

LARSIM-Anwendertreffen 2012

Modellgestützte Analyse und Prognose von Grundwasserneubildung und Bodenwasserhaushalt mit LARSIM und HYDRUS-1D

Julia Krumm

Ingo Haag

HYDRON Ingenieurgesellschaft für
Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Inhalt

(1) Zielsetzung

(2) Grundlagen

Standorte

Daten

Modelle (HYDRUS; LARSIM)

(3) Vorgehensweise

(4) Ergebnisse

Kalibrierung

Validierung und Bewertung

Zukunftsszenario

(5) Zusammenfassung und Ausblick

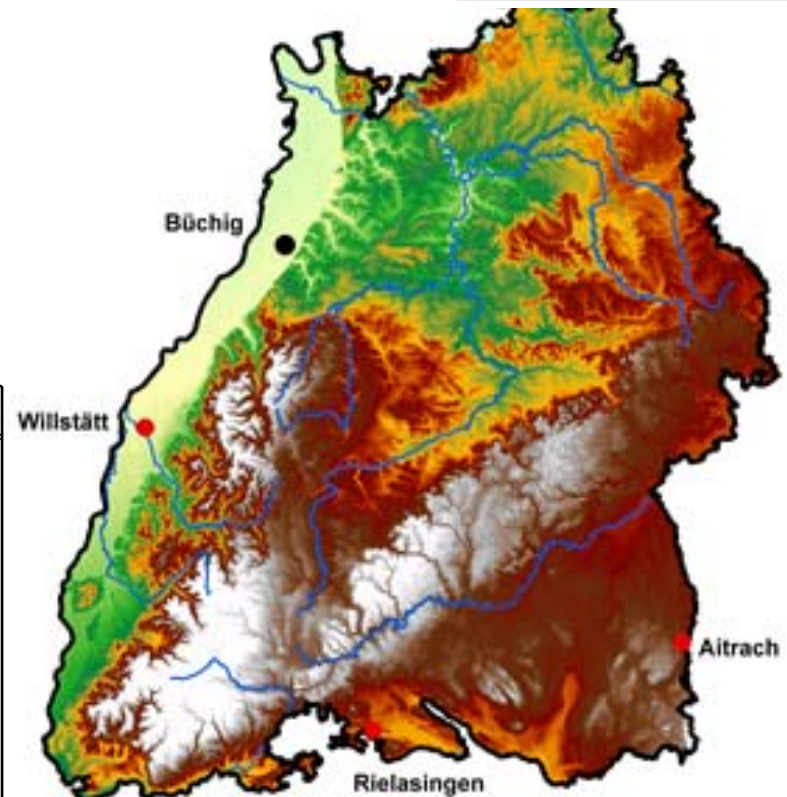
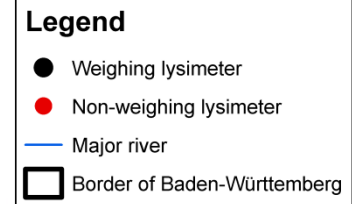
Zielsetzung

Anwendung von zwei unterschiedlich komplexen Modellen (HYDRUS-1D; LARSIM) auf unterschiedliche Lysimeterstandorte in Baden-Württemberg

- Anwendbarkeit der Modelle für die Simulation und Prognose der Lysimetermessungen
- Vergleich der Modelle hinsichtlich ihrer Eignung
- Ermittlung der auf Grundlage eines Klimaszenarios zu erwartenden Änderungen der Grundwasserneubildung

Standorte

- Vier Lysimeter
 - Drei Friedrich-Franzen Lysimeter
 - Ein wägbares Lysimeter (nur Bodenwasser)
- Landnutzung: Grünland
- Unterschiede hinsichtlich
 - Meteorologie
 - Bodenart
 - Sickerverhalten



	Aitrach	Rielasingen	Willstätt	Büchig I
Lysimetertyp	Friedrich-Franzen	Friedrich-Franzen	Friedrich-Franzen	Wägbar
Vertikale Ausdehnung [m]	1.5	1.5	1.5	2.5
Bodenart	Sand & Kies	Kies	Sandiger Schluff	Sand
Höhenlage [m +NN.]	612	420	142	113
Niederschlag [mm/a]	1154 ¹	844 ³	775 ⁴	736 ²
Sickerwasser [mm/a]	627 ¹	303 ³	320 ⁴	268 ²

