

(1) Einleitung: In der Stadtentwässerung ist bereits seit mehreren Jahren ein Umdenken von einer zentralen Entwässerung hin zu einer dezentralen Bewirtschaftung festzustellen. Die Implementierung *dezentraler Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (DRWBM)* wird in zunehmendem Maße wegen ihrer Anpassungsfähigkeit und ihrer multifunktionalen Eigenschaften als geeignete Herangehensweise im städtischen Hochwassermanagement betrachtet. Zum Einsatz kommen hier Mulden, lokale Speicher, durchlässige Beläge und begrünte Dächer. Als Grundlage für eine quantitative Bewertung von DRWBM, insbesondere hinsichtlich der Wirkung auf die Entwässerungsleistung von urbanen und ländlichen Systemen, ist einerseits die *realistische Implementierung* von DRWBM in hydrologischen Modellen und andererseits die *Kalibrierung bzw. Verifizierung* mit physikalischen (Labor-)Modellen erforderlich.

(2) Theorie: Dezentrale Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen setzen sich aus unterschiedlichen Schichten zusammen, die jeweils Funktionen aufweisen zur: (1) Wasseraufnahme und -abgabe, (2) Zwischenspeicherung, (3) Rückstauungen innerhalb des vertikalen Schichtenaufbaus und (4) Umverteilung des Wassers bei gekoppelten Schichten. Zur Modellierung dieser Funktionen ist eine differenzierte Betrachtung der Heterogenität in räumlichen Skalen und die Variabilität in zeitlichen Skalen im hydrologischen Modellansatz erforderlich. Die hier definierten Skalenbereiche sind in Abb. 1 dargestellt.

