

AQUA URBANICA 2017

Urbanes Niederschlagswassermanagement
im Spannungsfeld zwischen zentralen und dezentralen Maßnahmen



Messstellenauswahl für die Kalibrierung hydrodynamischer Modelle am Fallbeispiel Telfs

Tanja Vonach

*Institut für Infrastruktur
Arbeitsbereich Umwelttechnik
Universität Innsbruck*

04.07.2017

> Motivation



Quelle: orf.at

- > Motivation
- > Methodik



- > Motivation
- > Methodik
- > Ergebnisse



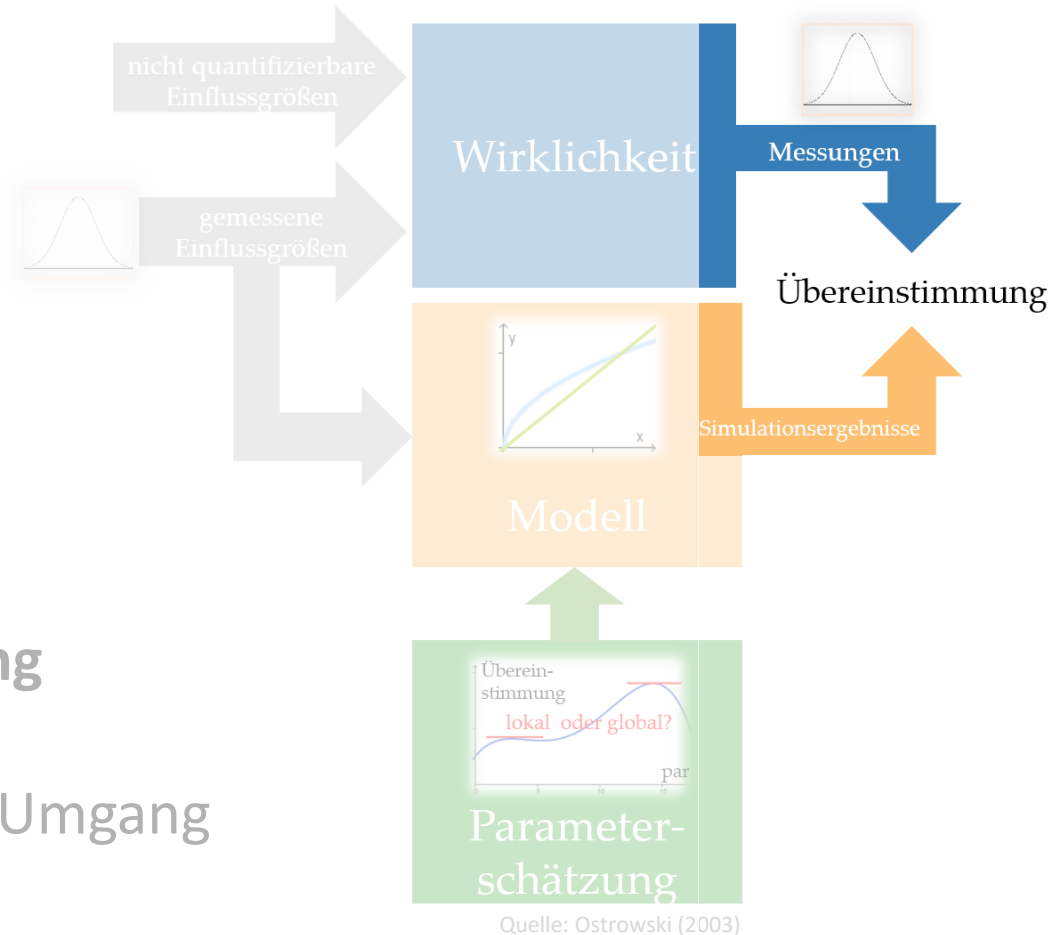
- > Motivation
- > Methodik
- > Ergebnisse
- > Zusammenfassung



Quelle: www.colourbox.de

Unsicherheiten

- > Datenerhebung
 - > Modellerstellung
 - > Berechnungsansätze
-
- > kalibriertes Modell
 - > realistische Einschätzung der Fließzustände
 - > wirtschaftlicher Umgang



