenwelt:

Dachbegrünungen (außer auf Tiefgaragen) ab 15 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat auf Bauflächen ab einer Grundflächenzahl von 0,5 nach § 19 BauNVO oder Begrünung von Tiefgaragen ab 50 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat jeweils auf nicht länger als halbtags beschatteten Flächen und nicht höher als 8 m über Niveau werden mit 4 Wertpunkten versehen (Staatsräte Arbeitskreis 1991). Dachbegrünungen (außer auf Tiefgaragen) ab 5 cm durchwurzelbarem Bodensubstrat auf nicht länger als halbtags beschatteten Flächen und bis 20 m Höhe werden mit 3 Wertpunkten bewertet (Staatsräte Arbeitskreis 1991).

In den Bewertungsmaßstäben „Gewässer“ und „Stadt- und Landschaftsbild“ finden Dachbegrünungen keine Berücksichtigung.

- *Ergebnisse der Evaluierung Ausgleichsregelung*
Dachbegrünungen sind seit ca. 30 Jahren anerkannt als Minderungsmaßnahme und im sogenannten Staatsrätemodell in Hamburg zur Bilanzierung seit

1991 berücksichtigt. Innerhalb der Eingriffsregelung ist es keine klassische Ausgleichsmaßnahme (da keine Verbesserung der vorherigen Situation), wirkt sich aber in der Bilanzierung als Minderungsmaßnahme aus. Es kam in der Vergangenheit zu verstärktem Engagement und Beratung durch die Gründachstrategie, es gibt aber noch Vorbehalte zwecks naturschutzfachlichen Werts innerhalb der Behörde. Der Anreiz zur Umsetzung von Dachbegrünungen als Minderungsmaßnahme sei eher als Kostenfrage darzustellen. Die Bewertung im Staatsrätemodell für Gründächer sind nach Meinung der BUE-Mitarbeiter bereits großzügig, somit stecke eine indirekte Subventionierung schon darin, daher gäbe es kaum Spielraum für höhere Einstufung. Als Ausgleichsmaßnahme wären Gründächer nur denkbar, wenn der Bauherr Dachbegrünung als Maßnahme auf anderen Dächern realisiert, solche Fälle gab es bisher noch nicht, auch weil das teurer als andere Ausgleichsflächen wäre. Gründächer bei Neubau in ein Ökokonto einzuzahlen wäre nur ein theoretischer Gedanke, da bei Bau eher selbst als Minderungsmaßnahme angerechnet würde, dadurch wäre das höchstens bei Bestand denkbar. Als Ausgleichsmaßnahme müsste die Dachbegrünung solange wirksam sein wie der Eingriff, also müssten vertraglich langzeitliche Regelungen zur Pflege der Dachbegrünung und zur Sicherstellung bestimmter naturschutzfachlicher Qualitäten abgeschlossen werden. Für eine Bewertung unterschiedlicher Dachbegrünungsarten zum Ausgleich von Eingriffen wären umfangreiche Datengrundlagen erforderlich, bei denen die Biodiversität auf bestehenden Gründächern über einen längeren Zeitraum kartiert und beobachtet/erfasst werden müssten. Im Moment liegen solche Daten nicht vor.

- *Fazit der Evaluierung*
Dachbegrünung wird derzeit innerhalb der Eingriffs-Ausgleichregelung in Hamburg als Minderungsmaßnahme wirksam, nicht als Ausgleichsmaßnahme. Bei der Beratung von Bauherren

werden Dachbegrünungen infolge der Gründachstrategie derzeit verstärkt als Minderungsmaßnahme vorgeschlagen.

3.2.1.10 Umweltpartnerschaft Hamburg

- *Beschreibung UmweltPartnerschaft als Instrument in Hamburg*

die Umweltpartnerschaft Hamburg (UPHH) wird getragen vom Hamburger Senat, vertreten durch die Behörde für Umwelt und Energie, und der Hamburger Wirtschaft, vertreten durch die Handelskammer, die Handwerkskammer Hamburg, den Industrieverband Hamburg e. V. (IVH) und den Unternehmensverband Hafen Hamburg e. V.. Sie wurde im Jahr 2003 gegründet und in den Jahren 2007 und 2013 um jeweils fünf Jahre verlängert. Mittlerweile zählt die UmweltPartnerschaft fast 1 100 Mitglieder und steht vor ihrer dritten Verlängerung. Ihr Ziel ist es, nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften in Hamburg zu fördern. Es sollen Projekte und Maßnahmen für Energie- und Ressourceneffizienz sowie zur Nutzung erneuerbarer Energien in Unternehmen initiiert und diese durch Beratungs- und Förderangebote unterstützt werden. Dabei setzt die UmweltPartnerschaft auf freiwilliges Engagement und die Vereinbarkeit von Ökonomie und Ökologie. Die Unternehmen der Hamburgischen Wirtschaft sollen zum freiwilligen, über ihre rechtlichen Verpflichtungen hinausgehenden Handeln im Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz bewegt werden. Als ideellen Anreiz bietet die UmweltPartnerschaft den Unternehmen die Anerkennung als UmweltPartner der Stadt Hamburg an, sofern sie entsprechende freiwillige Umweltschutzleistungen erbringen. Hierzu gehört die Durchführung mindestens einer qualifizierten freiwilligen Umweltschutzleistung des betreffenden Unternehmens am Standort Hamburg, die über die gesetzlichen Verpflichtungen hinausgeht.

- *Ergebnisse der Evaluierung der Umweltpartnerschaft*

Seit 2015 sind Dachbegrünungen als freiwillige Umweltschutzleistung anerkannt. Als bisheriges Prob-

lem für die fehlenden umgesetzten und als Leistung angerechneten Dachbegrünungen im Rahmen des Programms scheinen fehlende Beispiele von Unternehmen mit Gründächern zu sein. Von Seiten der BUE wurde der Wunsch geäußert, mehr best-practice-Beispiele zur Vermarktung Verfügung zu haben, insbesondere Beispiele für Freiraumnutzung von Firmen auf Gründächern. Für Unternehmen wäre es außerdem reizvoll Gründächer nicht nur als ökologische Maßnahme wahrzunehmen, sondern auch die Themen Betriebskosteneinsparung, Mitarbeiterzufriedenheit, Imagegewinn, Haltbarkeit etc. offensiver zu kommunizieren.

- *Fazit der Evaluierung*

Um Dachbegrünungen größeren Anreiz als freiwillige Umweltleistung zu verschaffen werden mehr best-practice-Beispiele von Unternehmen benötigt, die Gründächer als Gewinn für das Unternehmen und deren Mitarbeiter zeigen und kommunizieren.

3.2.1.11 Gesamt-Fazit

Die Hamburger Gründachstrategie wird sowohl national als auch international als gelungenes Beispiel und Vorreiterprojekt für eine breit gefächerte, themenumfassende Strategie zur Gebäudebegrünung gesehen. Einige Städte ziehen bereits nach und sind in der Entwicklung einer Gründachstrategie, beispielsweise Leipzig, Nürnberg und Berlin.

