

## (1) Einleitung und Zielsetzung

In der städtischen Entwässerung treten bedingt durch sich verändernde Wetterbedingungen (IPCC 2014) immer häufiger Überlastungen des konventionellen, zentralen Systems auf und die Ausweitung der bestehenden Kanalisation erweist sich häufig als unwirtschaftlich (DWA, 2013). Dachbegrünungen als ein Teil dezentraler Bewirtschaftungsmaßnahmen (DRWBM) können demgegenüber qualitative und quantitative Vorteile bezogen auf wasserwirtschaftliche (Retention, Reduktion), ökologische (Biodiversitätsraum) und städteplanerische (Flächenerschließung/Ersparnis, Hitzeglockenminderung) Aspekte bieten (DDV, 2016). Folglich werden Gründachsysteme und -komponenten fortwährend weiterentwickelt und müssen auf Ihre Dynamik überprüft werden. Zusätzlich besteht vermehrt die Forderung DRWBM in Simulationen der städtischen Niederschlagsentwässerung zu integrieren. Daraus leitet sich der Bedarf ab, die positiven Abflusseigenschaften begrünter Dächer bei unterschiedlichen Bedingungen detaillierter als bislang nachzuweisen (Schichtentrennung). Hierbei bieten physikalische Laboruntersuchungen gegenüber dem Monitoring von Realdachabflüssen entscheidende Vorteile. So können in verhältnismäßig kurzer Zeit reproduzierbare Aussagen zum Verhalten bei extremen Niederschlags- und Umweltbedingungen getroffen werden.

Im Rahmen der Entwicklung des Niederschlags-Abfluss-Modells (NA) KalypsoHydrology und weiterführender Forschung zu DRWBM werden am Institut für Wasserbau der TUHH physikalische Laborversuche zum Abflussverhalten verschiedener Gründachaufbauten durchgeführt. Primäres Ziel ist es, die hydraulischen Eigenschaften der eingesetzten Gründachmodelle in Abhängigkeit vom Niederschlagsereignis und zukünftig weiteren Einflussfaktoren zu analysieren. Im Weiteren wird angestrebt, mit Hilfe der Untersuchungsergebnisse die Kalibrierung und Validierung des NA-Modells KalypsoHydrology (Hellmers, 2017) zu optimieren.

## (2) Material und Methoden

In den laufenden Untersuchungen werden mit Hilfe des Regensimulators RS-TUHH (Palmaricciotti, 2014) zwei Gründachmodelle berechnet. Hierbei werden der Dachaufbau (Substrathöhe, Dränageschichten, Substrattyp, Neigung) und die Randbedingungen (Intensität, Dauerstufe) systematisch verändert. Der schematische Aufbau der Untersuchungen sowie die hier vorgestellten Randbedingungen sind in Abbildung 1 bzw. Tabelle 1 aufgezeigt. In dieser Arbeit werden die Untersuchungen des *Optigrünaufbaus*'s (6/8 cm; 6 %) mit *M30 Drainage* vorgestellt. Die notwendige Abflusstrennung wird erreicht, in dem für drei unterschiedliche Höhen am Auslauf des Modells Abflussrinnen entwickelt wurden. Um den Ablauf der Drainage zu messen, wurde ein Adapter entwickelt, welcher Wasser ungehindert über einen Schlauch abführt. Im Ergebnis stehen die vier Abflüsse Überlauf 1 (1), Drainage (2), Substrat/Überlauf 2 (3), Oberflächenabfluss (4), zu sehen auf Abb. 2 d).



Abbildung 2 a)-d): Abflusstrennung

Abbildung 2: Gründachmodelle und Versuchsaufbau

Blockregenereignisse, z.B.:  $R_{15,100} = 1,8 \text{ mm/min}$ ;  $R_{45,100-200} = 1,0 \text{ mm}$ ;  $R_{90,100-200} = 0,6 \text{ mm}$