Motivation

6

Modellkalibrierung

Zielsetzung

Methodik

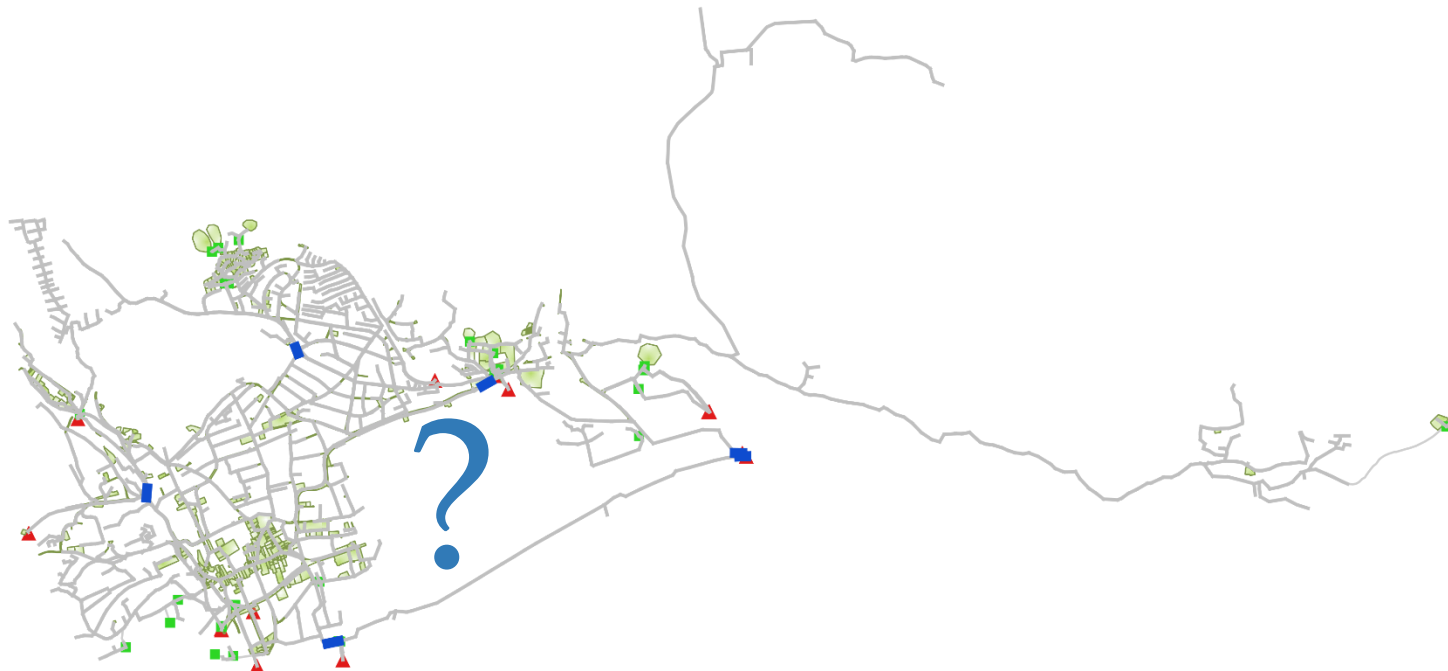
Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Grundlegende Fragestellung

Auf welche Punkte im Netz muss das Entwässerungsmodell kalibriert werden, um in allen Stellen des Modells eine möglichst große Übereinstimmung mit der Realität zu erreichen?