Die Handlungsschwerpunkte der Gründachstrategie sind so breit angelegt, dass sie bestehende Barrieren untersuchen und weitgehend reduzieren sollten. Barrieren und Hemmschwellen, die durch die Strategie nicht abgebaut werden konnten, wurden in der Evaluierung aufgezeigt. Trotzdem kann anhand der aktuellen Zahlen (2% der Hamburger Dachfläche ist begrünt) festgestellt werden, dass die Dachbegrünung derzeit noch keinen Standard in Hamburg darstellt.

Als Hinderungsgründe haben sich während des Vorhabens besonders folgende aufgetan:

Die Herstellungskosten sind höher im Vergleich zu konventionellen Dächern. Die Materialkosten für Dachbegrünung sind höher und teilweise ist durch

zusätzliche Flächenlast statischer Mehraufwand nötig. Außerdem kommt es zur Erhöhung der Attika und Anbringung von Absturzsicherungen und evtl. zum Bau von Geländern bei genutzten Dächern. Die Pflege von Dachbegrünungen stellt einen weiteren Kostenfaktor dar. Das Argument der Mehrkosten ist seit Jahrzehnten bekannt und hält sich weiterhin, obwohl durch Lebenszyklusbetrachtungen bereits nachgewiesen wurde dass Dachbegrünungen auf lange Sicht nicht kostenintensiver als konventionelle Dächer sein müssen. Das liegt vor allem an der längeren Haltbarkeit von Dachbegrünungen und Kosteneinsparungen bspw. bei der Niederschlagswassergebühr. Dies wurde u.a. auch anhand von in Hamburg gebauten Beispielen in der Studie zur ökonomischen Bewertung von Gründächern durch die HCU nachgewiesen (FHH 2017). Die Branche der Architekten und Bauherrenschaft scheint zumindest teilweise eine sehr konservative zu sein, was die Umsetzung von Dachbegrünungen zusätzlich erschwert und es taten sich bisher nur wenige „Überzeugungs-täter“ hervor. Es herrschen teilweise immernoch klassische Vorurteile vor bezüglich Schadensfällen, Problemen mit Vögeln auf dem Dach, der Bewirtschaftung und der Vorstellung von Ästhetik. Ein großes Plus für die Förderung von Dachbegrünungen sind herausragende Beispiele in der Stadt, welche in Hamburg bisher nicht oder nur in geringer Zahl vorhanden sind. Hier könnte die Stadt als Vorbild vorangehen das vom Senat gesteckte Ziel von 70% Begrünung beim Bau von Immobilien leisten. Eine Selbstverpflichtung zur Begrünung bei Neubau und geeigneten Sanierungen von öffentlichen Gebäuden wäre dazu förderlich. Der Anreiz im Förderprogramm könnte außerdem zu gering sein, evtl. wäre eine Investitionskosten-deckung notwendig um höhere Antragszahlen zu erlangen, wie das Beispiel EEG/Solar gezeigt hat. Ein Ordnungsrecht bzw. eine Gründachverordnung wäre vermutlich ein großer Treiber für die Dachbegrünung in Hamburg. Das Beispiel München zeigt mit der Freiflächengestaltungssatzung

wie Dachbegrünungen zu einem anerkannten Standard im Baugeschehen einer Großstadt werden können (20% der Dächer weisen Begrünung auf). Die Konkurrenz zur politischen Zielsetzung eines kostengünstigen und beschleunigten Wohnungsbaus verhinderte jedoch eine Gründachverordnung. Zum „mainstreaming“ von Dachbegrünung in Hamburg kann es allerdings weiterhin kommen, wenn die durch die Gründachstrategie entstandenen und bearbeiteten Netzwerke, Kompetenzen und Instrumente in den nächsten Jahren Wirkung zeigen.

3.2.2 Schlussfolgerungen hinsichtlich Übertragbarkeit auf andere Städte

Das in Hamburg entwickelte und in der Praxis erprobte Instrumentarium der Gründachstrategie ist übertragbar und für andere Städte nutzbar. Im Rahmen des Förderprojekts wurden rechtliche und andere Grundsatzfragen geklärt und die Ergebnisse als Informationen für die Praxis aufbereitet (z.B. Leitfaden für Bebauungsplanung, Ökonomische Bewertung). Die Evaluierung der verschiedenen in Hamburg angewandten Instrumente gibt Aufschluss über deren Wirksamkeit in Hamburg, diese kann von Stadt zu Stadt je nach politischen, administrativen, etc. Gegebenheiten unterschiedlich sein. Prinzipiell kann die Hamburger Gründachstrategie mit ihren Bausteinen jedoch als „toolbox“ betrachtet werden, die für andere Städte angepasst werden kann und sollte. Weiter Hilfestellung dazu kann der DDV-Leitfaden „Dachbegrünung für Kommunen“ liefern (DDV 2012). Inwieweit welche Instrumente für welche Städte ebenfalls erfolgsversprechend sind, ist im Einzelfall abzuschätzen. Auf jeden Fall ist jedoch eine breite Palette an Instrumenten zur Förderung von Dachbegrünungen sinnvoll. Eine zentrale Bedingung für den Erfolg einer solchen Strategie ist politische und administrative Unterstützung und Förderung, um aus dem Nischendasein heraus als ein anerkannter Standard in der Praxis des Bauwesens anzukommen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Fachgebiet „Umweltgerechte Stadt- und Infrastrukturplanung“ an der HafenCity Universität Hamburg (HCU) begleitete die Behörde für Umwelt und Energie (BUE, vormals Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt BSU) bei der Entwicklung und Umsetzung der Hamburger Gründachstrategie. Die Aufgabenschwerpunkte der HCU lagen in den Modulen „Wasserwirtschaft“ und „Übertragbarkeit“. Dabei wurden Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen zur wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit von Gründächern aufgearbeitet werden und die Hamburger Strategie nach verschiedenen genutzten formellen und informellen Planungsinstrumenten bewertet und die Übertragbarkeit Hamburger Ansätze der Strategie auf andere Städte diskutiert. Mit dem kontinuierlichen, langfristig angelegten Messprogramm auf dem Gründach des Neubaus der HCU und dem RISA-Pilotprojekt „Am Weißenberge“ sollten mittels Niederschlags- und Abflussmessungen Aussagen zur Abflussdämpfung und -verzögerung besonders bei Starkregenereignissen ermöglicht werden. Es wurde untersucht, welchen Einfluss die Dachbegrünung auf Abflussprozesse in städtischen Einzugsgebieten nehmen kann. Reduktionen von Niederschlagsabflüssen über längere Perioden sind mittlerweile, meist in Abhängigkeit der Substratstärke, für verschiedene Gründachtypen bekannt und weitgehend auch in der Wasserwirtschaft anerkannt. Jedoch werden insbesondere die Auswirkungen auf lokale Überflutungen