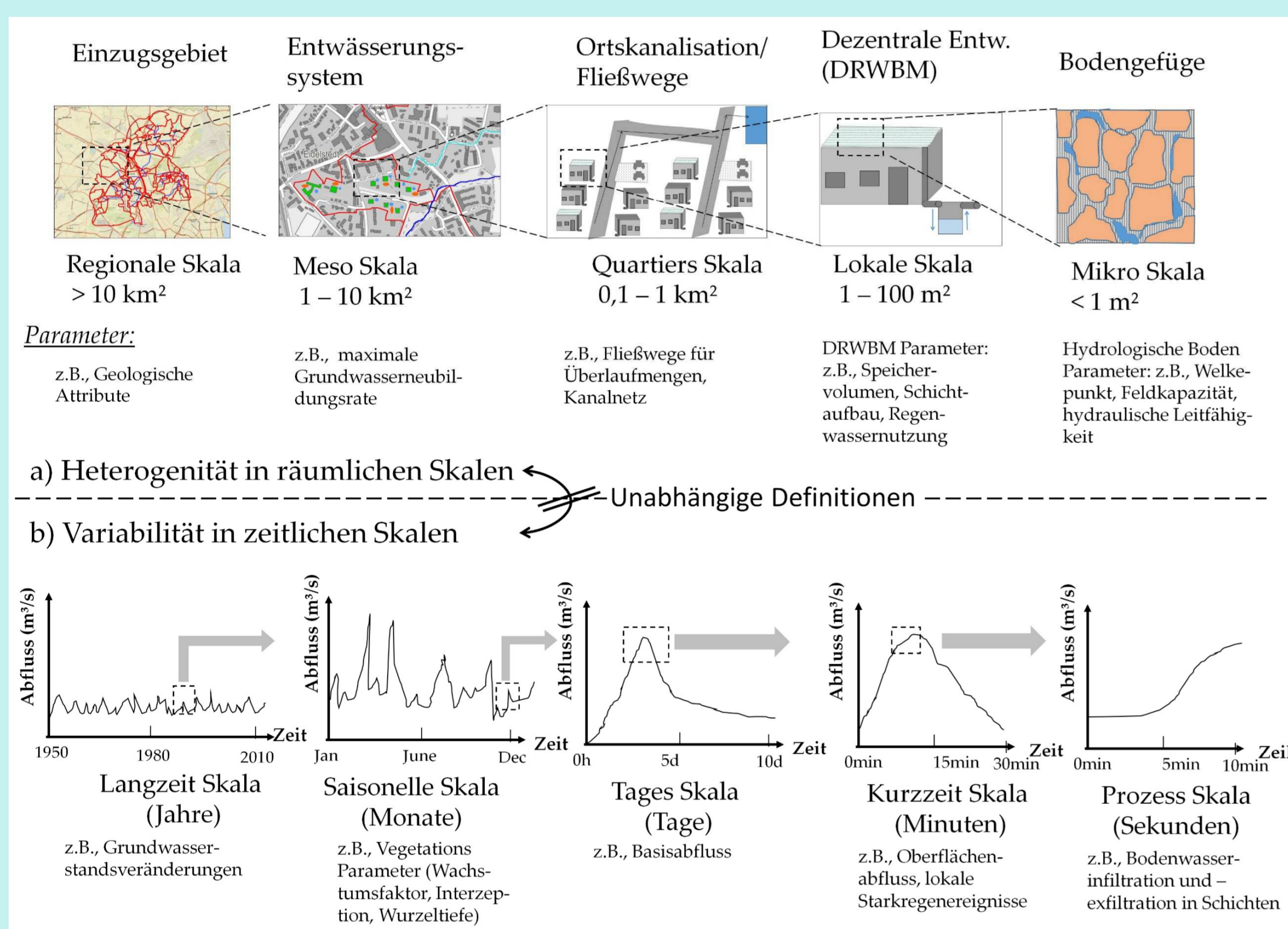


Abb. 1: Schema zur Differenzierung der räumlichen und zeitlichen Skalen in einem hydrologischen Modell zur Abbildung von DRWBM.

Siehe auch: Hellmers & Fröhle (2017): <http://www.mdpi.com/2073-4441/9/2/71>

(3) Methodik: Zur Integration von lokalen Entwässerungssystemen in hydrologische Modelle wurden neue Ansätze in der mikroskaligen räumlichen und zeitlichen Modellebene entwickelt. Die Methodik ermöglicht die detaillierte Berechnung der Bodenwasserbilanzen und Entwässerungsprozesse der einzelnen Schichten in vier Berechnungsschleifen (s. Abb. 2). Insbesondere die Abbildung von Rückstau- und Kopplungseffekten innerhalb des Schichtenaufbaus ist ein wichtiger und neuer Ansatz in der numerischen Abbildung von DRWBM.