¹ 1987 - 2007

³ 1980 - 2007

⁴ 1965 - 2007

² 1982 - 2007

Daten

Messdaten 1997 - 2008

- An drei Friedrich-Franzen Lysimetern
 - Sickerwassermengen in 1 bis 5 Tagesintervallen
- An einem wägbarem Lysimeter
 - Bodenwassergehalt in stündlicher Auflösung
- Niederschlagssummen in 1 bis 5 Tagesintervallen an Lysimetern
- Stundenwerte meteorologischer Größen (inkl. Niederschlag) für umliegende DWD- und Landes-Stationen
- Zeitliche Disaggregation der Niederschlagssummen an Lysimeterstandorten

Szenariendaten

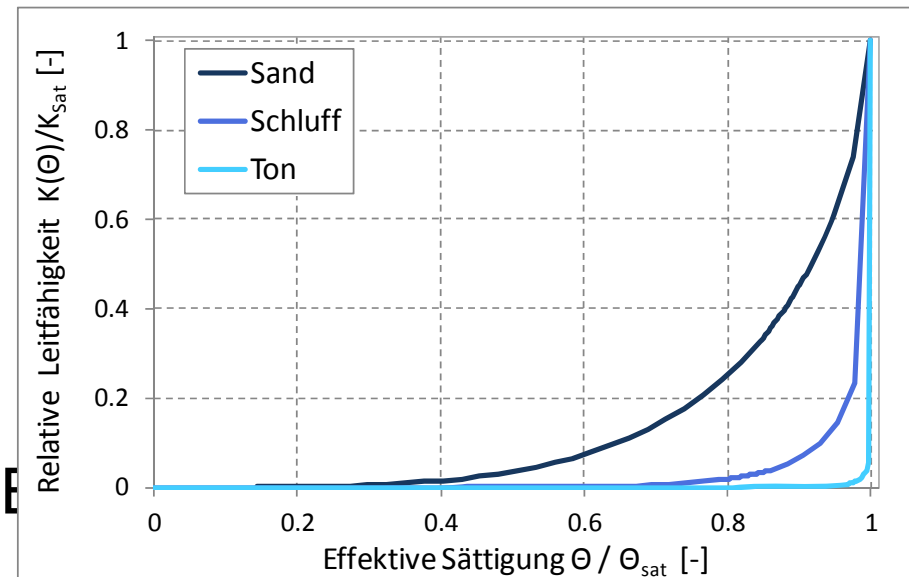
- Regionales Klimaszenario COSMO-CLM 4.8, Szenario A1B (IMK/KIT)
- Referenzzeitraum 1971 – 2000, Zukunftsszenario 2021 - 2050

Modelle: HYDRUS-1D

- Basiert auf 1D Richards-Gleichung

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(\theta) \left(\frac{\partial \Psi_m}{\partial z} + 1 \right) \right] - S$$