und Hochwasser, die aufgrund von Starkregen kurzer Dauer auftreten, hinterfragt. Zumindest für kurze, ergiebige Niederschläge aus konvektiven Ereignissen im Sommerhalbjahr, die ursächlich für Überflutungen in kleinen Einzugsgebieten sind, ist wahrscheinlich, dass Gründächer einen erheblichen Beitrag zur Risikovermeidung leisten können. Demzufolge werden in Richtlinien der wasserwirtschaftlichen Planungen wie beispielsweise der DIN 1986-100 „Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke – Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056“, Spitzen-Abflussbeiwerte von 0,2 (Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke) bis 0,7 (Extensivbegrünung) für Dachbegrünungen angegeben. Allerdings gelten diese nur für die Berechnung von Regenabflussspenden von Niederschlägen mit einem Wiederkehrintervall bis 5 Jahre. Gründächer liefern jedoch mit unterschiedlichen Vorbedingungen, wie z.B. der Wassersättigung bei Eintreten eines Niederschlagsereignisses, sehr unterschiedliche Abflussspenden, wobei die Abflüsse im Vergleich zu konventionellen Flachdächern stets deutlich verzögert werden. Mit einem systematischen Review-Verfahren wurden nationale und internationale Studien hinsichtlich der wasserwirtschaftlichen Fragestellungen analysiert, um einen Überblick über die Retentionsleistung verschiedener Gründachtypen aus Laboruntersuchungen und unter realen Bedingungen zu gewinnen. Weiterhin diente die Litera-

turstudie zur Identifizierung und Untersuchung von Parametern, welche das Abflussverhalten von Dachbegrünungen beeinflussen, um Rückschlüsse für die Optimierung von Gründächern hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Wirksamkeit zu ziehen.

Um die Fragestellung am Beispiel Hamburg mit realen Daten zu bearbeiten wurden Messsysteme an mehreren gebauten Gründächern in Hamburg installiert. Am HCU-Gebäude und drei Wohnungsneubauten der SAGA-GWG würden unterschiedliche Gründachtypen mit Messgeräten zur Niederschlags- und Abflusserfassung ausgestattet. Mit den kontinuierlichen, langfristig angelegten Messprogrammen der HafenCity Universität Hamburg sollten Abflusscharakteristika verschiedener Gründachtypen ermittelt werden. Es wurden Niederschlags- und Abflussmessungen durchgeführt um Aussagen zur Abflussdämpfung und -verzögerung zu ermöglichen. Nach ausreichender Dauer der Messreihen sollten aus diesen Daten Rückschlüsse darauf gezogen werden, wie die Dimensionierung von Entwässerungssystemen verbessert werden kann.

Es wurde festgestellt, dass für die wasserwirtschaftliche Optimierung von Dachbegrünungen, bzw. um eine möglichst hohe Speicherung von Niederschlagswasser erreichen zu können, folgende Faktoren zu berücksichtigen sind: Anzahl und Material der einzelnen Schichten, Substratdicke & Substrateigenschaften, Art der Vegetation und Vegetationsbedeckung, Durchwurzelung, Gefälle des Dachs, Dachausrichtung (sonnig, halbschattig, schattig), Alter des Daches und klimatische Einflüsse.

Die im Rahmen der Hamburger Gründachstrategie durch die BUE angewandten Instrumente sollten bewertet sowie Übertragbarkeiten Hamburger Ansätze für andere Städte diskutiert werden. Dies wurde durch die Dokumentation und Bewertung des Vorgehens bei der Konzeption und Umsetzung der Hamburger Gründachstrategie gewährleistet. Dabei wurden formelle und informelle Instrumente, die durch unterschiedliche Festlegungen den Bau und die Planung von Dachbegrünungen in Hamburg beeinflussen könnten, untersucht. Als Ergebnis wur-

den Hintergrundinformationen aufgearbeitet und bewertet werden und in die Entscheidungsvorbereitung für kommunale Akteure zur Dachbegrünung als Baustein der Klimafolgenanpassung in Kommunen einfließen. Zielgruppe der Expertise sind Akteure in den Kommunen (zuständige Fachverwaltungen) und die politische Ebene als Entscheidungsträger für die Umsetzung von Bausteinen einer „klimawandelgerechten Stadtentwicklung“.

Zu Beginn des Arbeitspakets wurde analysiert, welche Instrumente in Hamburg infrage kommen, um die Entwicklung von Dachbegrünungen zu beeinflussen. Diese wurden daraufhin genauer untersucht mittels Literatur- und Dokumentenanalysen, Interviews mit Stakeholdern und Datenauswertungen. Dies diente als Grundlage für die Bewertung der Instrumente hinsichtlich der Eignung zur Förderung von Dachbegrünungen.

Das in Hamburg entwickelte und in der Praxis erprobte Instrumentarium der Gründachstrategie ist übertragbar und für andere Städte nutzbar. Die Evaluierung der Instrumente der Hamburger Gründachstrategie zeigt die praktikablen und übertragbaren Bausteine der Umsetzung der Strategie für andere Städte auf.

5. Quellen

5.1. Literatur

- ANSEL, W.; BAUMGARTEN, H.; DICKHAUT, W.; KRUSE, E.; MEIER, R. (2012): LEITFADEN DACHBEGRÜNUNG FÜR KOMMUNEN. NUTZEN – FÖRDERMÖGLICHKEITEN – PRAXISBEISPIELE.
- BERNDTSSON, J.C. (2010): GREEN ROOF PERFORMANCE TOWARDS MANAGEMENT OF RUNOFF WATER QUANTITY AND QUALITY: A REVIEW. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 36 (4), 351-360.
- CENTRE FOR EVIDENCE-BASED CONSERVATION (CEBC) (2010): GUIDELINES FOR SYSTEMATIC REVIEW IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. VERSION 4.0, 69 S.
- DEUTSCHER DACHGÄRTNERVERBAND (DDV)(HRSG.)(2012): LEITFADEN DACHBEGRÜNUNG FÜR KOMMUNEN. NUTZEN - FÖRDERMÖGLICHKEITEN - PRAXISBEISPIELE. NÜRTINGEN.
- DUNNETT, N.; NAGASE, A.; HALLAM, A. (2008): THE DYNAMICS OF PLANTED AND COLONISING SPECIES ON A GREEN ROOF OVER SIX GROWING SEASONS 2001–2006: INFLUENCE OF SUBSTRATE DEPTH. *URBAN ECOSYSTEMS*, 11 (4), 373-384.
- DICKHAUT, W.; ANDRESEN, S.; STÖLTING, J. (2011): INTEGRATION DEZENTRALER REGENWASSERBEWIRTSCHAFTUNG IN DIE HAMBURGER BEBAUUNGS- UND GENEHMIGUNGSPLANUNG: ANALYSE UND HANDLUNGSSCHWERPUNKTE. EIN ZWISCHENBERICHT. HCU HAMBURG.
- FREIE UND HANSESTADT HAMBURG, BEHÖRDE FÜR UMWELT UND ENERGIE (HRSG.)(2017): Hamburgs Gründächer - eine ökonomische Bewertung.
- GEIGER, W.; DREISEITL, H.; STEPEWSKI, J. (2009): NEUE WEGE FÜR DAS REGENWASSER. HANDBUCH ZUM RÜCKHALT UND ZUR VERSICKERUNG VON REGENWASSER IN BAUGEBIETEN. 3. VOLLSTÄNDIG ÜBERARBEITETE AUFLAGE. HERAUSGEBER: EMSCHERGENOSSENSCHAFT, ESSEN.
- GETTER, K.; ROWE, D.; ANDRESEN, J. (2007): QUANTIFYING THE EFFECT OF SLOPE ON EXTENSIVE GREEN ROOF STORMWATER RETENTION. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 31 (4), 225-231.
- GRACESON, A.; HARE, M.; MONAGHAN, J.; HALL, N. (2013): THE WATER RETENTION CAPABILITIES OF GROWING MEDIA FOR GREEN ROOFS. *ECOLOGICAL ENGINEERING*, 61, 328–334.
- GRISA, T.M. (2013): RELABELING EXTREME RAINFALL EVENTS SO THE PUBLIC UNDERSTANDS THEIR SEVERITY. PROCEEDINGS OF THE WATER ENVIRONMENT FEDERATION, WEFTEC 2013, CHICAGO. Pp. 1335 – 1345.
- JOO, J.; LEE, J.; KIM, J.H.; JUN, H.; JO, D. (2014): INTER-EVENT TIME DEFINITION SETTING PROCEDURE FOR URBAN DRAINAGE SYSTEMS. *WATER*, 6 (1), 45-58.
- KNOLL, S. (2003): DAS ABFLUSSVERHALTEN VON EXTENSIVEN DACHBEGRÜNUNGEN. MITTEILUNGEN DES INSTITUTS FÜR WASSERBAU UND WASSERWIRTSCHAFT DER TU BERLIN NR. 136, DISSERTATION.
- KRÜGER, M.; PFISTER, A. (2016): ANWENDUNG VON STARKREGENINDEX-VERFAHREN ZUR UNTERSTÜTZUNG DER RISIKOKOMMUNIKATION IN DER EMSCHER-LIPPE-REGION. *KW: KORRESPONDENZ WASSERWIRTSCHAFT*, 9 (7), S. 412-419.
- LÖSKEN, G. (2016): ABFLUSSBEIWERTE VON DACHBEGRÜNUNGEN - DEFINITIONEN, MESSMETHODEN, ANWENDUNGSBEREICHE. TAGUNGSBAND ZUM 14. INTERNATIO-