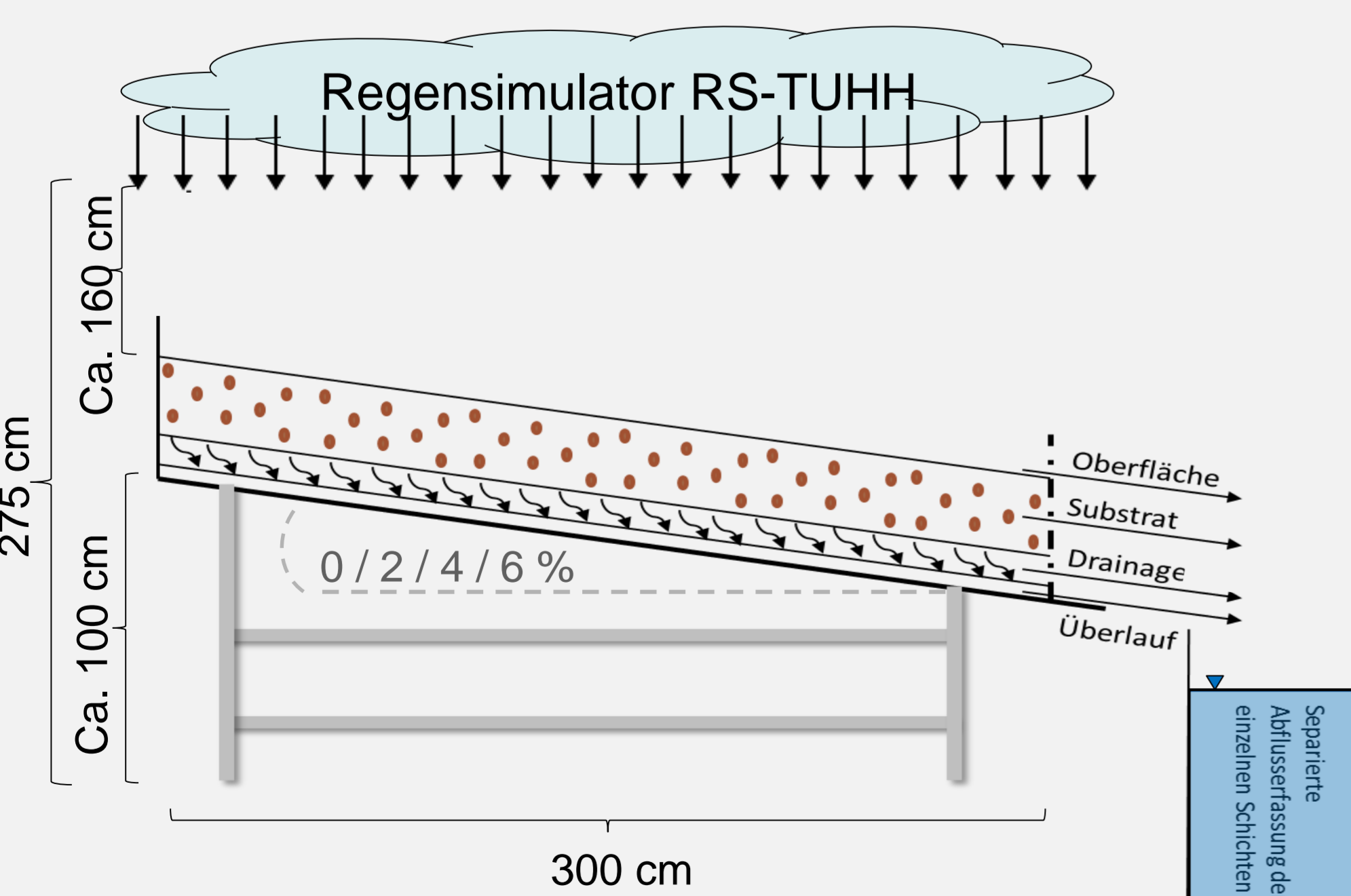


Abbildung 1: schematischer Aufbau bisheriger Gründachuntersuchungen am Institut für Wasserbau, TUHH

Substrate (6 / 8 cm):

- HanseGrand HansePor
- Optigrün Typ E leicht

Drainage:

- Ohne
- Optigrün M30/M60

Parameter/Einflussgrößen:

- Niederschläge (I vs. D)
- Schichtdicke
- Neigung
- Substrattyp
- Drainagetyp
- Bodenfeuchte
- Vegetation
- ...

## (3) Ergebnisse und Diskussion

Wesentliche Neuerung ist die separierte Erfassung der Abflüsse. Die Ergebnisdarstellung wird diesen Umstand schwerpunktmäßig behandeln.