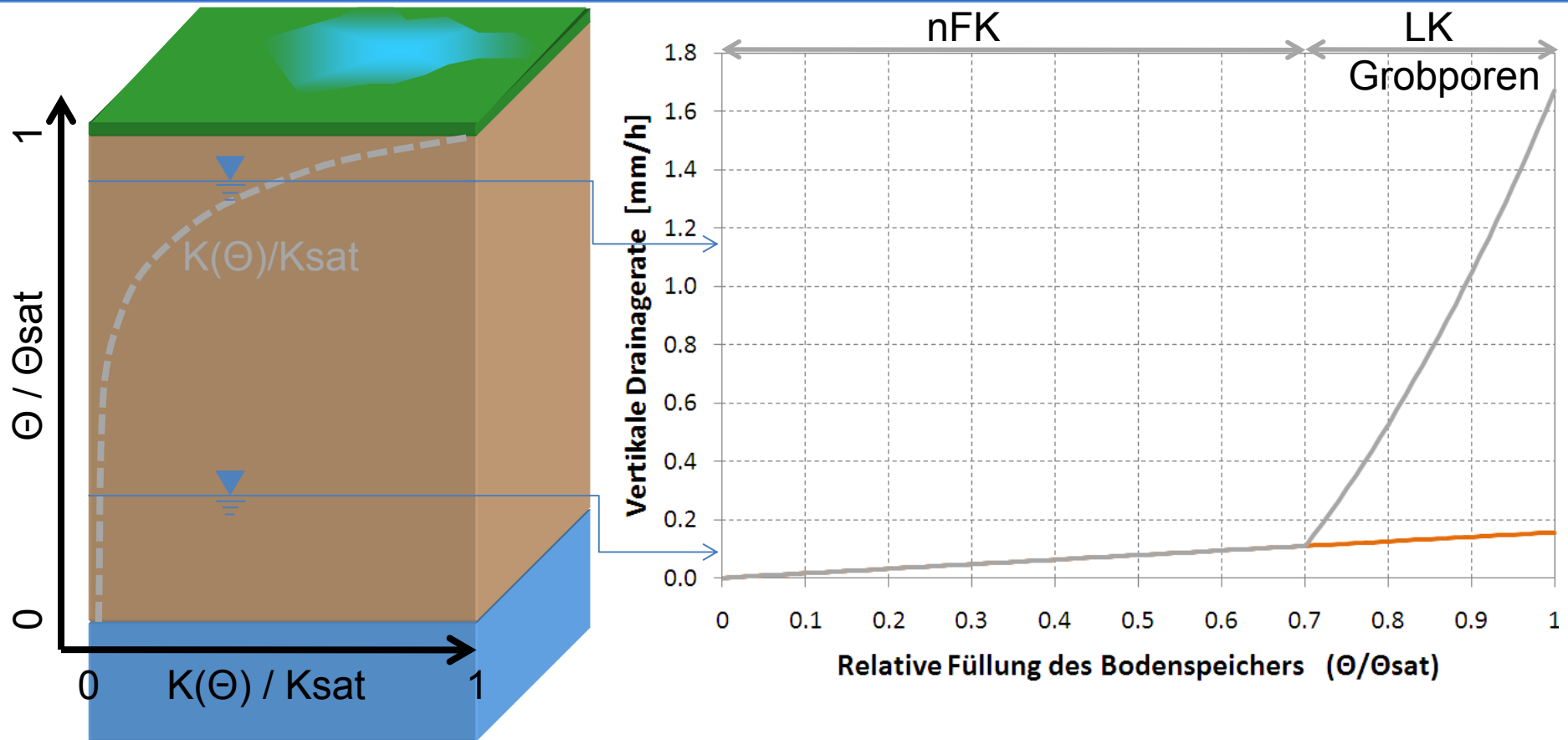
- Parametrisierung der ungesättigten hydraulischen Leitfähigkeit nach MUALEM & VANGENUCHTEN



- Vertikale Diskretisierung der ungesättigten Zone in 101 Knotenpunkte
- Numerische Lösung für jeden Knoten mit linearer Finite-Elementen Methode

Šimůnek et al. (2009)

Modelle: LARSIM Bodenmodul



- Konzeptionelle Abbildung der Tiefenversickerung:
 - Im Bereich der FK geringe Versickerung ($\Psi_m > \Psi_z$).
 - Bei Überschreiten der FK (Grobporen) starke Zunahme der Versickerung.

Vorgehensweise

Kalibrierung

- Bestmögliche Abbildung der Dynamik eines Jahres (Sensitivität und Identifizierbarkeit der Parameter)