- NALEN FBB-GRÜNDACHSYMPOSIUM 2016, DITZINGEN, 24-27.
- MANIAK, U. (2010): HYDROLOGIE UND WASSERWIRTSCHAFT – EINE EINFÜHRUNG FÜR INGENIEURE. 6. AUFLAGE, SPRINGER HEIDELBERG DORDRECHT LONDON NEW YORK, 686 S.
- MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. (2006): GREEN ROOFS AS A TOOL FOR SOLVING THE RAINWATER RUNOFF PROBLEM IN THE URBANIZED 21ST CENTURY? LANDSCAPE AND URBAN PLANNING, 77 (3), 217–226.
- MUDERSBACH, C. (2016): ABLEITUNG EINES STARKREGENINDEX IN ABHÄNGIGKEIT VON JÄHRLICHKEIT UND REGENDAUER. WHITE PAPER, BOCHUM.
- RAZZAGHMANESH, M.; BEECHAM, S. (2014): THE HYDROLOGICAL BEHAVIOUR OF EXTENSIVE AND INTENSIVE GREEN ROOFS IN A DRY CLIMATE. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 499, 284–296.
- SCHMIDT, T.G. (2014): STARKREGENINDEX ZUR KOMMUNIKATION VON ÜBERFLUTUNGSURSACHEN UND RISIKEN. KA: KORRESPONDENZ ABWASSER, ABFALL. 61(8), S. 681-687.
- SCHMIDT, T.G. (2015): WEITERENTWICKLUNG DES STARKREGENINDEX ZUR VERWENDUNG IN DER KOMMUNALEN ÜBERFLUTUNGSVORSORGE. GWF – WASSER ABWASSER. 156 (7-8), S. 774-781.
- SCHMIDT, T.G. (2017): ORTSBEZOGENE REGENHÖHEN IM STARKREGENINDEXKONZEPT SRI12 ZUR RISIKOKOMMUNIKATION IN DER KOMMUNALEN ÜBERFLUTUNGSVORSORGE. KA KORRESPONDENZ ABWASSER, ABFALL. 64(4), S.294-300.
- SCHMIDT, T.G. ; KRÜGER, M.; PFISTER, A.; BECKER, M.; MUDERSBACH, C.; FUCHS, L.; HOPPE, H.; LAKES, I. (2018): EINHEITLICHES KONZEPT ZUR BEWERTUNG VON STARKREGENEREIGNISSEN MITTELS STARKREGENINDEX. KW KORRESPONDENZ WASSERWIRTSCHAFT. 11(2), S. 82-88.
- SPEAK, A.; ROTHWELL, J.; LINDLEY, S.; SMITH, C. (2013): RAINWATER RUNOFF RETENTION ON AN AGED INTENSIVE GREEN ROOF. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT, 461-462, 28-38.
- UHL, M.; SCHIEDT, L.; HENNEBERG, M. ; MANN, G. (2003): LANGZEITSTUDIE ZUM ABFLUSSVERHALTEN BEGRÜNTER DÄCHER. IN: WASSER UND BODEN, 55 (3), 28-36.
- VAN WOERT, N.D.; ROWE, D.B.; ANDRESEN, J.A.; RUGH, C.L.; FERNANDEZ, R.T.; XIAO, L. (2005): GREEN ROOF STORMWATER RETENTION. JOURNAL OF ENVIRONMENT QUALITY, 34 (3), 1036.

5.2. Normen & Richtlinien

- DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2016): DIN 1986-100: ENTWÄSSERUNGSANLAGEN FÜR GEBÄUDE UND GRUNDSTÜCKE – TEIL 100: BESTIMMUNGEN IN VERBINDUNG MIT DIN EN 752 UND DIN EN 12056. BEUTH VERLAG, BERLIN.
- DIN DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2016): DIN 4045: ABWASSERTECHNIK – GRUNDBEGRIFFE. BEUTH VERLAG, BERLIN.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (2005): ARBEITSBLATT DWA-A 138 - PLANUNG, BAU UND BETRIEB VON ANLAGEN ZUR VERSICKERUNG VON NIEDERSCHLAGSWASSER.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (2007): MERKBLATT DWA-M 153 - HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN ZUM UMGANG MIT REGENWASSER.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (2013): ARBEITSBLATT DWA-A 117 - BEMESSUNG VON REGENRÜCKHALTERÄUMEN.
- DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT, ABWASSER UND ABFALL E. V. (DWA) (2016): MERKBLATT DWA-M 119 - RISIKOMANAGEMENT IN DER KOMMUNALEN ÜBERFLUTUNGSVORSORGE FÜR ENTWÄSSERUNGSSYSTEME BEI STARKREGEN.
- FLL FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (HRSG.) (2008): RICHTLINIE FÜR DIE PLANUNG, AUSFÜHRUNG UND PFLEGE VON DACHBEGRÜNUNGEN. DACHBEGRÜNUNGSRICHTLINIE. AUSGABE 2008.
- FLL FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTSBAU E.V. (HRSG.) (2018): RICHTLINIE FÜR DIE PLANUNG, AUSFÜHRUNG UND PFLEGE VON DACHBEGRÜNUNGEN. DACHBEGRÜNUNGSRICHTLINIE. 6. AUSGABE.

