

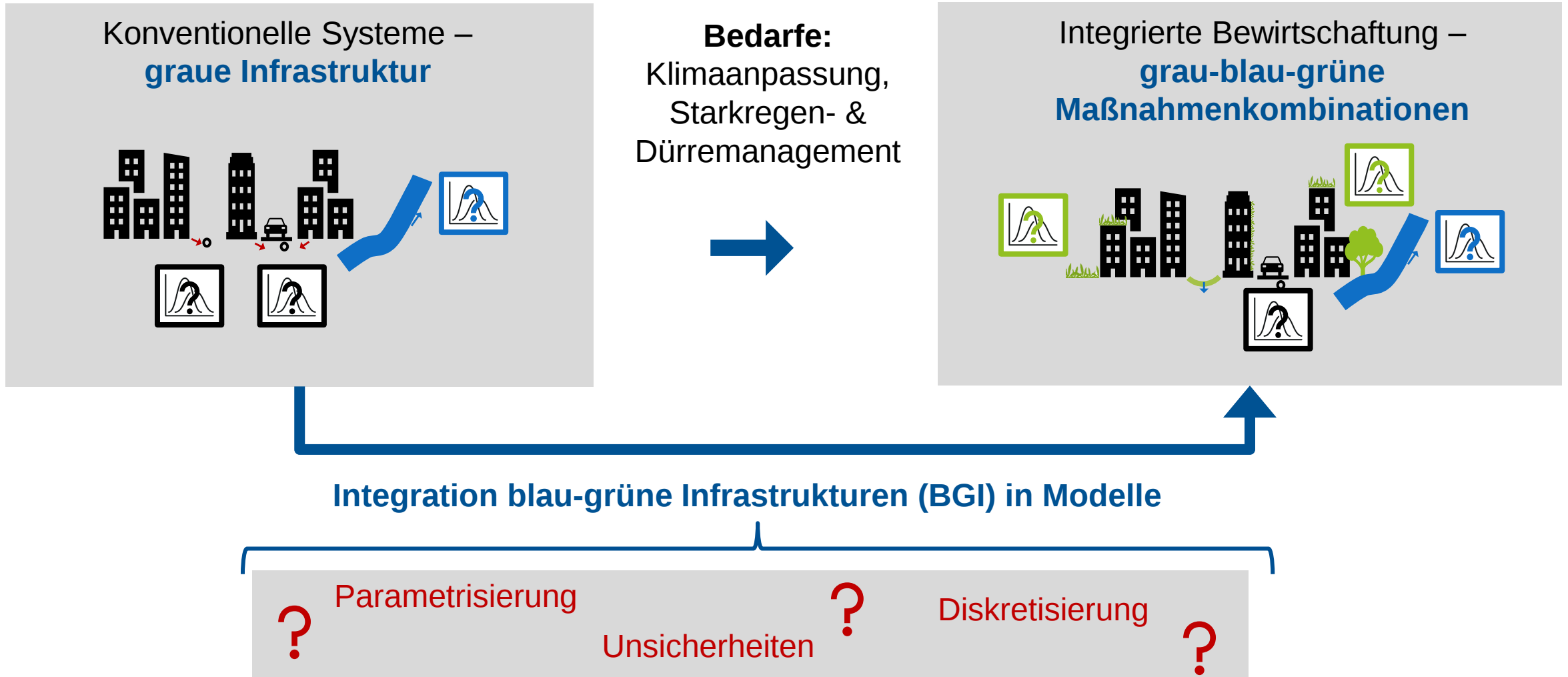
Empfehlungen zur stadthydrologischen Modellierung grau-blau-grüner Maßnahmenkombinationen

Birgitta Hörnschemeyer, Malte Henrichs, Ulrich Dittmer, Mathias Uhl

Aqua Urbanica 2023, Garching, 10. Oktober 2023



Einführung



Frage 1:

Wie parametrisiere ich die blau-grüne Infrastruktur?

Frage 2:

Wie wirkt sich die Parametrisierung auf die Modellergebnisse aus?

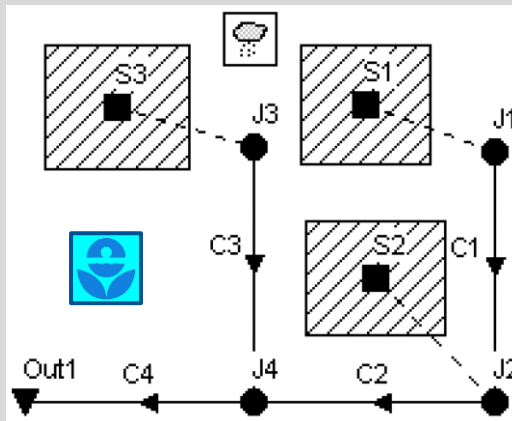
Frage 3:

Welche weiteren Modellparameter beeinflussen die Modellergebnisse?