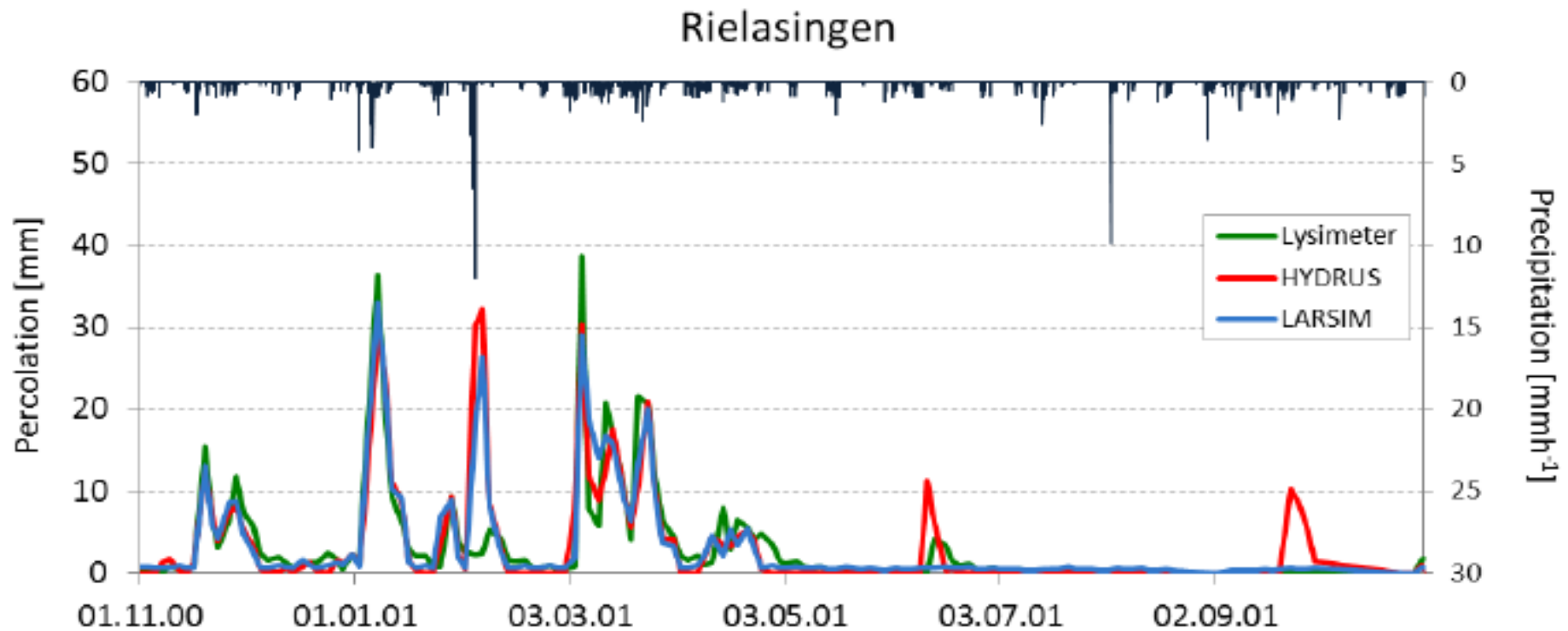
Validierung

- Validierung anhand der Dynamik und der zeitlich gröber aufgelösten Grundwasserneubildung für 11 weiterer Jahre

Szenario

- Zu erwartende Änderung der Grundwasserneubildung durch Vergleich des Referenzzeitraums 1971-2000 mit dem Zukunftsszenario 2021-2050