STAATSRÄTE ARBEITSKREIS (1991): ANWENDUNG DER NATUR-
SCHUTZRECHTLICHEN EINGRIFFSREGELUNG IN HAMBURG -
ERGEBNIS DES STAATSRÄTE-ARBEITSKREISES AM 28. MAI
1991 (STAATSRÄTEMODELL)

6. Anhang

6.1 Literaturliste wasserwirtschaftliche Wirksamkeit von Gründächern

- ALFREDO K, MONTALTO F, GOLDSTEIN A (2010): OBSERVED AND MODELED PERFORMANCES OF PROTOTYPE GREEN ROOF TEST PLOTS SUBJECTED TO SIMULATED LOW- AND HIGH-INTENSITY PRECIPITATIONS IN A LABORATORY EXPERIMENT. *JOURNAL OF HYDROLOGICAL ENGINEERING* 15(6):444–457. DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000135
- BENGTSSON L (2005): PEAK FLOWS FROM THIN SEDUM-MOSS ROOF. *NORDIC HYDROLOGY* 36(3):(269-280).
- BENGTSSON L, GRAHN L, OLSSON J (2005): HYDROLOGICAL FUNCTION OF A THIN EXTENSIVE GREEN ROOF IN SOUTHERN SWEDEN. *NORDIC HYDROLOGY* 36(3):259–268.
- BERGHAGE R, BEATTIE D, JARRETT A, THURING C, FARZANEH R (2009): GREEN ROOFS FOR STORMWATER RUNOFF CONTROL.
- BERGHAGE R, MILLER C, BASS B, MOSELEY D, WEEKS K (2010): STORMWATER RUNOFF FROM A LARGE COMMERCIAL ROOF IN CHICAGO, VANCOUVER, CANADA.
- BERKOMPAS B, MARX KW, WACHTER HM, BEYERLEIN D, SPENCER B A (2008) STUDY OF GREEN ROOF HYDROLOGIC PERFORMANCE IN THE CASCADIA REGION. IN: SHE N, CHAR M (EDS) INTERNATIONAL LOW IMPACT DEVELOPMENT CONFERENCE 2008, PP 69–78.
- BERNDTSSON JC (2010): GREEN ROOF PERFORMANCE TOWARDS MANAGEMENT OF RUNOFF WATER QUANTITY AND QUALITY: A REVIEW. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 36(4):(351-360). DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2009.12.014.
- BERRETTA C, POE S, STOVIN V (2014): MOISTURE CONTENT BEHAVIOUR IN EXTENSIVE GREEN ROOFS DURING DRY PERIODS: THE INFLUENCE OF VEGETATION AND SUBSTRATE CHARACTERISTICS. *JOURNAL OF HYDROLOGY* 511:374–386. DOI: 10.1016/J.JHYDRO1.2014.01.036.
- BLISS DJ (2007): STORMWATER RUNOFF MITIGATION AND WATER QUALITY IMPROVEMENTS THROUGH THE USE OF A GREEN ROOF IN PITTSBURGH, PA, UNIVERSITY OF PITTSBURGH.
- BLISS DJ, NEUFELD RD, RIES RJ (2009): STORM WATER RUNOFF MITIGATION USING A GREEN ROOF. *ENVIRONMENTAL ENGINEERING SCIENCE* 26(2):407–418. DOI: 10.1089/EES.2007.0186.
- BUCCOLA N, SPOLEK G (2011): A PILOT-SCALE EVALUATION OF GREENROOF RUNOFF RETENTION, DETENTION, AND QUALITY. *WATER, AIR, AND SOIL POLLUTION* 216:(83-92). DOI: 10.1007/s11270-010-0516-8.
- BURSZTA-ADAMIAK E (2012): ANALYSIS OF STORM WATER RETENTION ON GREEN ROOFS. *ARCHIVES OF ENVIRONMENTAL PROTECTION* 38(4):3–13. DOI: 10.2478/v10265-012-0035-3.
- CARPENTER DD, KALUVAKOLANU P (2011): EFFECT OF ROOF SURFACE TYPE ON STORM-WATER RUNOFF FROM FULL-SCALE ROOFS IN A TEMPERATE CLIMATE. *JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING-ASCE* 137(3):161–169. DOI: 10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000185.
- CARSON TB, MARASCO DE, CULLIGAN PJ, MCGILLIS WR (2013): HYDROLOGICAL PERFORMANCE OF EX-

- TENSIVE GREEN ROOFS IN NEW YORK CITY: OBSERVATIONS AND MULTI-YEAR MODELING OF THREE FULL-SCALE SYSTEMS. *ENVIRON. RES. LETT.* 8(2):24036. DOI: 10.1088/1748-9326/8/2/024036.
- CARTER T, JACKSON C (2007): VEGETATED ROOFS FOR STORMWATER MANAGEMENT AT MULTIPLE SPATIAL SCALES. *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 80:(84-94). DOI: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2006.06.005.
- CARTER T, RASMUSSEN T (2006): HYDROLOGIC BEHAVIOR OF VEGETATED ROOFS. *JOURNAL OF THE AMERICAN WATER RESOURCES ASSOCIATION* 42(5):(1261-1274).
- DE NARDO J, JARRETT A, MANBECK H, BEATTIE D, BERGHAGE R (2005): STORMWATER MITIGATION AND SURFACE TEMPERATURE REDUCTION BY GREEN ROOFS. *TRANSACTIONS OF THE AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS* 48(4):(1491-1496).
- DUNNETT N, NAGASE A, BOOTH R, GRIME P (2008): INFLUENCE OF VEGETATION COMPOSITION ON RUNOFF IN TWO SIMULATED GREEN ROOF EXPERIMENTS. *URBAN ECOSYST* 11(4):385–398. DOI: 10.1007/s11252-008-0064-9.
- EKSI M (2013): A FIELD STUDY TO EVALUATE THE RUNOFF QUANTITY AND STORMWATER RETENTION OF A TYPICAL EXTENSIVE GREEN ROOF IN BAKEKOY, ISTANBUL. *ENVIRONMENT PROTECTION ENGINEERING*. 39(4): 79–89. DOI: 10.5277/EPE130407.
- FANG C (2010): RAINWATER RETENTION CAPACITY OF GREEN ROOFS IN SUBTROPICAL MONSOONAL CLIMATIC REGIONS: A CASE STUDY OF TAIWAN. *WIT TRANSACTIONS ON ECOLOGY AND THE ENVIRONMENT CONFERENCE 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPARING DESIGN IN NATURE WITH SCIENCE AND ENGINEERING, DESIGN AND NATURE 2010*.
- FASSMAN-BECK E, VOYDE E, SIMCOCK R, HONG Y (2013): 4 LIVING ROOFS IN 3 LOCATIONS: DOES CONFIGURATION AFFECT RUNOFF MITIGATION? *JOURNAL OF HYDROLOGY* 490:11–20. DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2013.03.004.
- GETTER K, ROWE D, ANDRESEN J (2007): QUANTIFYING THE EFFECT OF SLOPE ON EXTENSIVE GREEN ROOF STORMWATER RETENTION. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 31(4):(225-231). DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2007.06.004.
- GRACESON A, HARE M, MONAGHAN J, HALL N (2013): THE WATER RETENTION CAPABILITIES OF GROWING MEDIA FOR GREEN ROOFS. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 61:328–334. DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2013.09.030.
- GREGOIRE BG, CLAUSEN JC (2011): EFFECT OF A MODULAR EXTENSIVE GREEN ROOF ON STORMWATER RUNOFF AND WATER QUALITY. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 37(6):963–969. DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2011.02.004.
- GUO Y, ZHANG S, LIU S (2014): RUNOFF REDUCTION CAPABILITIES AND IRRIGATION REQUIREMENTS OF GREEN ROOFS. *WATER RESOURCES MANAGEMENT* 28(5):1363–1378. DOI: 10.1007/s11269-014-0555-9.
- HATHAWAY, A.M., HUNT, W.F., JENNINGS, J.D. (2008): A FIELD STUDY OF GREEN ROOF HYDROLOGIC AND WATER QUALITY PERFORMANCE. *TRANSACTIONS OF THE ASABE* 51(1):37–44.
- HUTCHINSON D, ABRAMS P, RETZLAFF R, LIPTAN T (2003): STORMWATER MONITORING TWO ECOROOFs IN PORTLAND, OREGON, USA, CHICAGO.
- KASMIN H, MUSA S (2012): GREEN ROOF AS A POTENTIAL SUSTAINABLE STRUCTURE FOR RUNOFF REDUCTION. *IEEE SYMPOSIUM ON BUSINESS, ENGINEERING AND INDUSTRIAL APPLICATIONS (ISBEIA 2012)*:889–893.
- KAUFMANN P (2000): EXTENSIV BEGRÜNTE FLACHDÄCHER - EIN GEWINN FÜR DIE SIEDLUNGSENTWÄSSERUNG: BERICHTE ÜBER DIE VERSUCHE 1996 - 1999, BERNER FACHHOCHSCHULE HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND ARCHITEKTUR.
- KIKUCHI S, KOSHIMIZU H (2013): A COMPARISON OF GREEN ROOF SYSTEMS WITH CONVENTIONAL ROOF FOR THE STORM WATER RUNOFF. IN: KAWAKAMI M, SHEN Z, PAI J, GAO X, ZHANG M (EDS) *SPATIAL PLANNING AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT*. SPRINGER NETHERLANDS, DORDRECHT, PP 287–303.
- KLEIN PM, COFFMAN R (2015): ESTABLISHMENT AND PER-