Modell

EPA „Stormwater Management Model (SWMM)“

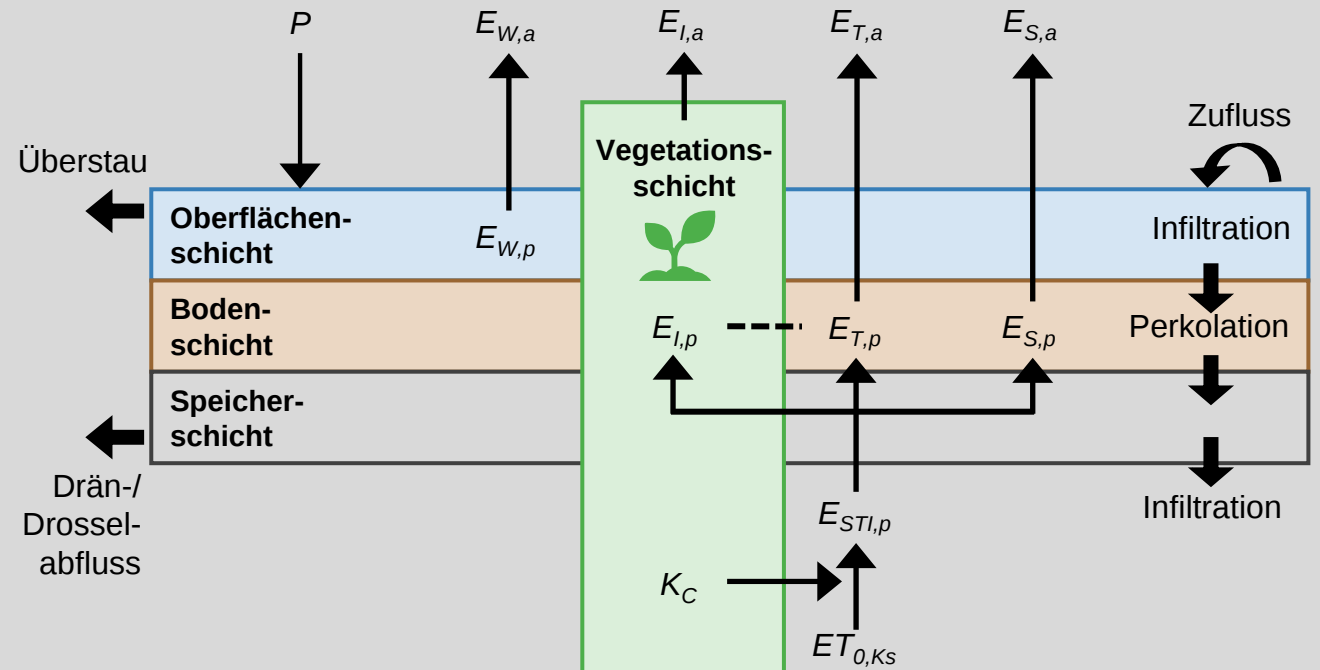
Niederschlag-Abfluss-Modellierung



Rossman, L., Simon, M.A. (2022): Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2. Cincinnati, Ohio: EPA U.S. Environmental Protection Agency.

SWMM-UrbanEVA

Verdunstungsmodellierung BGI



Weitere Informationen:
Hörschemeyer, B., Henrichs, M., Uhl, M. (2021): „SWMM-UrbanEVA: A Model for the Evapotranspiration of Urban Vegetation“. In: *Water*. 13 (2), S. 243, doi: [10.3390/w13020243](https://doi.org/10.3390/w13020243).

Frage 1:

Wie parametrisiere ich die
blau-grüne Infrastruktur?

Parametrisierung

Ausgangslage:

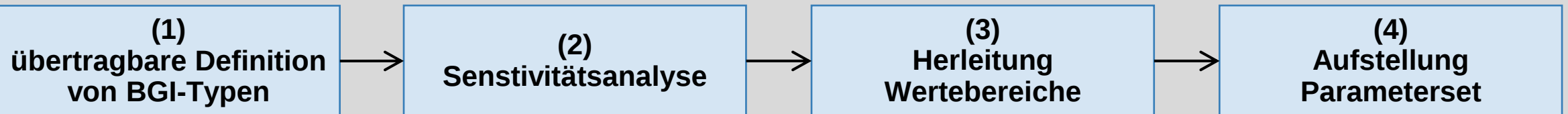
- SWMM-UrbanEVA enthält neue Modellparameter
- fehlende Parameterempfehlungen für den urbanen Raum
- bestehende Parametrisierung: Differenz zw. Empfehlungen SWMM und in der Literatur genutzten Werte



Ziel:

- **übertragbares Parameterset** für unterschiedliche BGI-Typen
- Ableitung **vegetationsspezifischer Parameter**
- zur **Anwendung** bei planerischen bzw. ingenieurtechnischen Fragestellungen

Vorgehen:

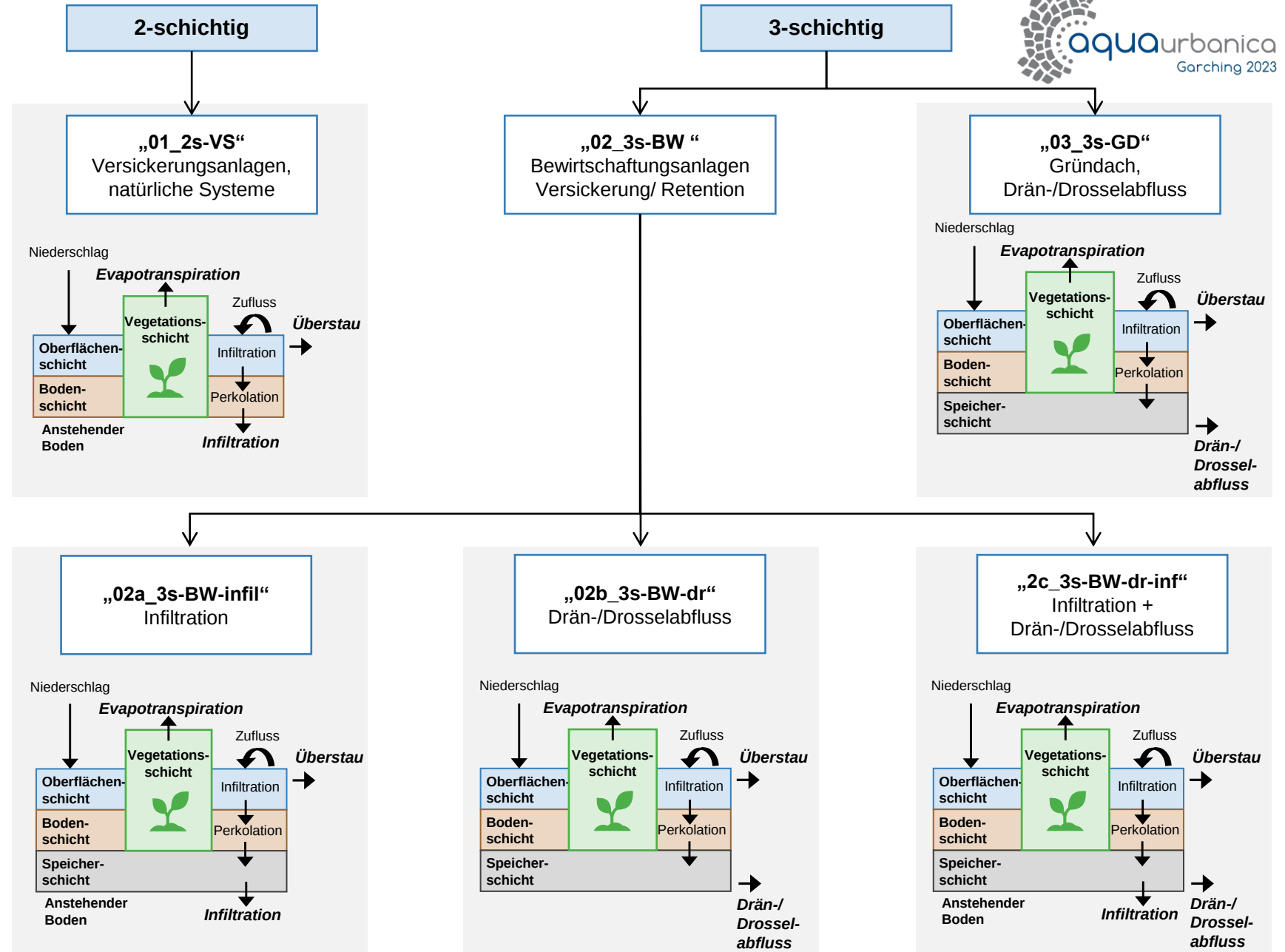


Weitere Informationen in:

Hörschemeyer, B., Henrichs, M., Dittmer, U., Uhl, M. (2023): „Parameterization for Modeling Blue–Green Infrastructures in Urban Settings Using SWMM-UrbanEVA“. In: *Water*. 15 (15), S. 2840, doi: [10.3390/w15152840](https://doi.org/10.3390/w15152840).

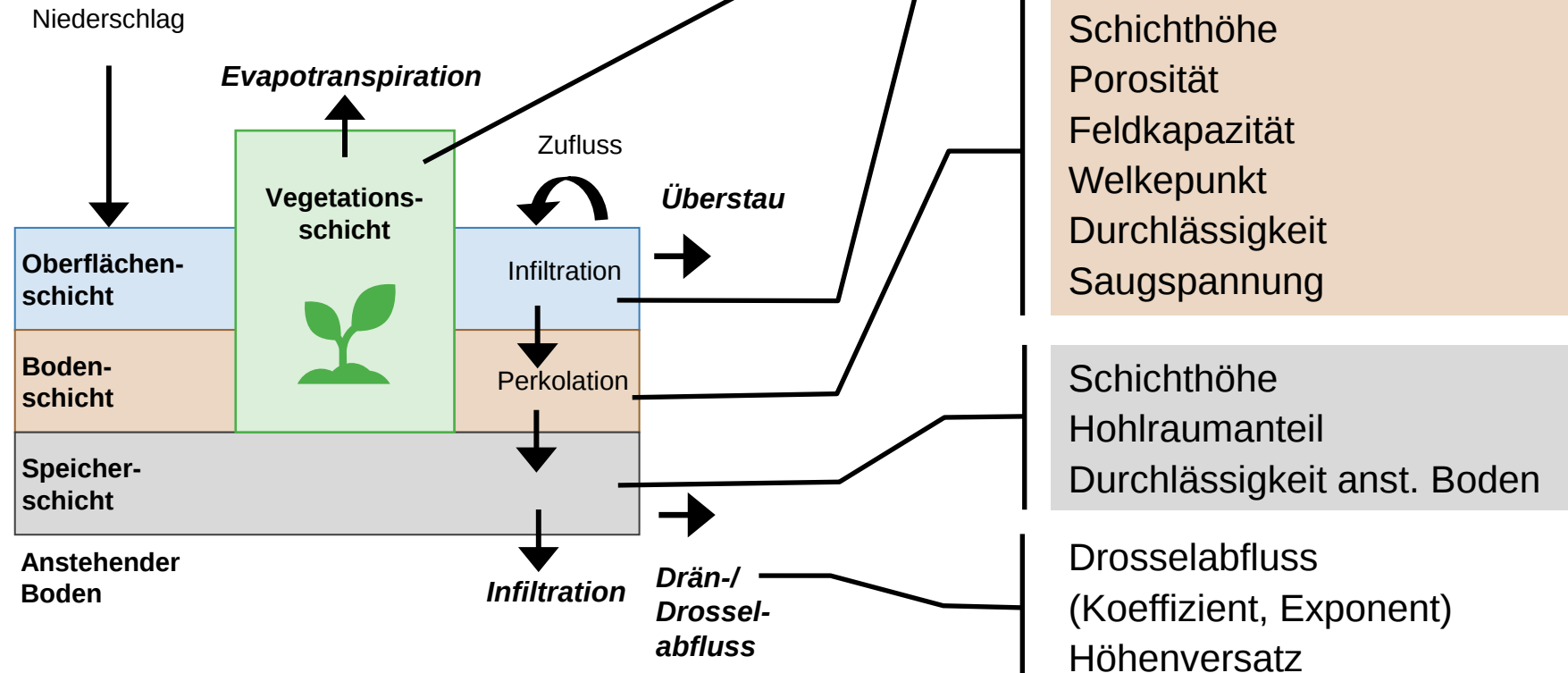
Parametrisierung

(1)
übertragbare Definition
von BGI-Typen



Parametrisierung

(2) Sensitivitätsanalyse



Lokale & globale Sensitivitätsanalysen

Parametrisierung

(3) Herleitung Wertebereiche

- **Literatur-Review**
BGI-Parametrisierung
mit SWMM
- 59 Quellen, 132 Einträge
- Herkunft
Parameterwahl Literatur:
 - (i) Messungen
 - (ii) tatsächliches Systemdesign
 - (iii) SWMM-Handbuch
 - (iv) Literatur
 - (v) Kalibrierungen oder
 - (vi) Annahmen der Autoren