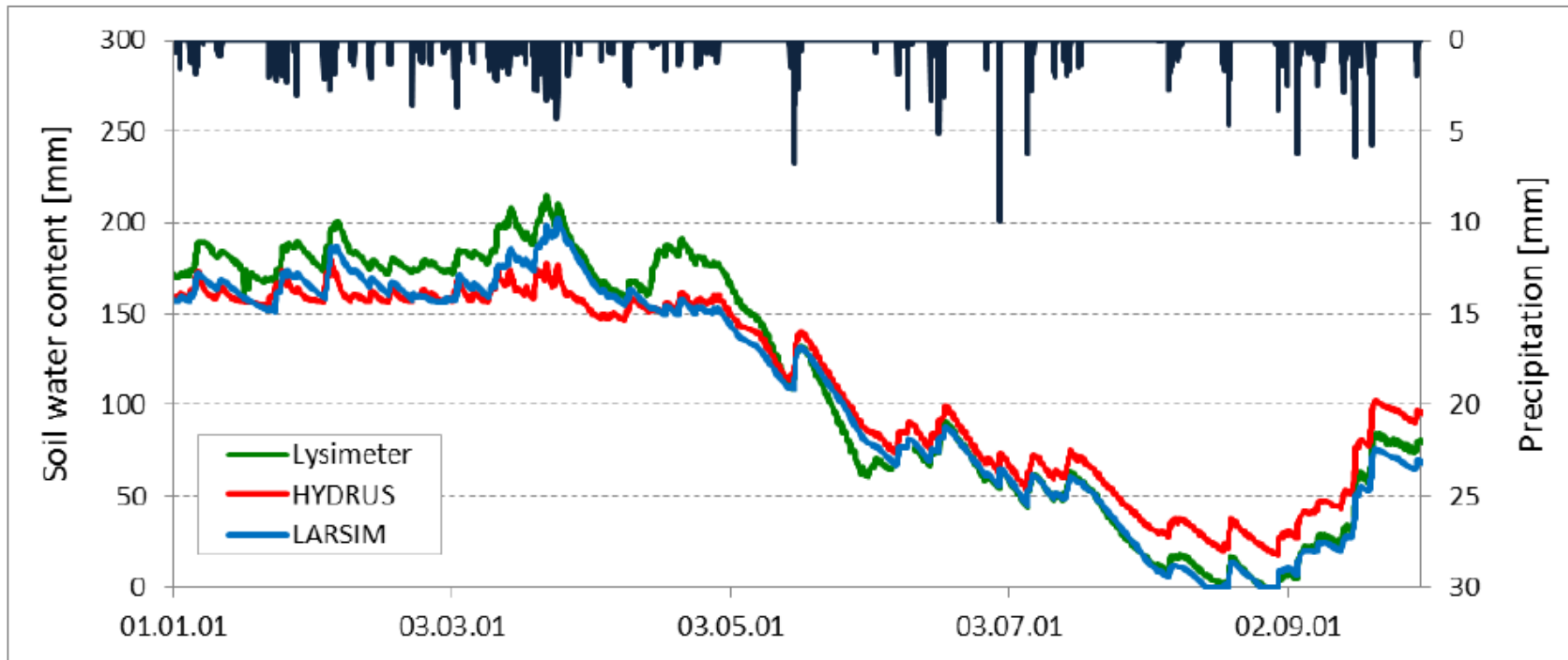
Kalibrierung



Grundwasserneubildung an Friedrich-Franzen Lysimetern:

- Kalibrierung anhand der (kurzfristigen) Dynamik eines Jahres
- Befriedigende bis gute Anpassung an gemessene Dynamik
- Beide Modelle im Mittel etwa gleich gut