Abflussbeiwerte

Die hier vorgestellten Ergebnisse orientieren sich an den Richtlinien der FLL zur Durchführung von Laboruntersuchungen und Ermittlung des Abflussbeiwertes  $C_s$ . Durch die veränderte Modellfließlänge von 3m im Vergleich zur FLL Prozedur (5m) wird ein Korrekturfaktor von  $x_f = 0,66$  verwendet. Die fehlende Vegetation geht mit einem Abzug von  $x_v = 0,05$  in die Berechnung ein. Es zeigt sich, dass im Vergleich zu herkömmlichen Dachbegrünungen eine signifikante Verbesserung insbesondere bei kurzen intensiven Ereignissen erzielt werden kann ( $C_s = 0,2 - 0,21$ ). Die Retentionswirkung ist bis zur vollständigen Drainagespeicherauslastung vorhanden. Der Verschiebung des maximalen Abflussscheitels wird somit hauptsächlich durch die mäandrierende Drainage bewirkt, die Substratmächtigkeit hat dagegen nur einen geringen Einfluss.

Tabelle 2: ermittelte Spitzenabflussbeiwerte  $C_s$

i [mm/min]	$C_s$ (h = 6cm)	$C_s$ (h = 8cm)
1,8	0,20	0,21
1,0	0,42	0,42
0,6	0,50	0,49