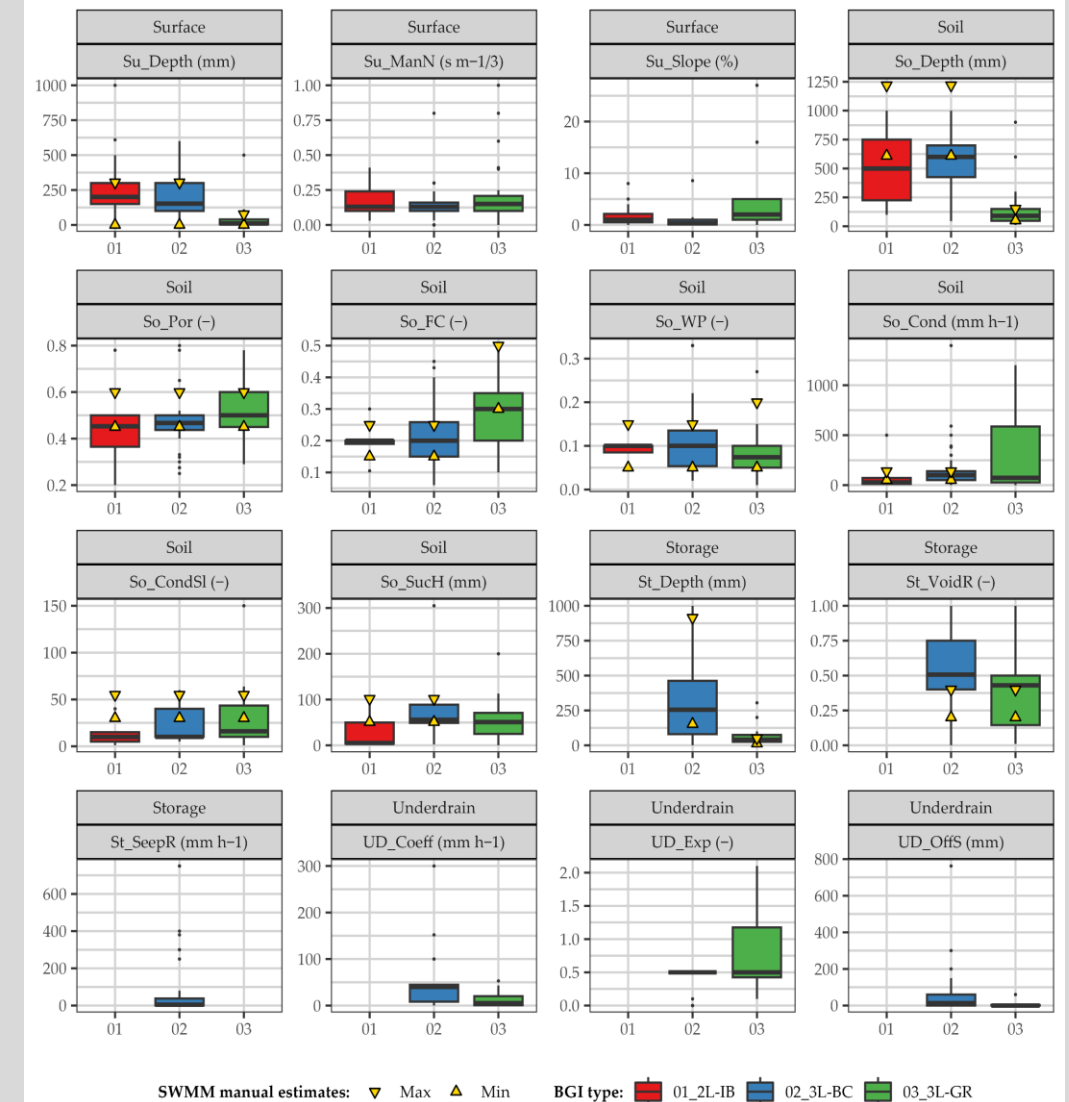


Bild:
Ergebnis des Literatur-Reviews. Recherchierte Parametrisierung vs.
Empfehlungen SWMM-Handbuch (Hörschemeyer et al. 2023)

Parametrisierung

(3)
Herleitung
Wertebereiche

Datenbankbasierte Ermittlung von vegetationsspezifischen Parametern

Wuchshöhe (H),
Blattflächenindex (LAI),
stomatale Leitfähigkeit (g_s)

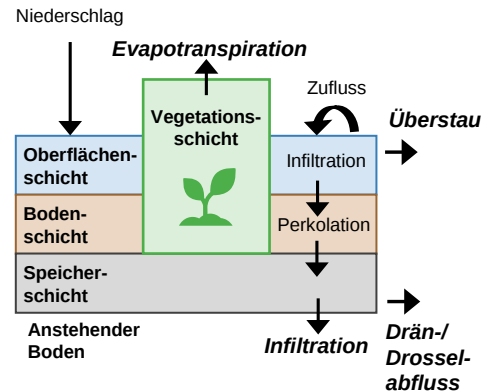
6
Vegetations-
gruppen

Vegetationsgruppe		$\bar{H}$ m	$\bar{LAI}$ $m^2 \times m^{-2}$	$\bar{g_s}$ $mm \times s^{-1}$	K_C -
(1)	Laubbaum	11.52	4.8	3.29	1.60
(2)	Nadelbaum	10.97	4.1	3.03	1.37
(3)	Gehölz < 2m	0.94	5.5	3.13	1.17
(4)	Stauden, Sträucher	0.29	3.6	4.54	1.06
(5)	Gräser, Kräuter	0.21	3.9	3.76	1.05
(6)	Sedum, Sukkulente	0.07	5.0	2.38	0.94

Ermittlung
Crop-Faktor K_C
nach Penman Monteith

Parametrisierung

(4) Aufstellung Parameterset



Übertragbares Parameterset

	Parameter	Einheit	Wertebereich		Parameterwahl ¹			Sensitivität ²	
			Min	Max	System-design	Vegetations-spezifisch	fest	WB ⁴	P ⁵
vegetation	Crop-Faktor	Veg_cf	-	1	1.6	✓		+++	0
	Blattflächenindex	Veg_LAI	m ² ·m ⁻²	1	10	✓		+	0
	Blattspeicherkoeffizient	Veg_sl	-	0	1		0.29	+	0
	aWC-threshold	Veg_aWC_th	-	0	1		0.6	0	0
surface	Schichthöhe	Su_Depth	mm	0	304.8	✓		0	+
	Volumen Vegetation	Su_VegVol	-	-			0	0	0
	Rauigkeit	Su_ManN	s·m ^{-1/3}	0.001	0.8	✓		0	+
	Gefälle	Su_Slope	%	0	10	✓		0	0
soil	Schichthöhe	So_Depth	mm	200	1200	✓		++	++
	Porosität	So_Por	-	0.35	0.6	✓		++	+
	Feldkapazität	So_FC	-	0.15	0.25	✓		+	0
	Welkepunkt	So_WP	-	0.05	0.15	✓		+	0
	Durchlässigkeit	So_Cond	mm·h ⁻¹	30	140	✓		0	0
	conductivity slope	So_CondSI	-	30	55	✓		0	0
	Saugspannung	So_SucH	mm	50	100	✓		0	0
storage	Schichthöhe	St_Depth	mm	-			0	#NV	#NV
	Hohlraumanteil	St_VoidR	-	-			0	#NV	#NV
	Durchlässigkeit anst. Boden	St_SeepR	mm·h ⁻¹	18	360	✓		0	0
UD	Drosselabfluss Koeffizient	UD_Coeff	mm·h ⁻¹	-			0	#NV	#NV
	Drosselabfluss Exponent	UD_Exp	-	-			0	#NV	#NV
	Höhenversatz	UD_OffS	mm	-			0	#NV	#NV