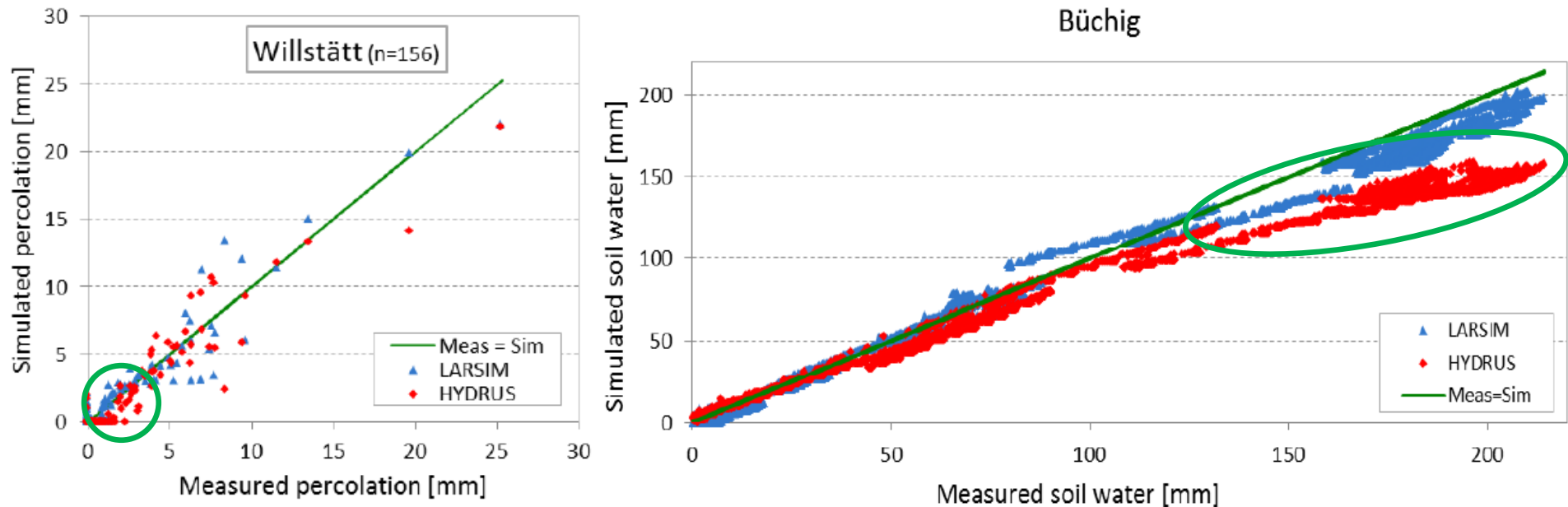
Kalibrierung



Bodenwassergehalt an wägbarem Lysimeter:

- Kalibrierung anhand der (kurzfristigen) Dynamik eines Jahres
- Befriedigende bis gute Anpassung der Dynamik
- Beide Modelle ähnlich gut (Trockenphase mit LARSIM etwas besser)