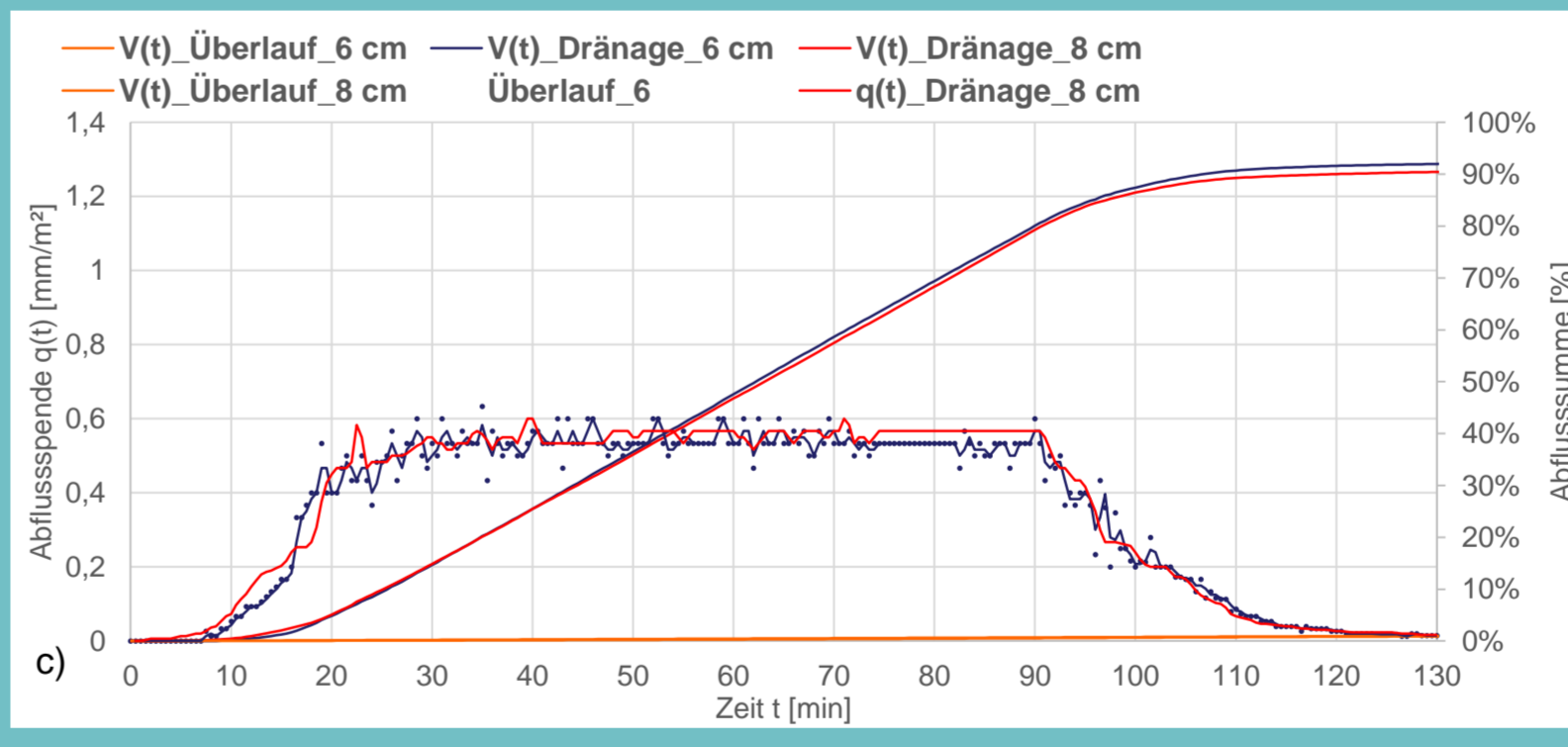
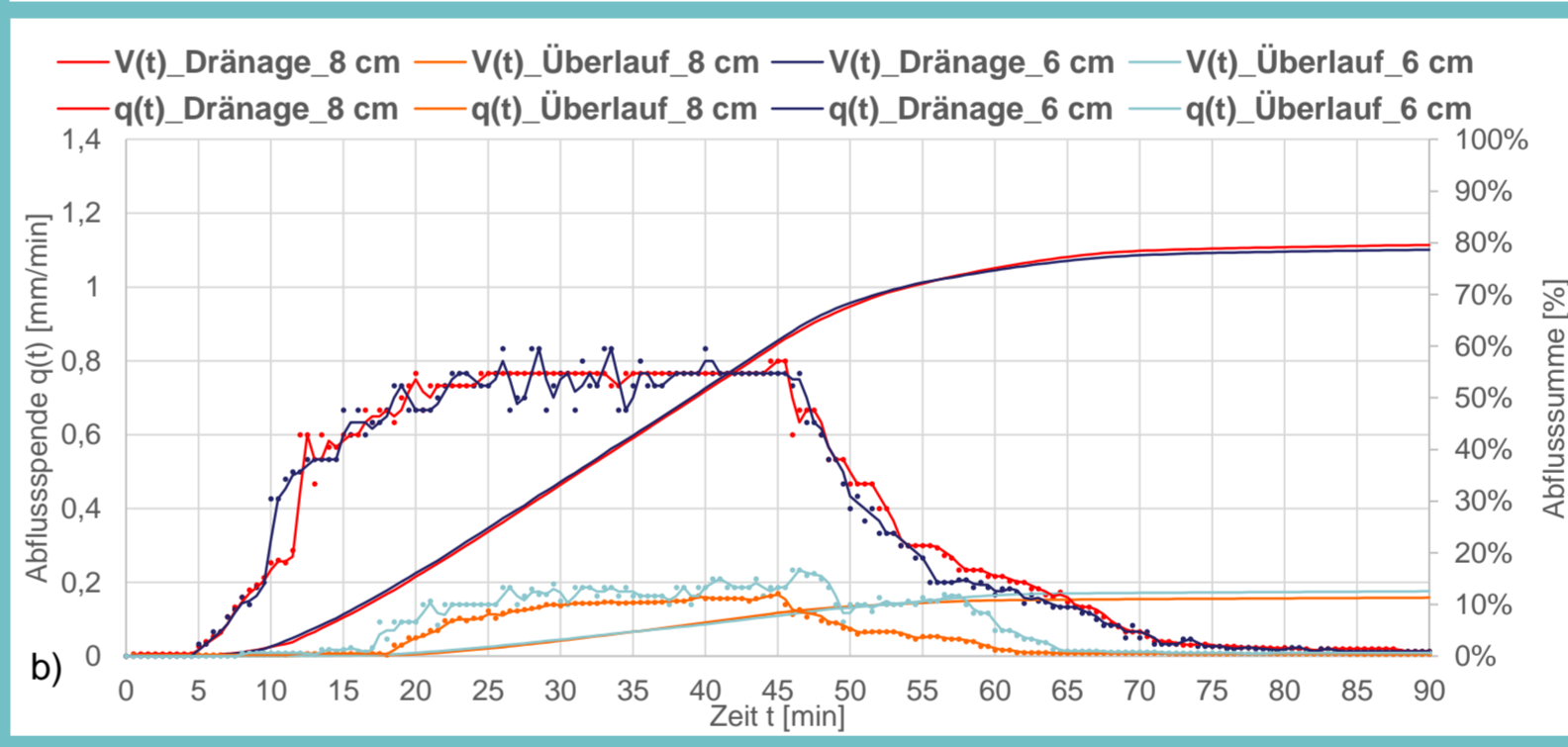