¹ Herkunft Parameterwahl; ² Sensitivität auf Modelloutput: +++ cor ≥ 0.5; ++ 0.5 < cor ≥ 0.2; + 0.2 < cor ≥ 0.05; 0 cor < 0.05;

³ Wasserbilanz; ⁴ Spitzenabfluss

Frage 2:

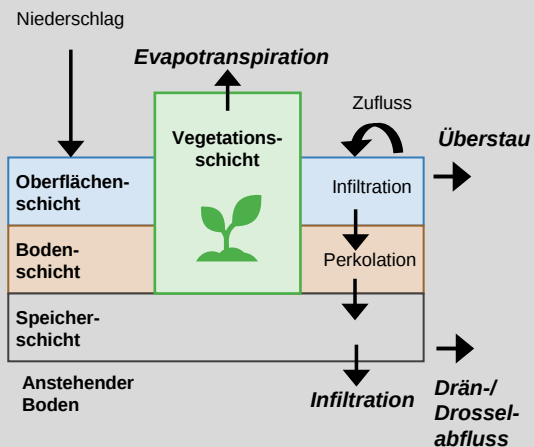
Wie wirkt sich die Parametrisierung
auf die Modellergebnisse aus?

Methodik

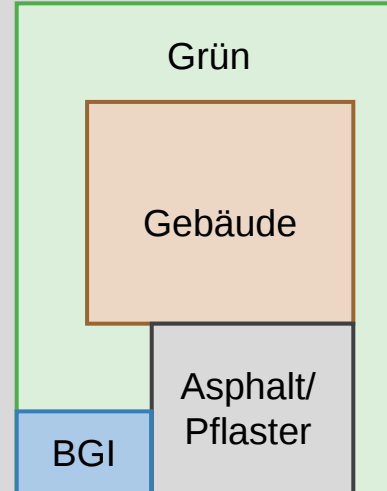
3 Betrachtungsebenen



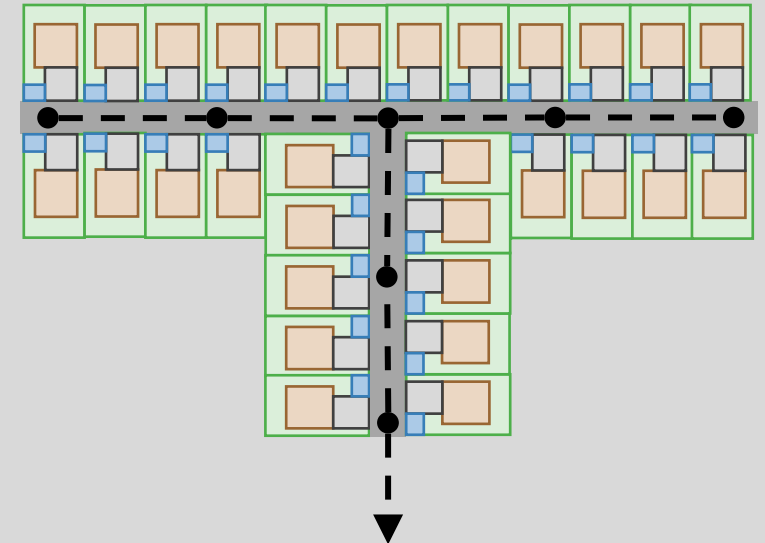
(1) Objekt/ BGI



(2) Flurstück



(3) Straße/ Quartier

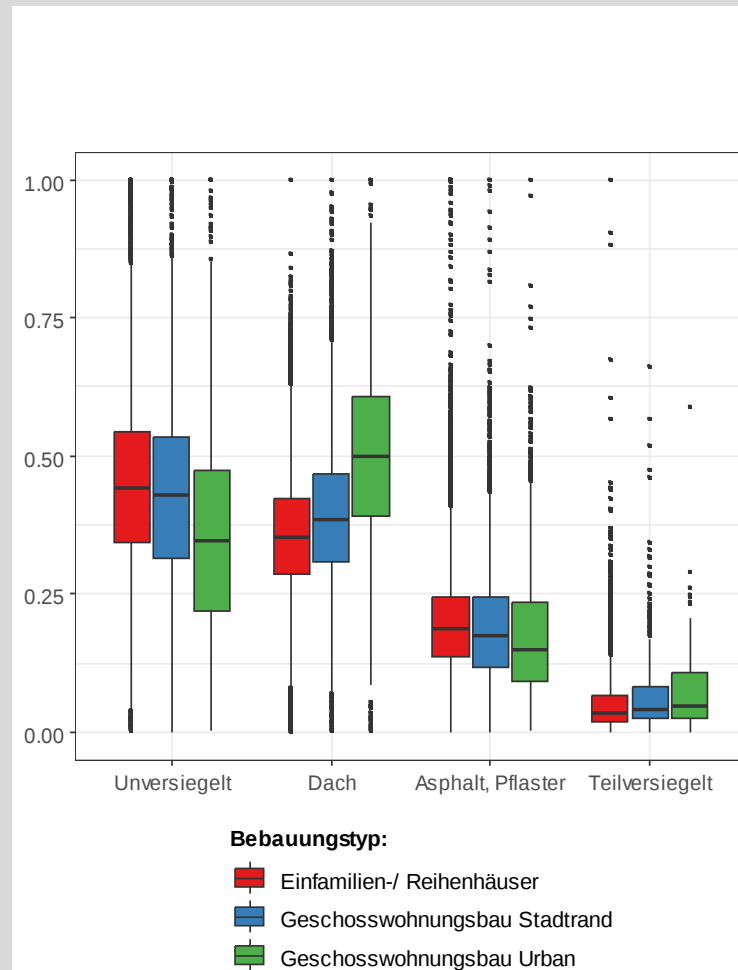


Methodik

Luftbildauswertung Stadt Münster

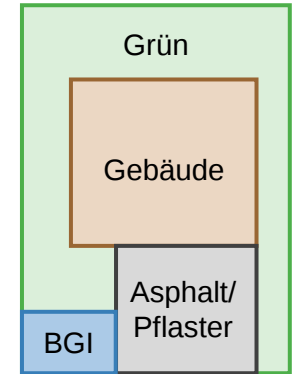
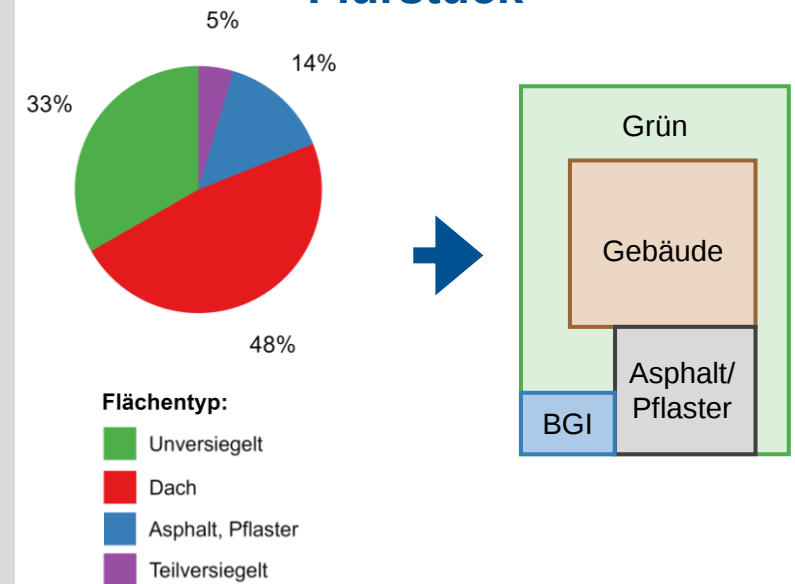


Anteil Flächentyp an Flurstück



Aufbau konzeptionelles Modell

Flurstück



Quartier

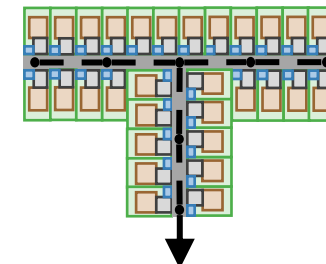


Tabelle:
Auswertung des Pearson-Korrelationskoeffizienten

Ebene: Objekt/ BGI

System: Ohne Zufluss
(natürlich/ Gründach)

Sensitivitätsanalyse:
Globale Analyse mit
Latin Hypercube Sampling



Learning:

Crop-Faktor und die
Bodencharakteristik
haben den größten Einfluss auf
das Systemverhalten

		01_2L-IB				02a_3L-BC-infil				02b_3L-BC-drain			02c_3L-BC-dr-inf				03_3L-GR		
		A	V	G	Peak	A	V	G	Peak	A	V	Peak	A	V	G	Peak	A	V	Peak
vegetation	Veg_cf	-0.01	0.73	-0.71	-0.02	0	0.78	-0.75	0	-0.76	0.8	-0.03	-0.01	0.79	-0.75	-0.02	-0.81	0.83	-0.09
	Veg_LAI	-0.01	0.04	-0.07	-0.01	0.01	0	-0.01	0.01	0.01	-0.03	-0.01	0.01	-0.03	0.01	0	-0.04	0.02	-0.02
	Veg_sl	-0.02	0.04	-0.07	-0.04	-0.02	-0.01	-0.01	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	-0.02	0	0	-0.06	0.03	-0.03
	Veg_aWC_th	-0.01	0	0	0	0.01	-0.02	0.02	0	0	0	0	0	0.01	-0.01	-0.01	0.02	-0.02	0
Oberfläche	Su_Depth	-0.04	0.02	-0.01	-0.07	0	0.01	-0.01	-0.02	-0.01	0.01	0.02	0	0	0	-0.02	-0.01	0.01	0