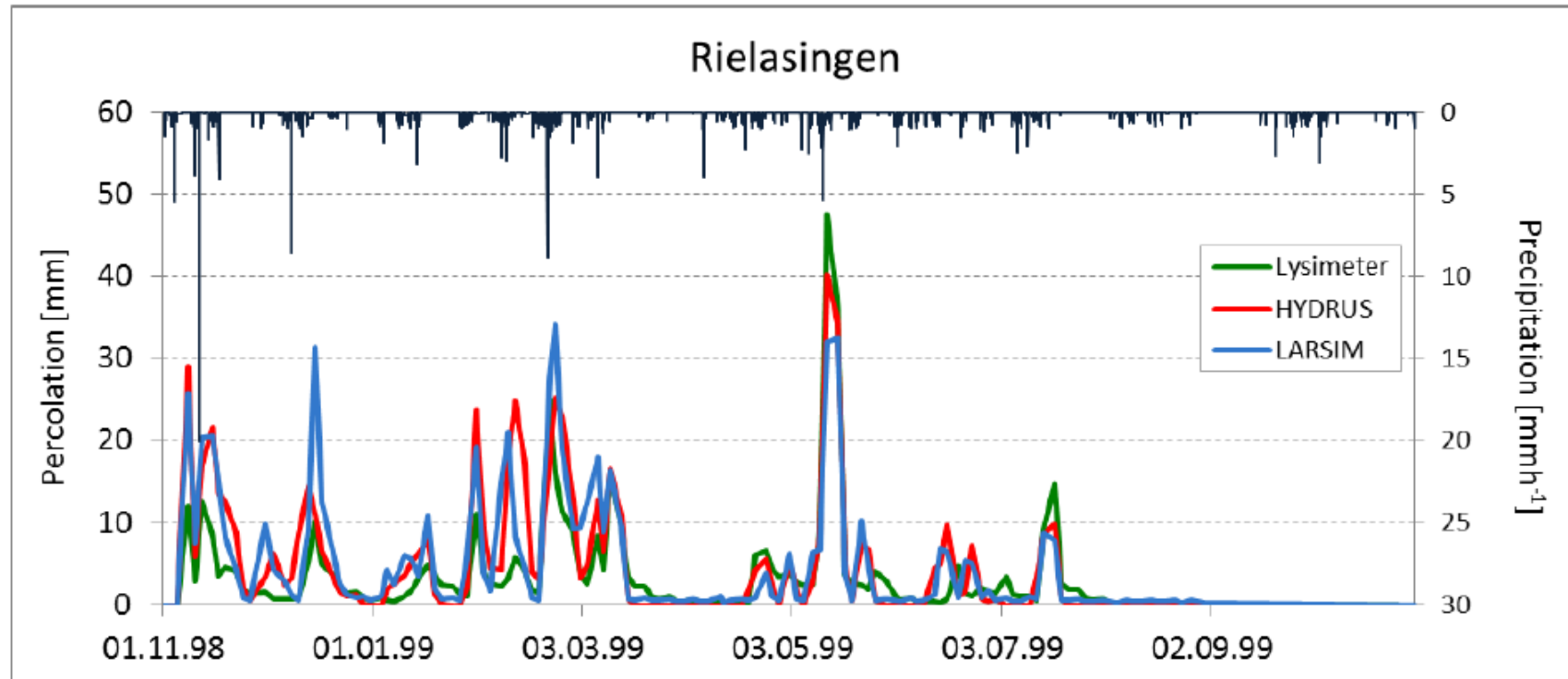
Kalibrierung



Vergleich der Modelle:

- Im Mittel beide Modelle ähnlich gute Ergebnisse
- Im Detail Unterschiede für Standorte und Zeiträume
- Extreme mit LARSIM meist etwas besser (intensive Perkolations, Austrocknung)

Validierung: Dynamik



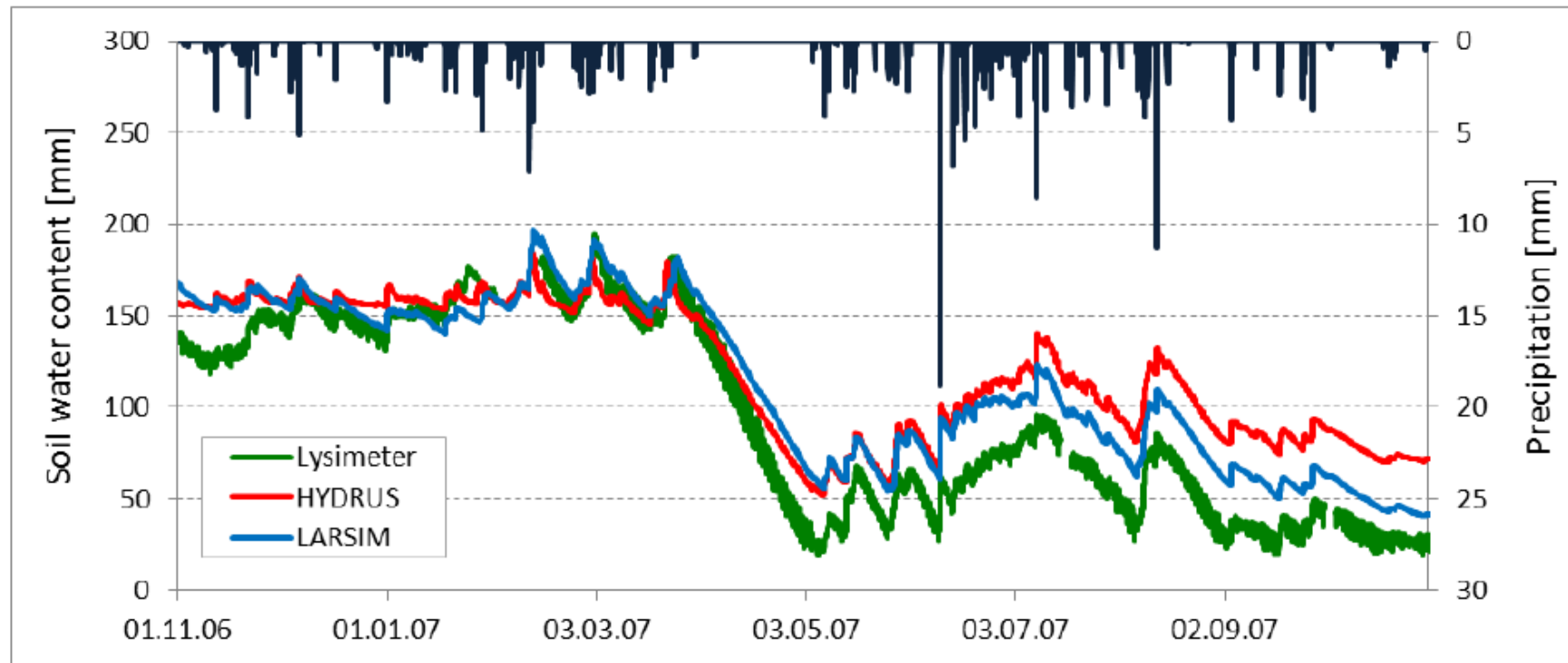
Validierung anhand der kurzfristigen Dynamik der