- FORMANCE OF AN EXPERIMENTAL GREEN ROOF UNDER EXTREME CLIMATIC CONDITIONS. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* 512-513:82–93. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2015.01.020.
- KNOLL S (2000): DAS ABFLUSSVERHALTEN VON EXTENSIVEN DACHBEGRÜNUNGEN. DISSERTATION, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN.
- KÖHLER M, POLL PH (2010): LONG-TERM PERFORMANCE OF SELECTED OLD BERLIN GREENROOFS IN COMPARISON TO YOUNGER EXTENSIVE GREENROOFS IN BERLIN. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 36(5):722–729. DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2009.12.019.
- KÖHLER M, SCHMIDT M, GRIMME FW, LAAR M, GUSMAO F (2001): URBAN WATER RETENTION BY GREENED ROOFS IN TEMPERATE AND TROPICAL CLIMATE. *TECHNOLOGY RESOURCE MANAGEMENT & DEVELOPMENT – SCIENTIFIC CONTRIBUTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT*, COLOGNE.
- KOK K, SIDEK L, ABIDIN M, BASRI H, MUDA Z, BEDDU S (2013): EVALUATION OF GREEN ROOF AS GREEN TECHNOLOGY FOR URBAN STORMWATER QUANTITY AND QUALITY CONTROLS. *IOP CONFERENCE SERIES: EARTH AND ENVIRONMENTAL SCIENCE CONFERENCE 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY AND ENVIRONMENT 2013, ICEE 2013*. PUTRAJAYA, VAR.PAGINGS. CONFERENCE START 20130305 CONFERENCE END 20130306. 16(1). DOI: 10.1088/1755-1315/16/1/012045.
- KOLB W (1987): ABFLUSSVERHÄLTNISS EXTENSIV BEGRÜNTER FLACHDÄCHER: 1. ABFLUSSSPENDEN UND WASSERRÜCKHALTUNG IM VERGLEICH MIT KIESDÄCHERN. *ZEITSCHRIFT FÜR VEGETATIONSTECHNIK* 10(3):111–116.
- KOLB W (1999): EINFLUSS DER OBERFLÄCHENNEIGUNG AUF DIE ABFLUSSVERHÄLTNISS VON GRÜNDÄCHERN. *DACH + GRÜN* 8(1):4–8.
- KOLB W (2002): ABFLUSSVERHÄLTNISS VON GRÜNDÄCHERN. *DACH + GRÜN* 11(2):12–18.
- KOLB W (2003): BEGRÜNUNG VON LEICHTDÄCHERN: VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNG VERSCHIEDENER SYSTEME. IN: PITZER J, DEGENBECK M, RAUSCH H (EDS) BAUSTOFF PFLANZE - NISCHE ODER NOTWENDIGKEIT, VEIT-HÖCHSTHEIM.
- KURTZ T (2008): FLOW MONITORING OF THREE ECOROOF IN PORTLAND, OREGON. IN: SHE N, CHAR M (EDS) INTERNATIONAL LOW IMPACT DEVELOPMENT CONFERENCE 2008, PP 85–98.
- LEE J, MOON H, KIM T, KIM H, HAN M (2013): QUANTITATIVE ANALYSIS ON THE URBAN FLOOD MITIGATION EFFECT BY THE EXTENSIVE GREEN ROOF SYSTEM. *ENVIRONMENTAL POLLUTION* 181:257–261. DOI: 10.1016/J.ENVPOL.2013.06.039.
- LI Y, BABCOCK, JR., R.W. (2014): GREEN ROOF HYDROLOGIC PERFORMANCE AND MODELING: A REVIEW. *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 69(4):(727-738). DOI: 10.2166/WST.2013.770.
- LIESECKE H (1989): FORSCHUNGSPROJEKT GRÜNDACH: WASSERRÜCKHALTUNG UND ABFLUSSPENDE BEI EXTENSIVBEGRÜNUNG AUF FLACHDÄCHERN. *DAS DACHDECKER-HANDWERK*(8):37–54.
- LIESECKE H (1993): DIE WASSERRÜCKHALTUNG BEI EXTENSIVEN DACHBEGRÜNUNGEN: ERGEBNISSE MEHRJÄHRIGER FREILANDVERSUCHE MIT 26 BAUWEISEN AM STANDORT HANNOVER-HERRENHAUSEN. *DAS GARTENAMT* 42(11):728–735.
- LIESECKE H (1999): EXTENSIVE BEGRÜNUNG BEI 5° DACHNEIGUNG. *STADT UND GRÜN* 48(5):337–346.
- LIESECKE H (2002): WEITERENTWICKLUNG DER EINSCHICHTIGEN BAUWEISE FÜR EXTENSIVE DACHBEGRÜNUNGEN: TEIL 3: WASSERRÜCKHALTUNG UND JAHRESABFLUSSBEIWERT. *DACH + GRÜN* 11(1):10–13.
- LIU K (2004): ENGINEERING PERFORMANCE OF ROOFTOP GARDENS THROUGH FIELD EVALUATION, OTTAWA.
- LIU K, MINOR J (2005): PERFORMANCE EVALUATION OF AN EXTENSIVE GREEN ROOF, CITY OF TORONTO.
- LOCATELLI L, MARK O, MIKKELSEN PS, ARNBJERG-NIELSEN K, BERGEN JENSEN M, BINNING PJ (2014): MODELING OF GREEN ROOF HYDROLOGICAL PERFORMANCE FOR URBAN DRAINAGE APPLICATIONS. *JOURNAL OF HYDROLOGY* 519:3237–3248. DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2014.10.030.
- MA L, QIN B, ZUO C (2012): PERFORMANCE OF URBAN RAINWATER RETENTION BY GREEN ROOF: A CASE STUDY OF JINAN. *APPLIED MECHANICS AND MATERIALS* 178-181:295–299. DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.178-181.295.
- MANN G (2000): RETENTIONSVERHALTEN BEGRÜNTER DÄ-