	Su_ManN	0	0	0	-0.05	0.01	-0.01	0.01	0.02	-0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.01	-0.01	-0.01	-0.01	0	-0.01
	Su_Slope	0.01	-0.01	0.01	0.03	0.01	-0.01	0.01	0.01	-0.02	0.02	-0.01	0	-0.02	0.02	0.02	-0.01	0.01	0
Boden	So_Depth	-0.1	0.5	-0.5	-0.28	-0.02	0.42	-0.47	-0.04	-0.42	0.37	-0.52	-0.03	0.4	-0.46	-0.05	-0.4	0.38	-0.66
	So_WP	-0.01	-0.16	0.17	0	0.01	-0.13	0.15	0.01	0.14	-0.12	0.01	0	-0.12	0.14	0.01	0.18	-0.17	0.03
	So_FC	0.03	0.05	-0.06	0.02	0.02	0.05	-0.06	0	-0.04	0.03	0.03	0	0.04	-0.05	0.01	-0.04	0.04	0.03
	So_aWC	0.02	0.16	-0.17	0.02	0	0.14	-0.16	-0.01	-0.14	0.12	0.01	0	0.13	-0.14	0	-0.17	0.17	-0.01
	So_Por	-0.05	0.23	-0.24	-0.1	-0.02	0.19	-0.23	-0.02	-0.23	0.19	-0.12	-0.01	0.22	-0.26	0	-0.26	0.24	-0.14
	So_AC	-0.05	0.21	-0.22	-0.1	-0.02	0.18	-0.21	-0.02	-0.22	0.18	-0.12	-0.01	0.2	-0.24	0	-0.24	0.23	-0.14
	So_Conc	-0.01	-0.01	0.01	-0.01	-0.01	-0.02	0.02	-0.01	0.03	-0.02	-0.08	-0.02	-0.01	0.01	-0.01	0.02	-0.02	-0.06
	So_ConcSI	0	0.04	-0.05	0.01	0.01	0.04	-0.05	0.01	-0.05	0.05	0.02	0	0.06	-0.07	0	-0.07	0.07	0.09
	So_SucH	0.01	0	0	0.02	0	-0.02	0.02	0	0	0	-0.01	-0.01	-0.01	0.01	0	0	0	0
	St_Depth	#NV	#NV	#NV	#NV	0.01	0.01	-0.01	0	-0.07	0.07	-0.09	-0.02	0	0	0	-0.05	0.05	-0.06
Speicher	St_VoidR	#NV	#NV	#NV	#NV	0	0	0	0	-0.01	0.01	0	0	0	0.01	0	0	0	-0.04
	St_SeepR	0	0	0	0	-0.02	0	0	0	#NV	#NV	#NV	-0.01	-0.02	0.02	-0.03	#NV	#NV	#NV
	UD_Coeff	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	0	0	0.05	-0.02	-0.03	0.03	-0.01	0.01	-0.01	0.1
Drän/Dross.	UD_Exp	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	-0.01	0.01	0.03	-0.01	0.03	-0.03	-0.01	0.01	-0.01	0.04
	UD_OffS	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	-0.05	0.02	0.07	0	-0.01	0.01	-0.03	-0.01	0	0.04