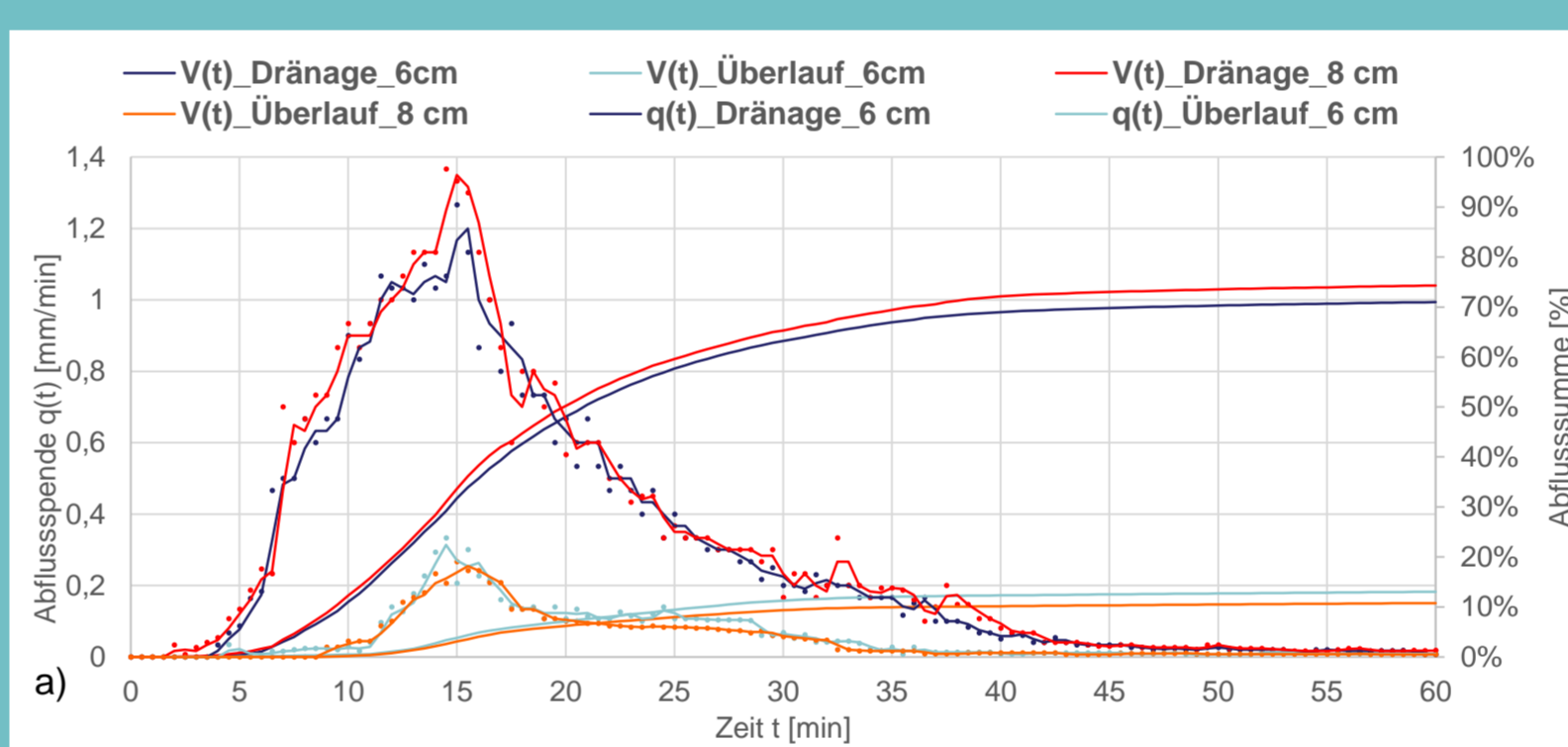
\* Nach FLL = Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.