- CHER. STADT UND GRÜN 49(10):681–686.
- MANN G, UHL M, SCHIEDT L (2000): WASSERHAUSHALT AUF BEGRÜNTE DÄCHERN: UNTERSUCHUNGEN AN DER RWS-VERSUCHSANLAGE IN KRAUCHENWIES. STADT UND GRÜN 49(4):246–254.
- MENTENS J, RAES D, HERMY M (2006): GREEN ROOFS AS A TOOL FOR SOLVING THE RAINWATER RUNOFF PROBLEM IN THE URBANIZED 21ST CENTURY? LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 77(3):217–226. DOI: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2005.02.010.
- METSelaar K (2012): WATER RETENTION AND EVAPOTRANSPIRATION OF GREEN ROOFS AND POSSIBLE NATURAL VEGETATION TYPES. RESOURCES, CONSERVATION AND RECYCLING 64:49–55. DOI: 10.1016/J.RESCONREC.2011.12.009.
- MORAN, AMY, HUNT, BILL, SMITH J (2005): HYDROLOGIC AND WATER QUALITY PERFORMANCE FROM GREENROOFS IN GOLDSBORO AND RALEIGH, NORTH CAROLINA.
- MORGAN S, CELIK S, RETZLAFF W (2013): GREEN ROOF STORM-WATER RUNOFF QUANTITY AND QUALITY. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING (UNITED STATES) 139(4):(471-478). DOI: 10.1061/%28ASCE%29EE.1943-7870.0000589.
- NAGASE A, DUNNETT N (2012): AMOUNT OF WATER RUNOFF FROM DIFFERENT VEGETATION TYPES ON EXTENSIVE GREEN ROOFS: EFFECTS OF PLANT SPECIES, DIVERSITY AND PLANT STRUCTURE. LANDSCAPE AND URBAN PLANNING 104(3-4):356–363. DOI: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2011.11.001.
- NARDINI A, ANDRI S, CRASSO M (2012): INFLUENCE OF SUBSTRATE DEPTH AND VEGETATION TYPE ON TEMPERATURE AND WATER RUNOFF MITIGATION BY EXTENSIVE GREEN ROOFS: SHRUBS VERSUS HERBACEOUS PLANTS. URBAN ECOSYST 15(3):697–708. DOI: 10.1007/s11252-011-0220-5.
- OULDBOUKHITINE S, BELARBI R, DJEDJIG R (2012): CHARACTERIZATION OF GREEN ROOF COMPONENTS: MEASUREMENTS OF THERMAL AND HYDROLOGICAL PROPERTIES. BUILDING AND ENVIRONMENT 56(0):78–85. DOI: 10.1016/J.BUILDENV.2012.02.024.
- PALLA A, SANSALONE J, GNECCO I, LANZA L (2011): STORM WATER INFILTRATION IN A MONITORED GREEN ROOF FOR HYDROLOGIC RESTORATION. WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY 64(3):(766-773). DOI: 10.2166/WST.2011.171.
- PALLA A, GNECCO I, LANZA LG (2010): HYDROLOGIC RESTORATION IN THE URBAN ENVIRONMENT USING GREEN ROOFS. WATER 2(2):140–154. DOI: 10.3390/W2020140.
- PALMARICCIOTTI G (2015): ABBILDUNG VON EXTREMNIEDERSCHLÄGEN ZUR BERECHNUNG DES WASSERRÜCKHALTE- UND ABFLUSSVERHALTENS VON DACHBEGRÜNUNGEN. IN: FACHVEREINIGUNG BAUWERKSBEGRÜNUNG (ED) TAGUNGSBAND 13. INTERNATIONALES FBB-GRÜNDACHSYMPOSIUM 2015, PP 12–16.
- POË S, STOVIN V, BERRETTA C (2015): PARAMETERS INFLUENCING THE REGENERATION OF A GREEN ROOF'S RETENTION CAPACITY VIA EVAPOTRANSPIRATION. JOURNAL OF HYDROLOGY 523:356–367. DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2015.02.002.
- QIN H, LI Z, FU G (2013): THE EFFECTS OF LOW IMPACT DEVELOPMENT ON URBAN FLOODING UNDER DIFFERENT RAINFALL CHARACTERISTICS. JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT 129:577–585. DOI: 10.1016/J.JENVMAN.2013.08.026.
- RAZZAGHMANESH M, BEECHAM S (2014): THE HYDROLOGICAL BEHAVIOUR OF EXTENSIVE AND INTENSIVE GREEN ROOFS IN A DRY CLIMATE. SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT 499:284–296. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2014.08.046.
- ROEHR D, KONG Y (2010): RUNOFF REDUCTION EFFECTS OF GREEN ROOFS IN VANCOUVER, BC, KELOWNA, BC, AND SHANGHAI, P.R. CHINA. CANADIAN WATER RESOURCES JOURNAL 35(1):53–68. DOI: 10.4296/CWRJ3501053.
- ROSATTO HG, LAUREDA D, PEREZ D, BARRERA D, MEYER M, GAMBOA P, VILLALBA G, FRIEDRICH M, BARGIELLA M, RODRIGUEZ PLAZA L, CALVO G, MIRANDA M, INIGO M, QUANTENNE E (2010): WATER RETENTION EFFICIENCY OF GREEN ROOF SYSTEMS. REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS 42(1):213–219.
- COLUMBIA UNIVERSITY CENTER FOR CLIMATE SYSTEMS RESEARCH AND NASA (2006): GREEN ROOFS IN THE NEW YORK METROPOLITAN REGION: RESEARCH REPORT, NEW YORK.
- SCHADE C (2000): WASSERRÜCKHALTUNG UND ABFLUSS-