Ebene: Objekt/ Flurstück/ Quartier

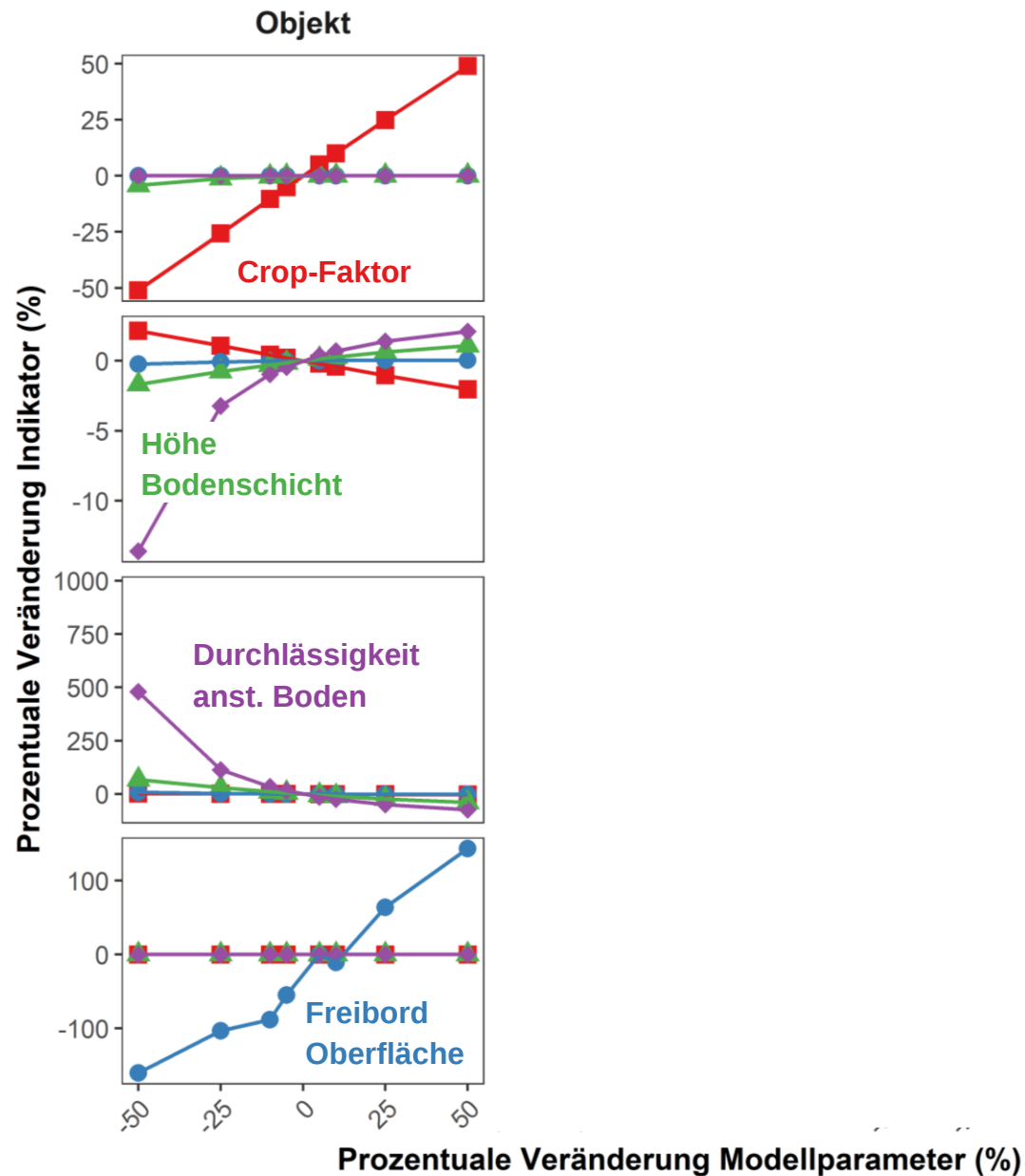
Sensitivitätsanalyse:
Lokale Sensitivitätsanalyse
(one at a time)



Learning:

Änderung der Modellergebnisse
um ein Vielfaches möglich

Einflussnahme auf
Quartiersebene weiterhin
vorhanden
(Abhängigkeit von
Gebietszusammensetzung)



Anteil
Verdunstung

Anteil
Infiltration

Anteil
Abfluss

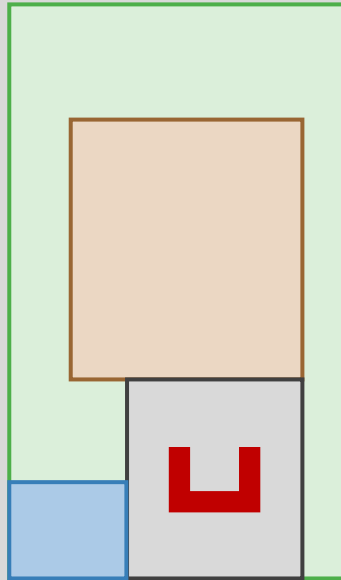
Minderung
Spitzenabfluss

Frage 3:

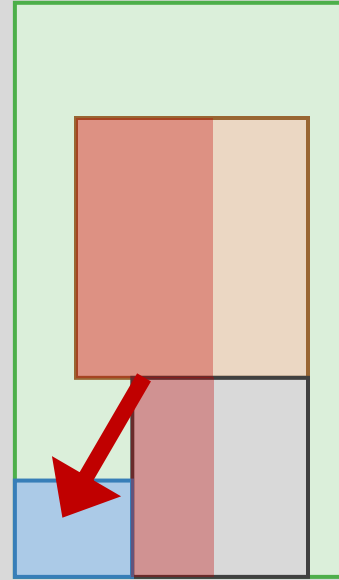
Welche weiteren Modellparameter beeinflussen die Modellergebnisse?