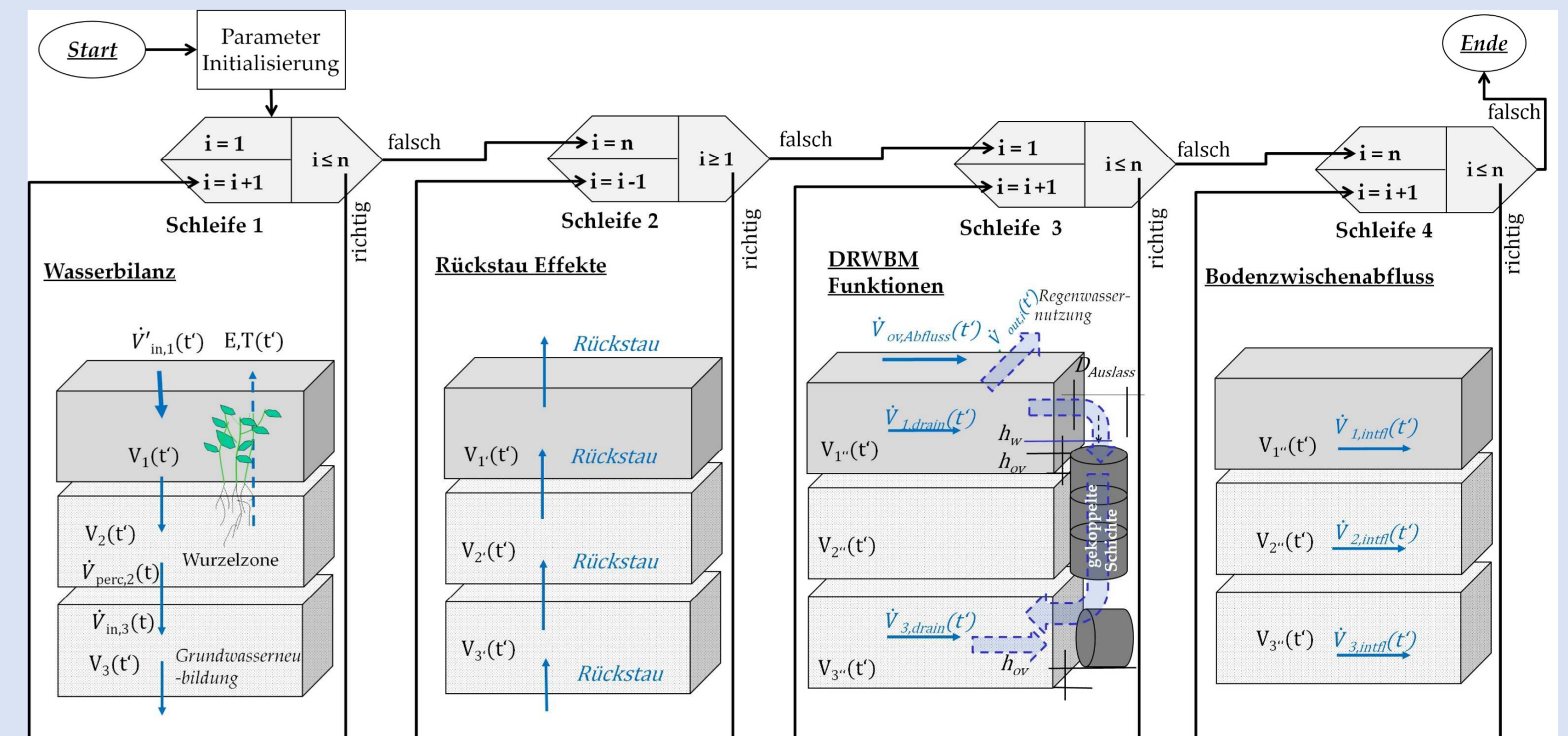


Abb. 2: Schema zur Berechnung der hydrologischen Funktionen in geschichteten DRWBM auf der räumlichen und zeitlichen Mikroskala (siehe auch: Hellmers & Fröhle 2017).

Der neue Modellansatz wurde implementiert in das semi-distributive Niederschlag-Abfluss-Modell KalypsoNA (Version 3.2.0) / KalypsoHydrology (Version 13).

Ein physikalisches Laborversuchsmodell wurde weiterentwickelt, um die Abflüsse der einzelnen Schichten separiert zu erfassen und eine Validierung mit den Ergebnissen des numerischen Modells zu ermöglichen. Aufbau und Ergebnisse des Laborversuchsmodells sind detailliert in einem weiteren Poster-Beitrag zum TdH2017 veröffentlicht: siehe Patzke et. al. 2017.



Abb. 3: Physikalisches Laborversuchsmodell mit separierter Abflusserfassung

(4) Modellerstellung und Ergebnisse:

Das numerische Modell wird aufgestellt mit den folgenden Eingangsparametern: (1) Substrate werden mit hydrologischen Bodenparametern bestimmt (Welkepunkt, Feldkapazität, max. Porenvolumen und hydraulische Leitfähigkeit). (2) Drainageschichten werden mit Rauigkeit, Auslassdurchmesser, Fließlänge, Überlaufhöhen und Kopplungseigenschaften bestimmt. (3) Der Modellaufbau kann in unterschiedlichen Neigungen und Flächengrößen pro Auslass abgebildet werden. (4) Die Anfangsbodenfeuchten wurden durch Bodensonden im Laborversuch bestimmt.

Es erfolgte eine Kalibrierung des numerischen Modells anhand eines Sättigungsindex. Nach Erreichen eines Sättigungsgrades in der betrachteten Schicht erfolgt ein Rückstauereffekt bzw. eine Abgabe des Überschusswassers in eine gekoppelte Schicht.

Die Kalibrierungs- bzw. Validierungsergebnisse einer beispielhaften Versuchsreihe mit Gründachaufbaumaterialien der Firma OptiGrün und einer Modellneigung von 6% werden in Abb. 4 gezeigt. Es wurden mehrere Blockregenereignisse mit unterschiedlichen Intensitäten und Dauerstufen untersucht. Die numerischen und physikalischen Ergebnisse verdeutlichen eine gute Übereinstimmung der Abflüsse aus den Schichten bezüglich der Abflussvolumen, der Abflussspitzen und des Retentionsverhaltens.