$$C_s = \left[ \frac{V_{out}}{V_{in}} - x_v \right] \cdot x_f$$

- $V_{in}$  vs.  $V_{out}$  Wasserzu- bzw. -abfluss in 15 Min
- $x_v$  Vegetationskorrekturfaktor: 0,05 [-]
- $x_f$  Fließlängenkorrekturfaktor: 0,66 [-]

Retention und Reduktion des Abflusses

Die Ergebnisse der separierten Abflüsse ( $q$  in  $\frac{mm}{min}$ ) und die Abflusssumme ( $V$  in %) sind in Abb. 4 a) bis d) dargestellt. Gemessen wurden in diesem Versuch die Abflüsse aus der Drainage sowie der Überlauf, wobei mit den Ergebnissen die gegenseitige Abhängigkeit nachgewiesen wird. Ein Großteil des Niederschlags wird dabei über die Drainage abgeführt. Erst wenn die Drossel ihre Kapazitätsgrenze erreicht hat, setzt ein Überlauf im System ein. Gegenüber Referenzdachuntersuchungen ohne jegliche Bedeckung kann der Eintrittszeitpunkt des Spitzenabflusses um 15 (Abb. 4a;  $R_{15,100}$ ), 40 (4b;  $R_{45,100-200}$ ) und 40 Min (4c;  $R_{90,100-200}$ ) verzögert werden. Gleichzeitig findet eine Gesamtabflussreduktion (4d) bis zum Versuchsende um 65 % ( $R_{15,100}$ ), 31 % ( $R_{45,100-200}$ ) und 19 % ( $R_{90,100-200}$ ) statt. Es zeigt sich, dass der Einsatz von Retentionsdachaufbauten insbesondere bei kurzen und intensiven Starkregenereignissen wirksam ist. Dennoch ist stets eine Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von weiteren Randbedingungen wie u.a. der Vorfeuchte gegeben, dessen quantitativer und qualitativer Einfluss in weiteren Untersuchungen beschrieben werden soll.



Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von weiteren Randbedingungen wie u.a. der Vorfeuchte gegeben, dessen quantitativer und qualitativer Einfluss in weiteren Untersuchungen beschrieben werden soll.

Anmerkungen

Während der Versuche kam es wiederholt zur Beeinflussung der Abflussbildung aus der Drainage durch Bodenmaterial (die dargestellten Ergebnisse sind unbeeinflusst). Dieser Fall kann unter Umständen auch in realen Dachaufbauten die hydraulische Leistungsfähigkeit einschränken.

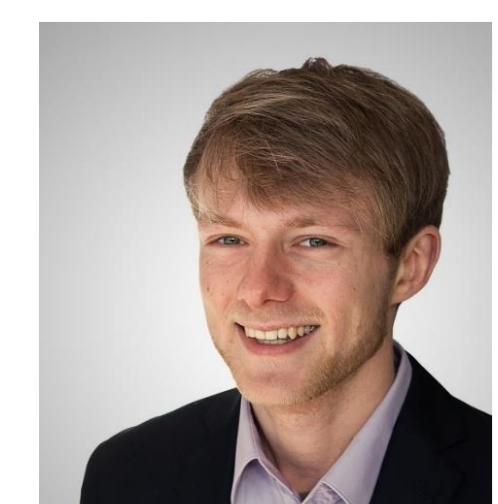
Abbildung 4 a) – d): Ergebnisse der Abflusstrennung (a-c) und Wasserrückhalt (d) für Versuche mit h = 6 cm & 8 cm sowie D = 15 Min., 45 Min. & 90 Min.

## (4) Folgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen die Funktionsweise und Leistungsfähigkeit des eingesetzten Schichtaufbaus. Insbesondere für kurze Starkregenereignisse wirkt das Drainagesystem effizient ( $C_s \sim 0,2$ ). Als neuralgischer Punkt (Zusetzen durch Sedimente) wird der Drosselauslass der Drainage bzw. das Filtervlies ausgemacht. Die Trennung der Abflüsse liefert gute und für hydrologische Modelle wie KalypsoHydrologie verwendbare Ergebnisse. Der auch in diesen Untersuchungen festgestellte hohe Einfluss der Eingangsbodenfeuchte und der Vorsättigung der Drainage auf die Leistungsfähigkeit des Aufbaus sollte in zukünftigen Untersuchungen mit der erweiterten Abflusserfassung untersucht werden. Zusätzlich wird der Einfluss weiterer Randbedingungen und Dachaufbauten in zukünftigen Arbeiten untersucht.

## Danksagung

Die Autoren danken der Firma Optigrün für die finanzielle Unterstützung einer der Tragstrukturen sowie für die Bereitstellung von Gründachkomponenten.



**Justus Patzke**  
+49 (0)40 42878 4412  
justus.patzke@tuhh.de  
www.tuhh.de/wb



**Sandra Hellmers**  
+49 (0)40 42878 4412  
s.hellmers@tuhh.de  
www.tuhh.de/wb



**B.Sc. Fenja Schuylenburg**  
+49 (0)40 42878 3761  
Fenja.Schuylenburg@tuhh.de  
www.tuhh.de/wb



**Prof. Dr.-Ing. Peter Fröhle**  
+49 (0)40 42878 4600  
froehle@tuhh.de  
www.tuhh.de/wb