Methodik

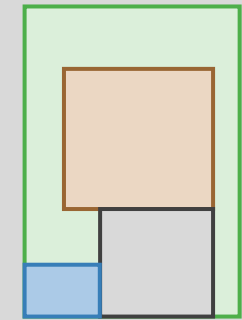
**Benetzungs- und
Muldenverluste
(Depression Storage)**



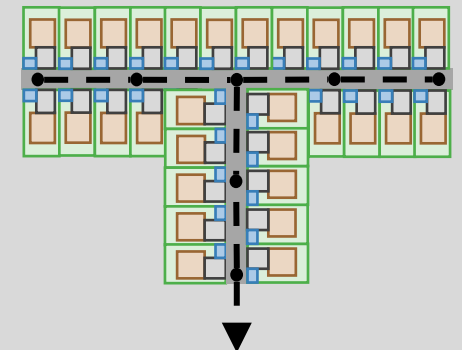
**Anschlussgrad
(Percent Routed)**



Flurstück

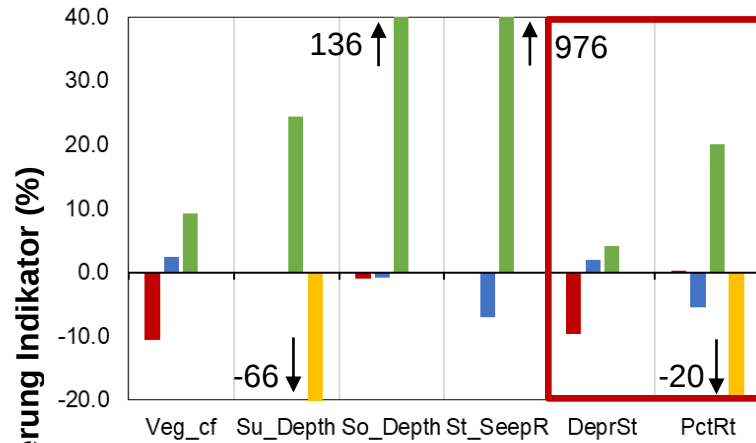


Quartier

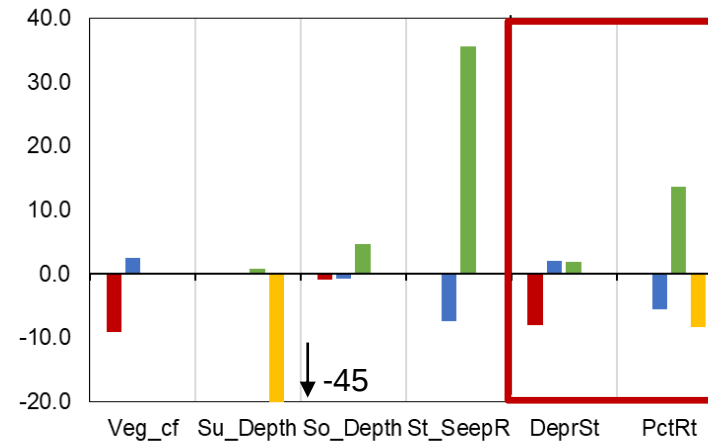


Ergebnisse

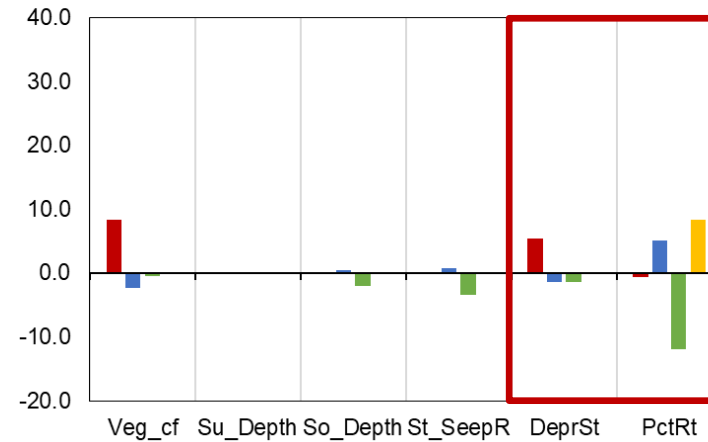
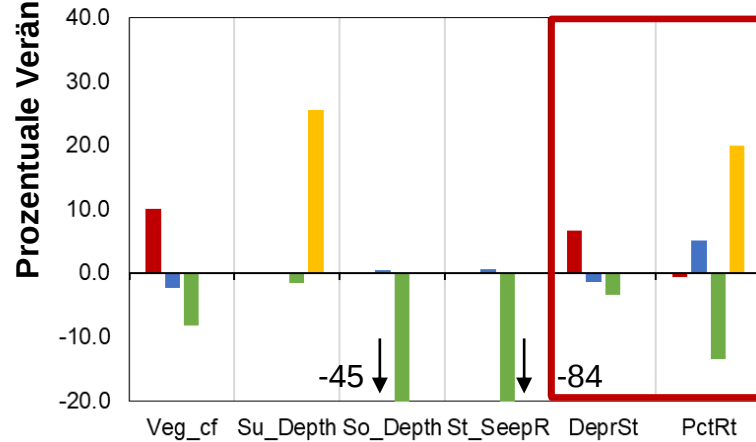
Flurstück



Quartier



-50%
Änderung
Modell-
parameter



50%
Änderung
Modell-
parameter

■ Verdunstung ■ Infiltration ■ Abfluss ■ Minderung Spitzenabfluss

Learning:

Parametrisierung der Einzugsgebietscharakteristik darf nicht vernachlässigt werden.

Learning

BGI-Parametrisierung
beeinflusst
Modellergebnisse
maßgeblich

Einzugsgebiets-
charakteristik
beachten

Zielgrößen und **räumliche**
Betrachtungsebene bei
Modellaufbau beachten
(Sensitivitäten)

Appell

Modellverständnis
schärfen
(Sensitivitäten)

Datengrundlage
verbessern
(insb. private Flächen)

Modellkalibrierung
wichtig

Ausblick

Abhängigkeit von
Gebietscharakteristik

Diskretisierung

Validierung
Parameterset

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences

Birgitta Hörnschemeyer

Tel: 0049 251 83-65 590

E-Mail: b.hoernschemeyer@fh-muenster.de



IWARU Institut für
Infrastruktur · Wasser ·
Ressourcen · Umwelt

Mathias Uhl, Malte Henrichs

R

TU Rheinland-Pfälzische
Technische Universität
P Kaiserslautern
Landau

Ulrich Dittmer



RessourcenPlan
im Quartier



GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung

RESOZ
Ressourceneffiziente
Stadtquartiere



FH MÜNSTER
University of Applied Sciences