Motivation

Modellkalibrierung

7

Zielsetzung

Methodik

Ergebnisse

Zusammenfassung

Fallstudie Telfs

> bestehendes Modell

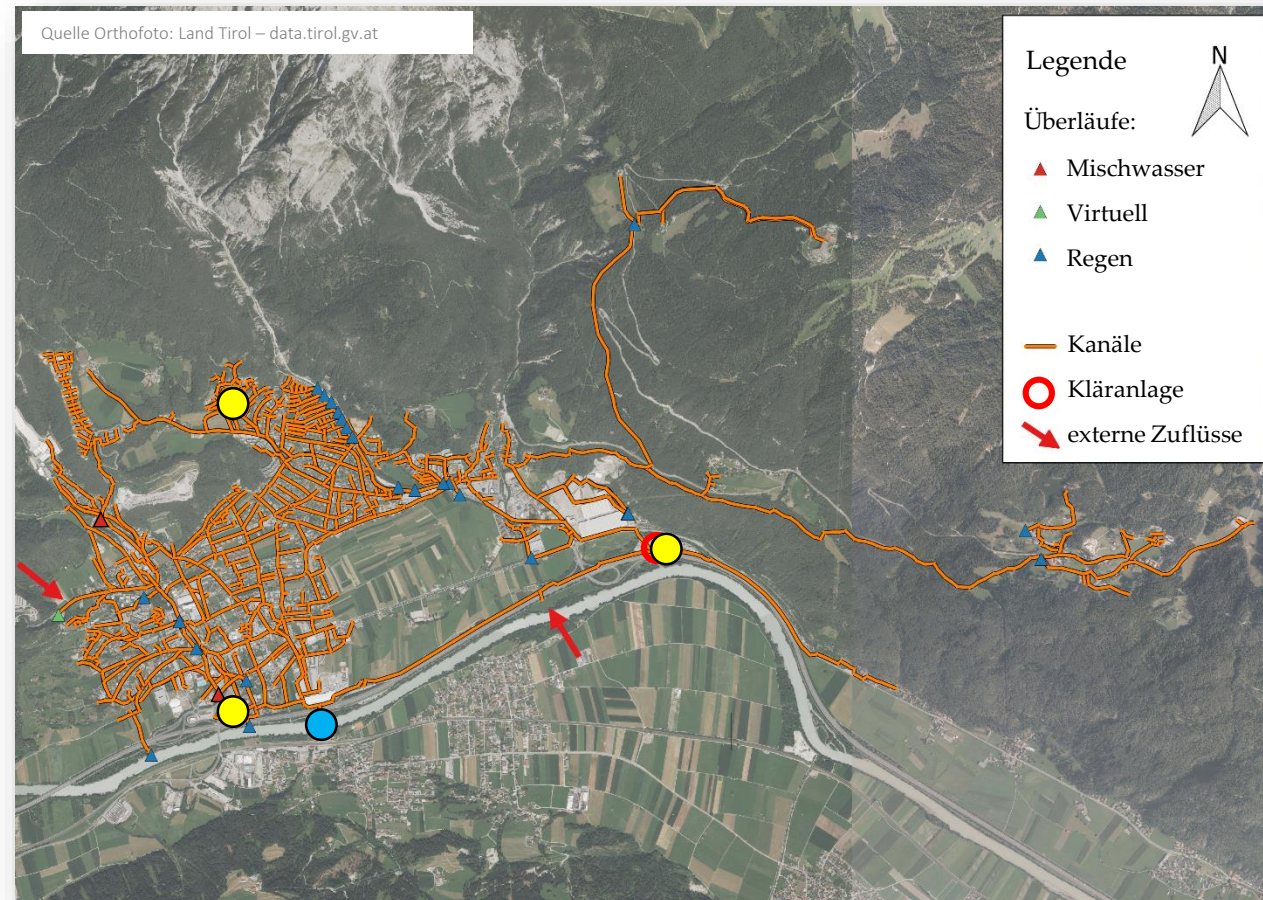
- ca. 43 ha_{red}
- ca. 15 000 EW

> Misch- und Trennsystem

> 3 Mischwasserüberläufe

> 1 Jahresmessung

> 3 Regenmesser



Motivation

Modellkalibrierung

Zielsetzung

Methodik

8

Fallstudie

Modellbasis

Ansätze

Implementierung

Kalibrierungsparameter

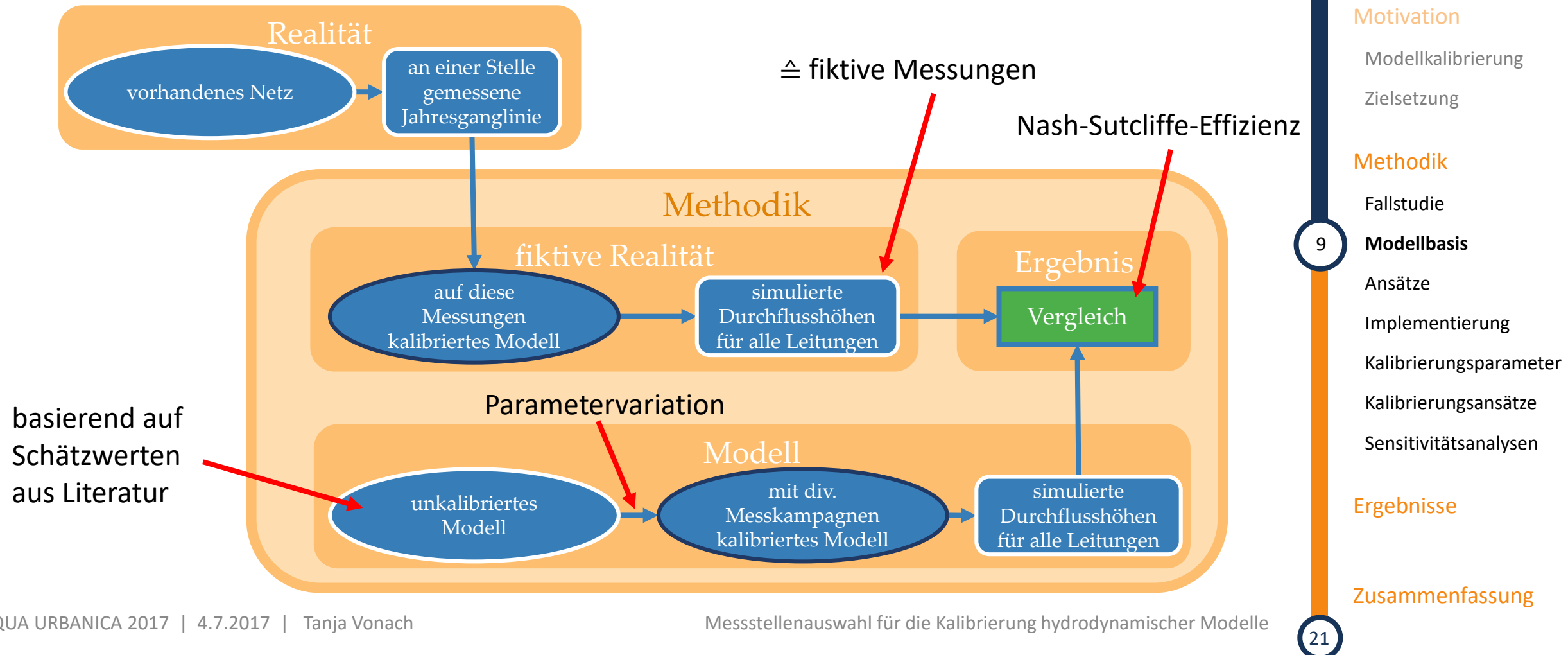
Kalibrierungsansätze

Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

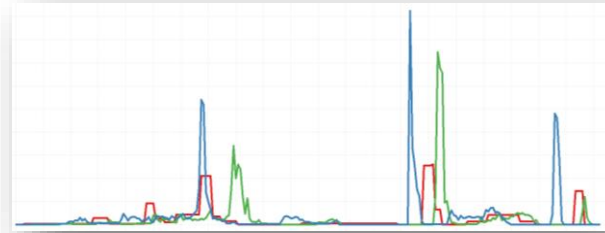
Zusammenfassung

21



- > Kalibrierung auf einzelne Leitungen
- > Kalibrierung auf mehrere Leitungen
- > Sensitivitätsanalysen

reale Regenereignisse



- > Kalibrierung auf einzelne Leitungen
- > Sensitivitätsanalysen

Euler Typ II ($T = 5J$)



Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis

Ansätze

Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

Zusammenfassung

Implementierung

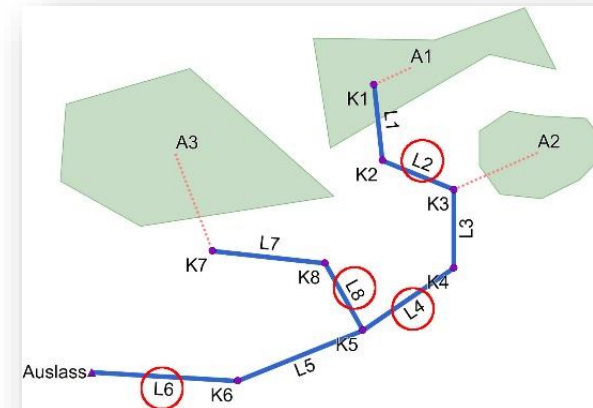
- > Modellierung mit SWMM
- > Automatisierung mit R
- > Auswertungen in ca. 1/3 der Haltungen
 - nur bei potentiellen Messstellen
- > über 20 000 Simulationen