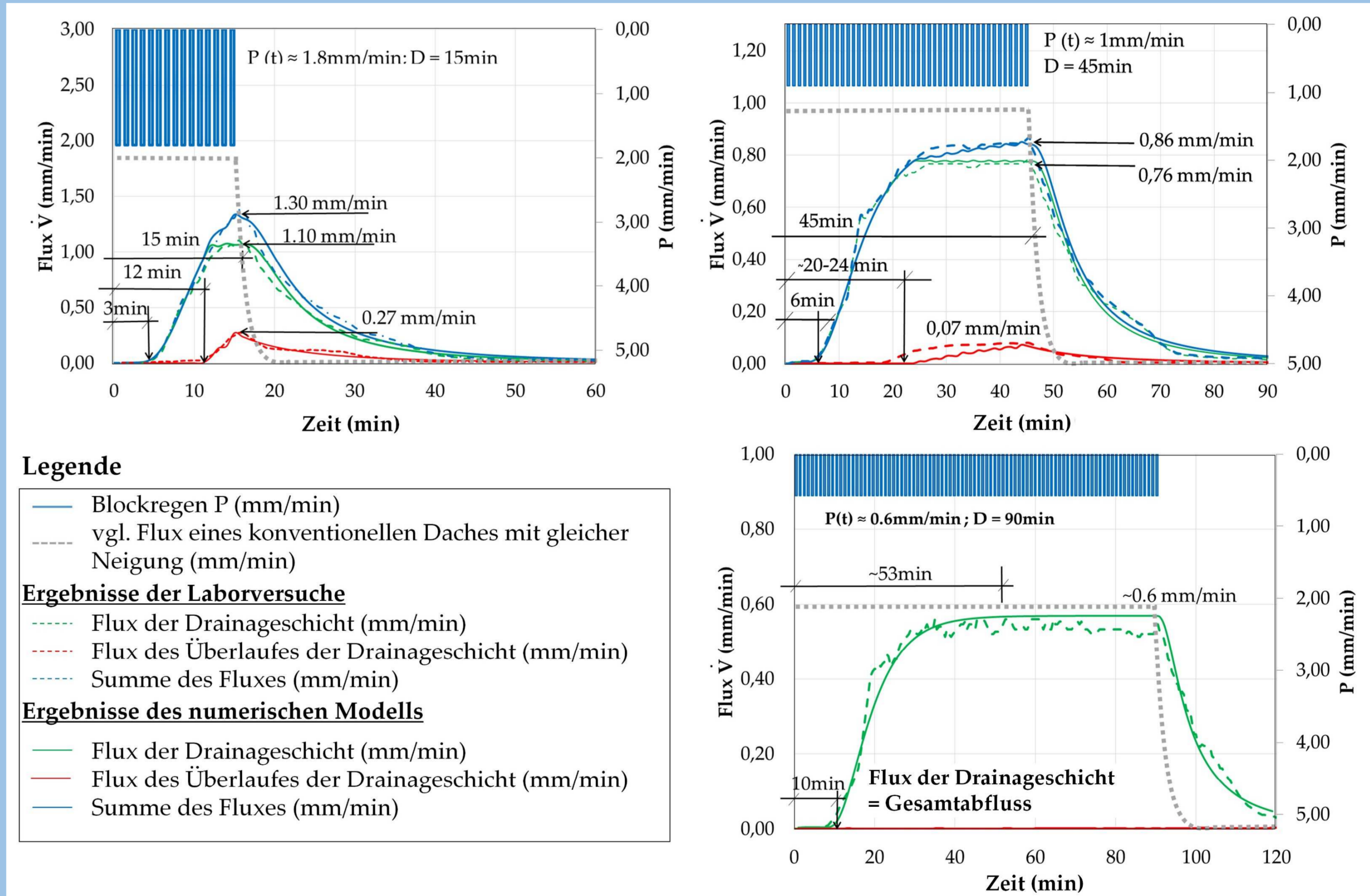


Abb. 4: Ergebnisse des numerischen und physikalischen Laborversuchsmodell für drei Blockregenereignisse unterschiedlicher Intensität P und Dauer D .

(5) Zusammenfassung:

Die hier vorgestellte Methodik liefert einen Ansatz zur realistischen Implementation von DRWBM in hydrologischen Modellen und zur Verifizierung entsprechender Ansätze. Die Implementierung basiert auf der Integration von lokalen Entwässerungssystemen in hydrologische Modelle mit Hilfe von Elementen auf der lokalen und mikroskaligen Modellebene. In den Elementen wird nach unterschiedlichen Schichten differenziert, wobei jeweils Funktionen zur Wasseraufnahme, -speicherung und -abgabe zugeordnet werden können. Die Berechnungsstruktur unterstützt die Parametrisierung und Simulation auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen. Bei DRWBM kommt es zu relativ hohen Zuflussmengen auf eine vergleichsweise kleine Fläche, Rückstauereffekten und gekoppelten Überlaufabflüssen, die im Modell auf einer zeitlichen mikroskaligen Ebene berechnet werden. Die Ergebnisse des numerischen Modells wurden anhand einer Laborversuchsreihe validiert. Das Gesamtsystem wird als Grundlage für eine räumlich und zeitlich verbesserte Abbildung der Auswirkungen dezentraler wasserwirtschaftlicher Anlagen in einem mesoskaligen semi-distributiven hydrologischen Modell (hier: KalypsoHydrology) implementiert und wird u.a. in dem Projekt Stuck (2015 – 2018) „Sicherstellung der Entwässerung küstennaher, urbaner Räume unter Berücksichtigung des Klimawandels“ (www.stuck-hh.de) eingesetzt.



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



Justus Patzke
+49 (0)40 42878 2181
justus.patzke@tuhh.de
www.tuhh.de/wb



Fenja Schuylenburg
+49 (0) 17672170881
fenja.desiree.schuylenburg@tuhh.de



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