- BEIWERTE BEI DÜNNSCHICHTIGEN EXTENSIVBEGRÜNNUNGEN. *STADT UND GRÜN* 49(2):95–100.
- SCHMIDT M (2005): THE INTERACTION BETWEEN WATER AND ENERGY OF GREENED ROOFS. IN: UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES WÄDENSWIL (ED) *WORLD GREEN ROOF CONGRESS: CONFERENCE TRANSCRIPT*.
- SCHROLL E, LAMBRINOS J, RIGHETTI T, SANDROCK D (2011): THE ROLE OF VEGETATION IN REGULATING STORMWATER RUNOFF FROM GREEN ROOFS IN A WINTER RAINFALL CLIMATE. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 37(4):(595-600). DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2010.12.020.
- SIMMONS MT, GARDINER B, WINDHAGER S, TINSLEY J (2008): GREEN ROOFS ARE NOT CREATED EQUAL: THE HYDROLOGIC AND THERMAL PERFORMANCE OF SIX DIFFERENT EXTENSIVE GREEN ROOFS AND REFLECTIVE AND NON-REFLECTIVE ROOFS IN A SUB-TROPICAL CLIMATE. *URBAN ECOSYST* 11(4):339–348. DOI: 10.1007/s11252-008-0069-4.
- SPEAK A, ROTHWELL J, LINDLEY S, SMITH C (2013): RAINWATER RUNOFF RETENTION ON AN AGED INTENSIVE GREEN ROOF. *SCIENCE OF THE TOTAL ENVIRONMENT* 461-462:28–38. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2013.04.085.
- SPOLEK G (2008): PERFORMANCE MONITORING OF THREE ECOROOF IN PORTLAND, OREGON. *URBAN ECOSYST* 11(4):349–359. DOI: 10.1007/s11252-008-0061-z.
- STOVIN V (2010): THE POTENTIAL OF GREEN ROOFS TO MANAGE URBAN STORMWATER. *WATER AND ENVIRONMENT JOURNAL* 24(3):(192-199). DOI: 10.1111/J.1747-6593.2009.00174.x.
- STOVIN V, POË S, BERRETTA C (2013): A MODELLING STUDY OF LONG TERM GREEN ROOF RETENTION PERFORMANCE. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL MANAGEMENT* 31:206–215. DOI: 10.1016/J.JENVMAN.2013.09.026.
- STOVIN V, POË S, DE-VILLE S, BERRETTA C (2015): THE INFLUENCE OF SUBSTRATE AND VEGETATION CONFIGURATION ON GREEN ROOF HYDROLOGICAL PERFORMANCE. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 85:159–172. DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2015.09.076.
- STOVIN V, VESUVIANO G, KASMIN H (2012): THE HYDROLOGICAL PERFORMANCE OF A GREEN ROOF TEST BED UNDER UK CLIMATIC CONDITIONS. *JOURNAL OF HYDROLOGY* 414-415:148–161. DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2011.10.022.
- TAYLOR BL (2008): THE STORMWATER CONTROL POTENTIAL OF GREEN ROOFS IN SEATTLE. IN: SHE N, CHARM (EDS) *INTERNATIONAL LOW IMPACT DEVELOPMENT CONFERENCE 2008*, PP 99–108.
- TEEMUSK A, MANDER U (2007): RAINWATER RUNOFF QUANTITY AND QUALITY PERFORMANCE FROM A GREENROOF: THE EFFECTS OF SHORT-TERM EVENTS. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 30(3):(271-277).
- UHL M, SCHIEDT L, MANN G, HENNEBERG M (2003): LANGZEITSTUDIE ZUM ABFLUSSVERHALTEN BEGRÜNTER DÄCHER. *WASSER & BODEN* 55(3):28–36.
- VAN, SETERS, T., ROCHA L, SMITH D, MACMILLAN G (2009): EVALUATION OF GREEN ROOFS FOR RUNOFF RETENTION, RUNOFF QUALITY, AND LEACHABILITY. *WATER QUALITY RESEARCH JOURNAL OF CANADA* 44(1):(33-47).
- VANUYTRECHT E, VAN, MECHELEN, C., VAN, MEERBEEK, K., WILLEMS P, HERMY M, RAES D (2014): RUNOFF AND VEGETATION STRESS OF GREEN ROOFS UNDER DIFFERENT CLIMATE CHANGE SCENARIOS. *LANDSCAPE AND URBAN PLANNING* 122. DOI: 10.1016/J.LANDURBPLAN.2013.11.001.
- VANWOERT ND, ROWE DB, ANDRESEN JA, RUGH CL, FERNANDEZ RT, XIAO L (2005): GREEN ROOF STORMWATER RETENTION. *JOURNAL OF ENVIRONMENT QUALITY* 34(3):1036. DOI: 10.2134/JEQ2004.0364.
- VERGROESEN T, MAN JOSHI U, VAN DE GIESEN, N. C., VAN DE VEN, F. H. M. (2010): HIGH RESOLUTION RAINFALL – RUNOFF MEASUREMENT SETUP FOR GREEN ROOF EXPERIMENTS IN A TROPICAL ENVIRONMENT. *HYDROL. EARTH SYST. SCI. DISCUSS.* 7(6):9367–9410. DOI: 10.5194/HESSD-7-9367-2010.
- VERSINI P, PETRUCCI G, DE, GOUELLO, B. (2014): GREENROOF AS A SOLUTION TO SOLVE STORMWATER MANAGEMENT ISSUES? ASSESSMENT ON A LONG TIME PERIOD AT THE PARCEL SCALE. *IAHS AISH PROCEEDINGS AND REPORTS CONFERENCE BOLOGNA IAHS 2014 - 6TH IAHS-EGU INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED WATER RESOURCES MANAGEMENT*.
- VILLARREAL EL, BENGTTSSON L (2005): RESPONSE OF A SEDUM GREEN-ROOF TO INDIVIDUAL RAIN EVENTS. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 25(1):1–7. DOI: 10.1016/J.

ECOLENG.2004.11.008.

- VILLARREAL E (2007): RUNOFF DETENTION EFFECT OF A SEDUM GREEN-ROOF. *NORDIC HYDROLOGY* 38(1):(99-105). DOI: 10.2166/NH.2007.031.
- VOYDE E, FASSMAN E, SIMCOCK R (2010): HYDROLOGY OF AN EXTENSIVE LIVING ROOF UNDER SUB-TROPICAL CLIMATE CONDITIONS IN AUCKLAND, NEW ZEALAND. *JOURNAL OF HYDROLOGY* 394(3-4):384–395. DOI: 10.1016/J.JHYDROL.2010.09.013.
- WHITTINGHILL LJ, ROWE DB, ANDRESEN JA, CREGG BM (2014): COMPARISON OF STORMWATER RUNOFF FROM SEDUM, NATIVE PRAIRIE, AND VEGETABLE PRODUCING GREEN ROOFS. *URBAN ECOSYST.* DOI: 10.1007/s11252-014-0386-8.
- WONG G, JIM C (2014): QUANTITATIVE HYDROLOGIC PERFORMANCE OF EXTENSIVE GREEN ROOF UNDER HUMID-TROPICAL RAINFALL REGIME. *ECOLOGICAL ENGINEERING* 70:366–378. DOI: 10.1016/J.ECOLENG.2014.06.025.
- YE J, ZHANG H, YU S, GUO S, XU W, LI H (2011): RUNOFF QUANTITY DYNAMIC FROM AN EXTENSIVE GREEN ROOF DURING INDIVIDUAL RAINSTORMS. *ADVANCED MATERIALS RESEARCH* 250-253(1-4):3429–3435. DOI: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMR.250-253.3429.
- YIO M, STOVIN V, WERDIN J, VESUVIANO G (2013): EXPERIMENTAL ANALYSIS OF GREEN ROOF SUBSTRATE DETENTION CHARACTERISTICS. *WATER SCIENCE AND TECHNOLOGY* 68(7):(1477-1486). DOI: 10.2166/WST.2013.381.