Quelle: <https://www.epa.gov/>



Quelle: <https://www.r-project.org/>



Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze

Implementierung

Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze
Sensitivitätsanalysen

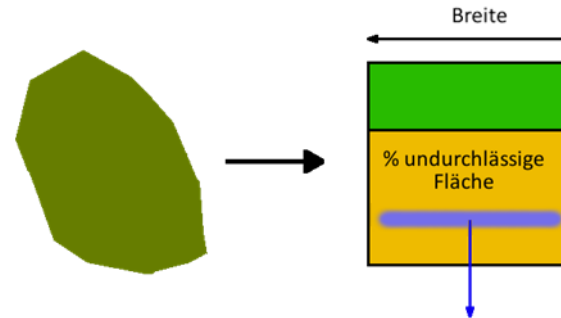
Ergebnisse

Zusammenfassung

> Kalibrierung nur über flächenbezogene Parameter

> Parameter:

- Breite \triangleq Abflusskonzentration
- Durchlässigkeit \triangleq Menge



> Reduktion von >2000 Parameter auf 7

> Einteilung der Flächen anhand deren geschätzten Anfangsparametern

Motivation

Modellkalibrierung

Zielsetzung

Methodik

Fallstudie

Modellbasis

Ansätze

Implementierung

12

Kalibrierungsparameter

Kalibrierungsansätze

Sensitivitätsanalysen

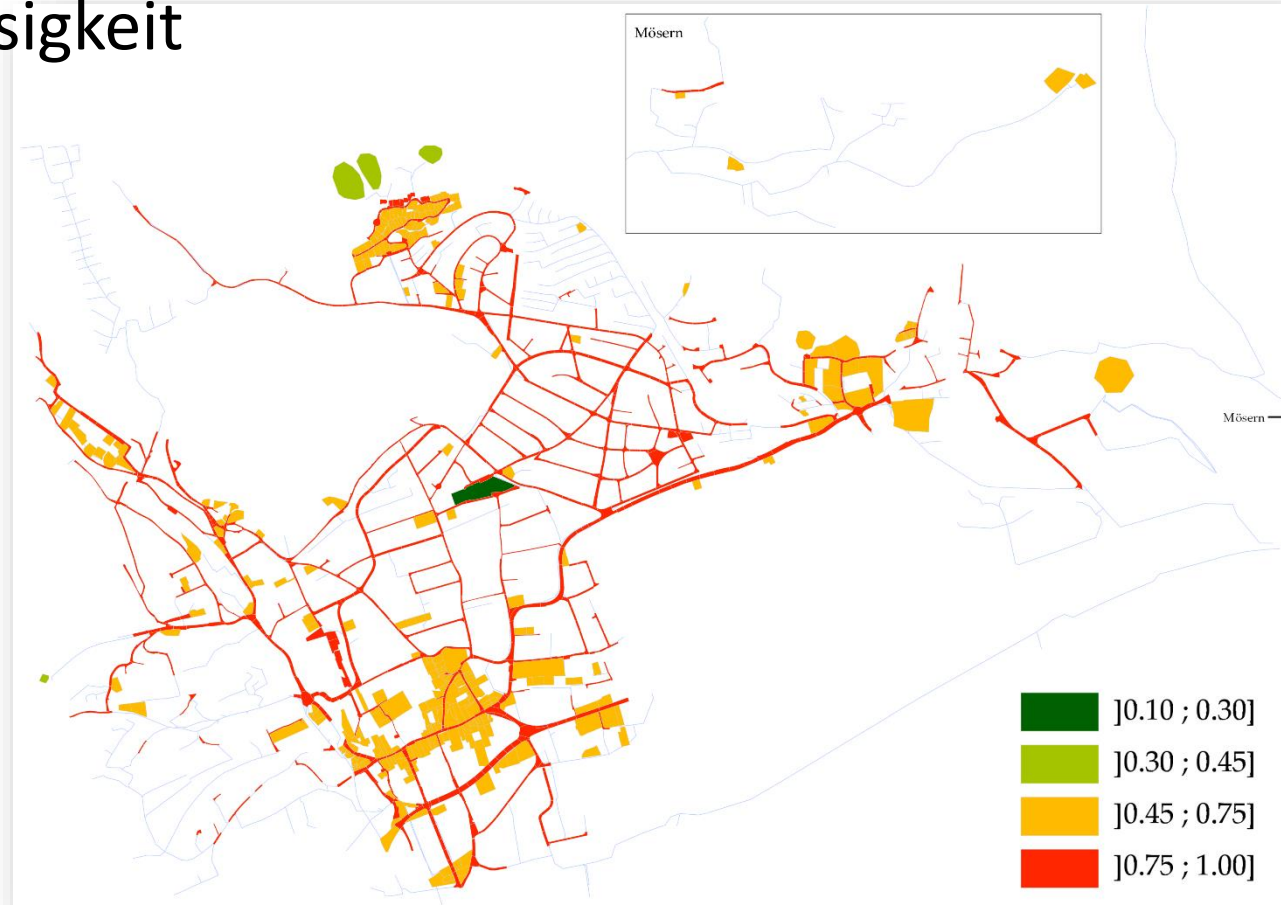
Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Einteilung nach Durchlässigkeit

- > durchlässige Flächen
- > geringe Bebauungsdichte
- > erhöhte Bebauungsdichte
- > versiegelte Flächen



Motivation

- Modellkalibrierung
- Zielsetzung

Methodik

- Fallstudie
- Modellbasis
- Ansätze
- Implementierung

13

Kalibrierungsparameter

- Kalibrierungsansätze
- Sensitivitätsanalysen

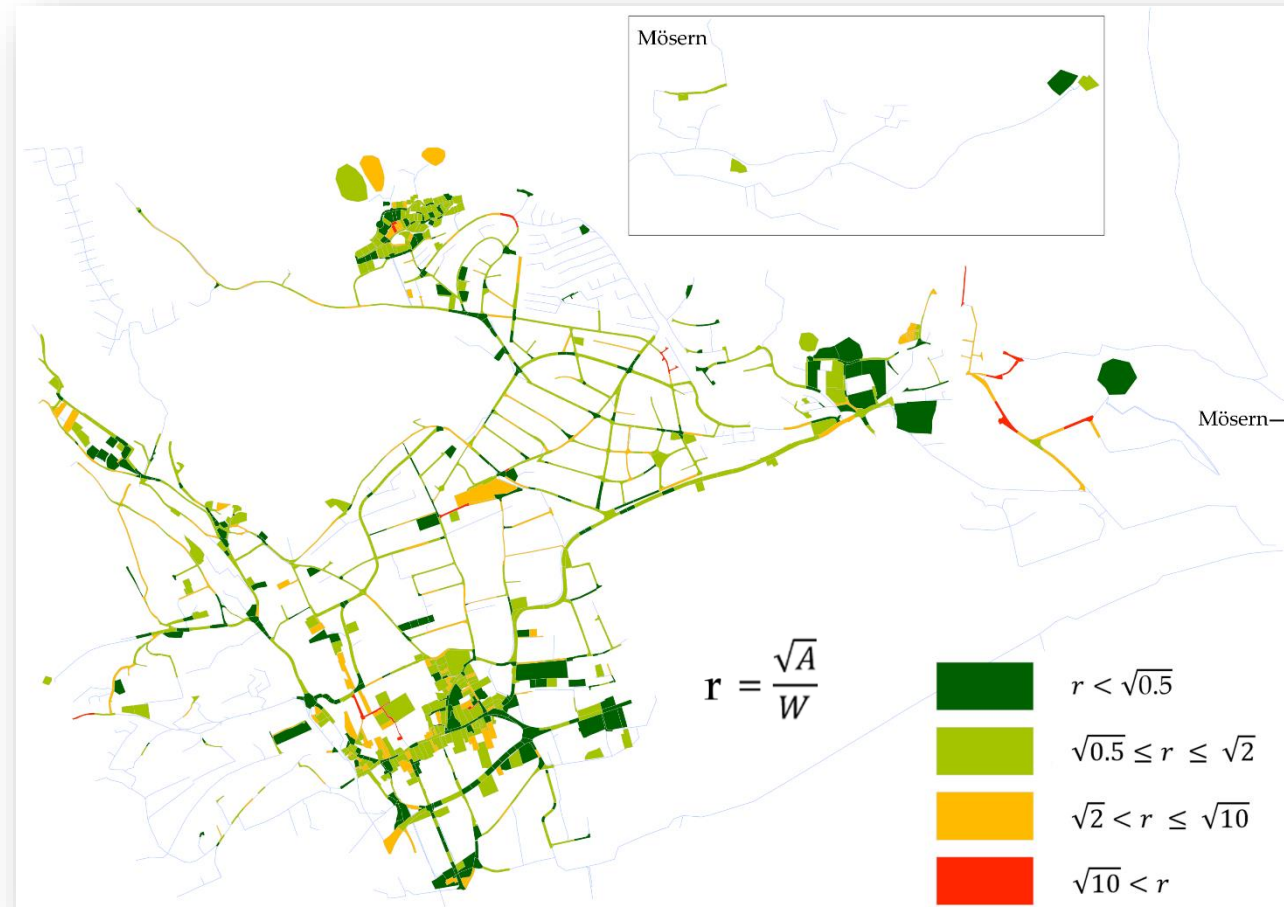
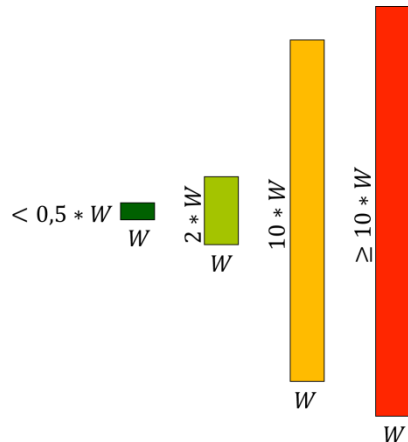
Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Einteilung nach Breite

> je nach Abweichung
von quadratischer Form



Motivation

- Modellkalibrierung
- Zielsetzung

Methodik

- Fallstudie
- Modellbasis
- Ansätze
- Implementierung

14

Kalibrierungsparameter

- Kalibrierungsansätze
- Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

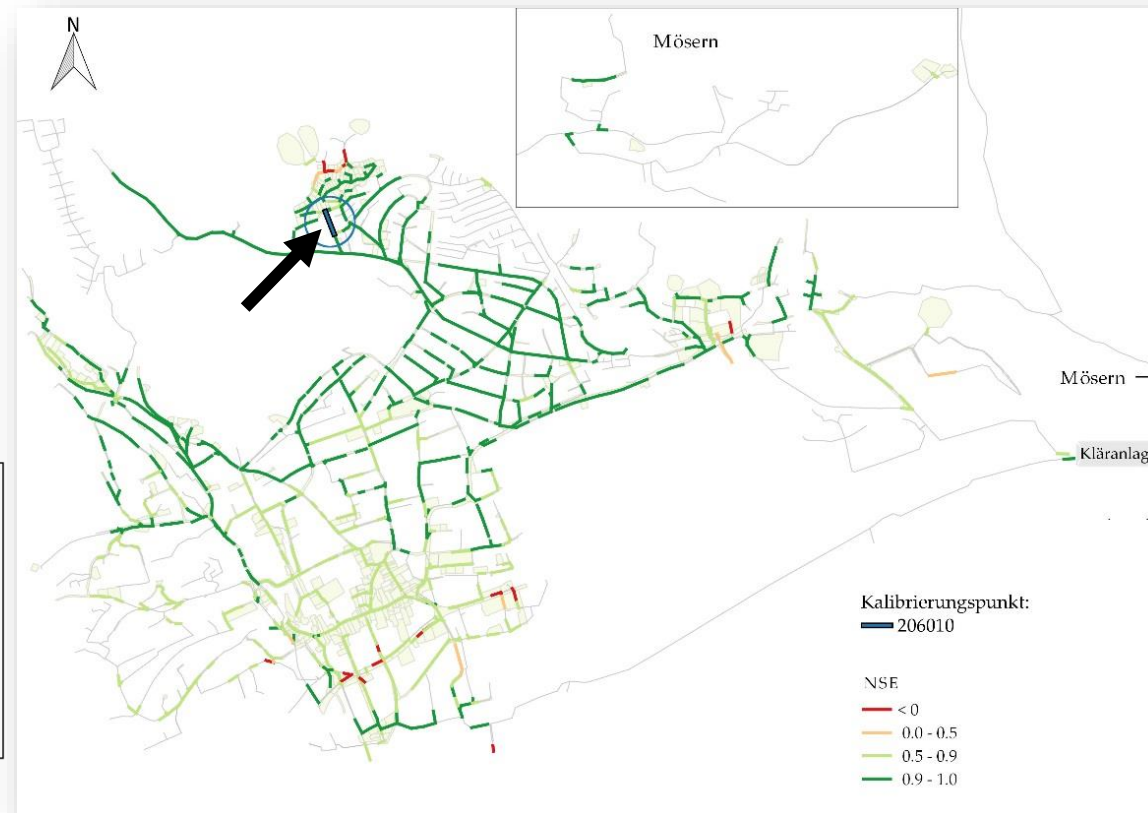
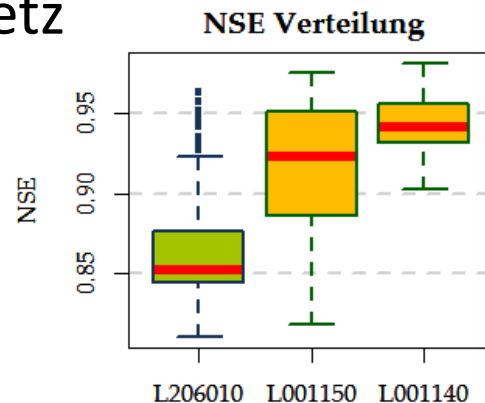
Zusammenfassung

21

> $NSE_{\text{Kalibrierungspunkt}} \rightarrow \max$
$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (M_i - S_i)^2}{\sum_{i=1}^N (M_i - \bar{M})^2} \quad] - \infty, 1]$$

> Abbruchkriterium: $NSE > 0,9$

> Bewertung der **Kalibrierungsperformance** über Übereinstimmungen im gesamten Netz



Motivation

Modellkalibrierung

Zielsetzung

Methodik

Fallstudie

Modellbasis

Ansätze

Implementierung

Kalibrierungsparameter

Kalibrierungsansätze

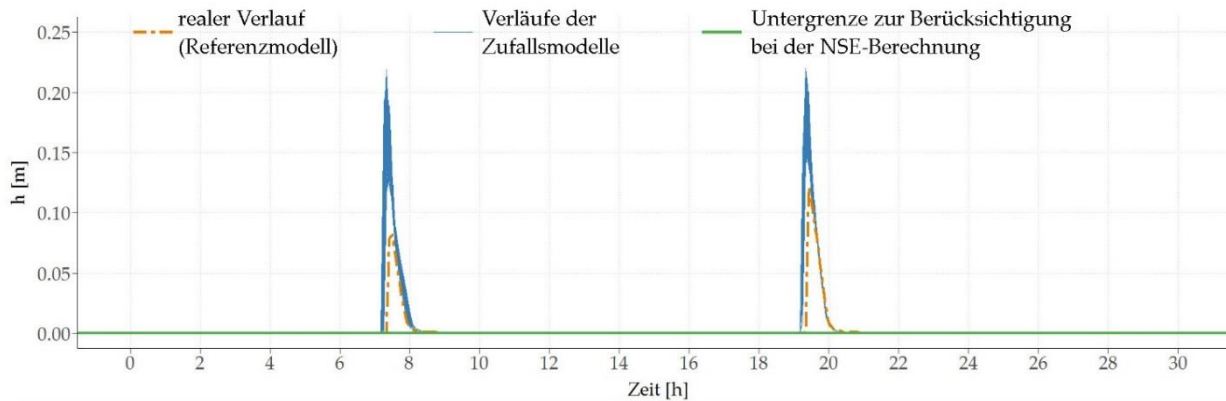
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

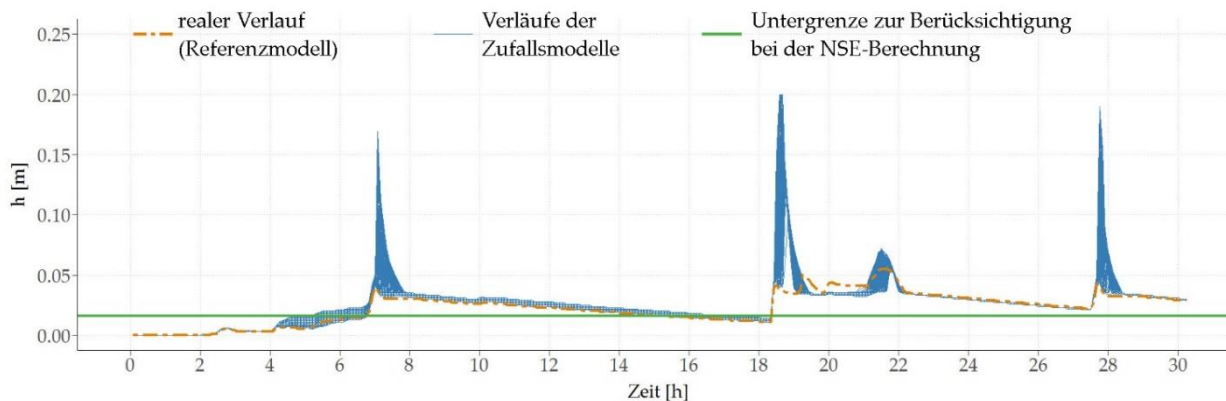
Zusammenfassung

Sensitivitätsanalysen

Leitung P11
 $-0.37 < NSE < 0.47$



Leitung 206196
 $-8.52 < NSE < 0.99$



> 1000 zufällige
Parametervariationen

> Reaktion der
Performanceindikatoren
> Schwankungsbreite

Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze

16

Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Sensitivitätsanalysen



> 1000 zufällige
Parametervariationen

> Reaktion der
Performanceindikatoren
> Schwankungsbreite

Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze

17

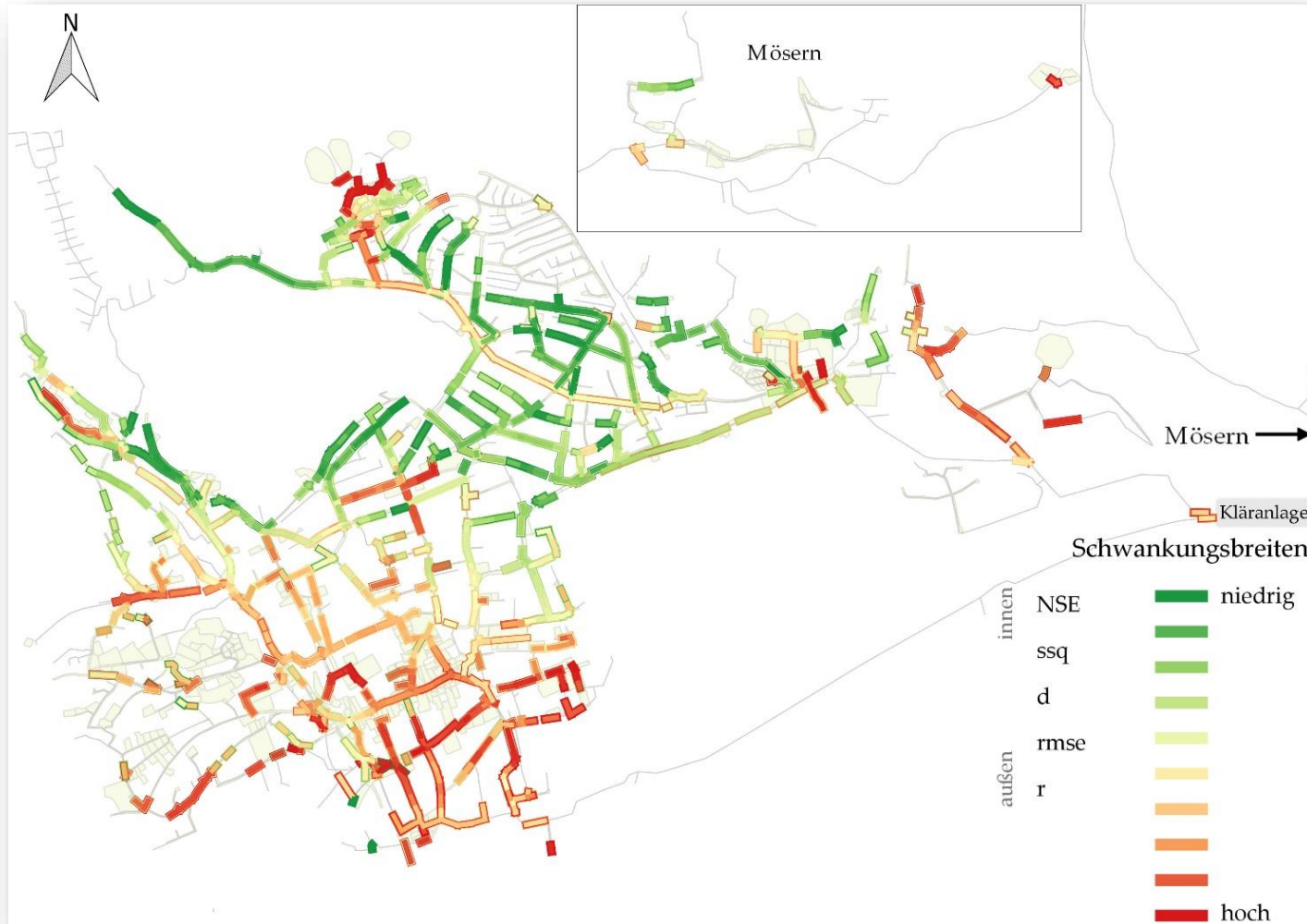
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Sensitivitätsanalysen



ausgewertete
Performance-Indikatoren:

- Nash-Sutcliffe Effizienz **NSE**
- Summe der Fehlerquadrate **ssq**
- Index of Agreement **d**
- Wurzel aus gemittelten Fehlerquadrat **rmse**
- Korrelationskoeffizient **r**

Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze

18

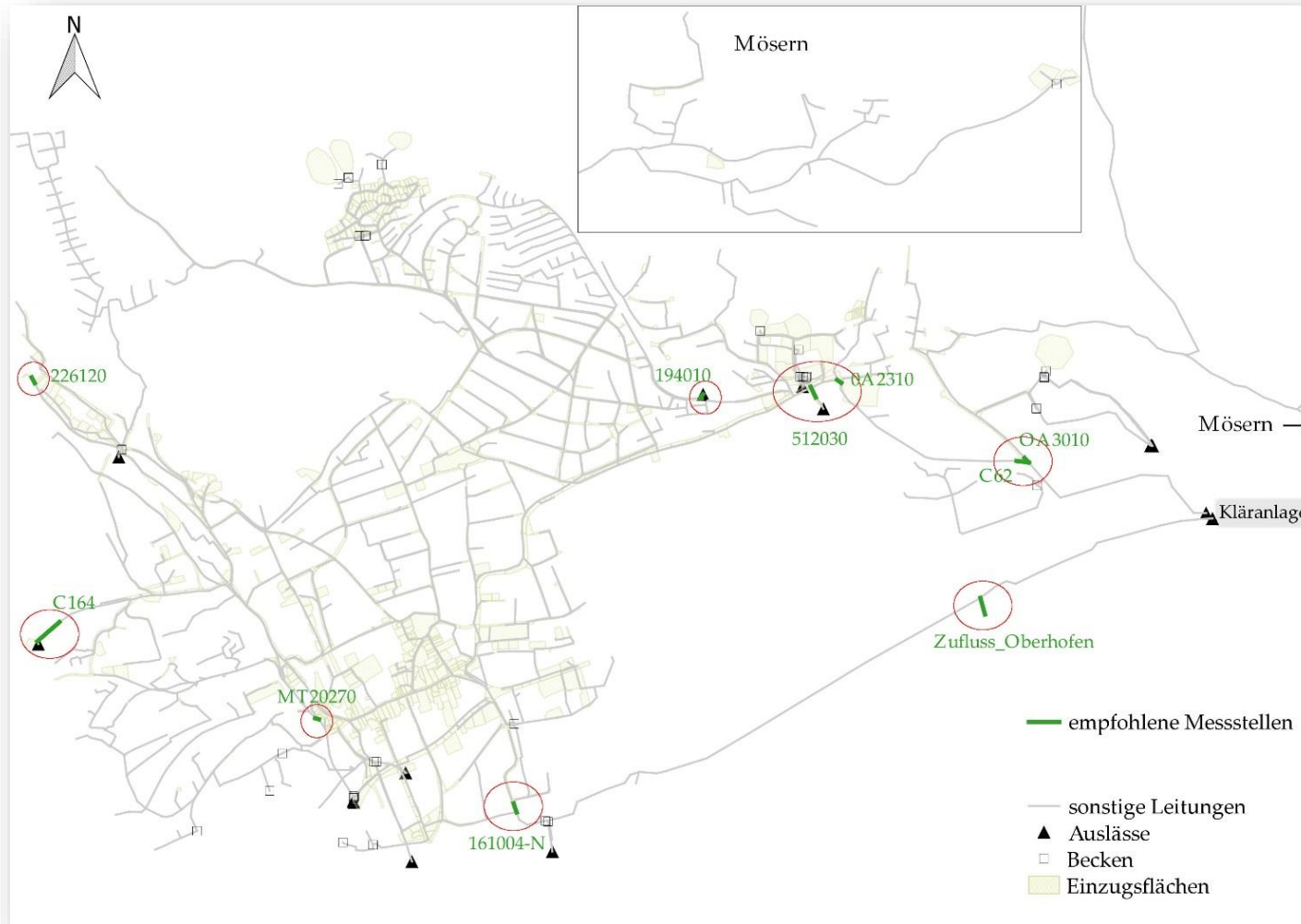
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Ergebnisse



Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze
Sensitivitätsanalysen

19

Ergebnisse

Zusammenfassung

21

Zusammenfassung



- > Entwicklung einer automatischen Modellkalibrierung
- > Identifikation von Leitungen für die Datenerhebung für eine effiziente Kalibrierung
- > **Hilfe zur Planung einer Messkampagne**

Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

20

Zusammenfassung

21

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Universität Innsbruck
Arbeitsbereich Umwelttechnik

Tanja Vonach
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Austria
Tanja.Vonach@uibk.ac.at
<http://umwelttechnik.uibk.ac.at>



Motivation

Modellkalibrierung
Zielsetzung

Methodik

Fallstudie
Modellbasis
Ansätze
Implementierung
Kalibrierungsparameter
Kalibrierungsansätze
Sensitivitätsanalysen

Ergebnisse

Zusammenfassung