Grundwasserneubildung:

- Kurzfristige Dynamik in Validierungsjahren teilweise nachvollzogen
- Modelle im Mittel gleich gut
- Größere Abweichungen mit beiden Modellen in gleichen Zeiträumen

(kein modellspezifischer „Fehler“)

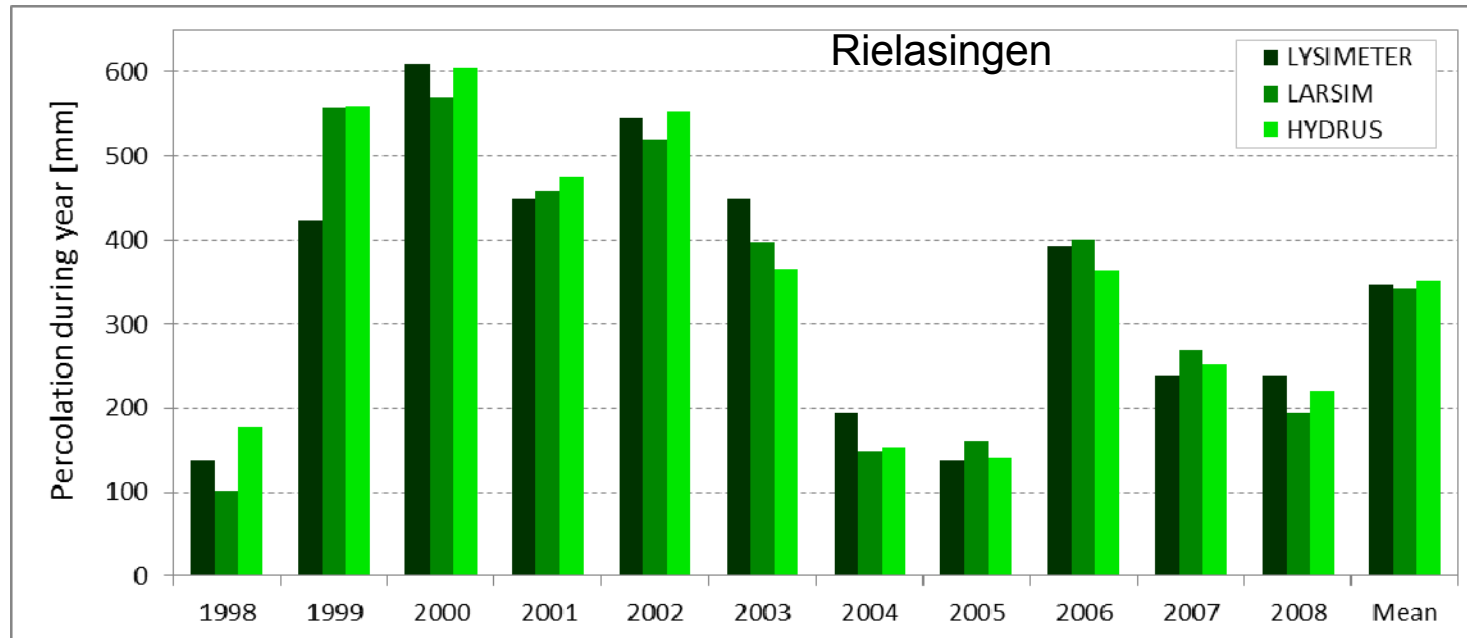
Validierung: Dynamik



Validierung anhand der kurzfristigen Dynamik des **Bodenwassergehalts**:

- Kurzfristige Dynamik in Validierungsjahren zumeist nachvollzogen
- Modelle im Mittel etwa gleich gut
- LARSIM bei Extremen meist etwas besser

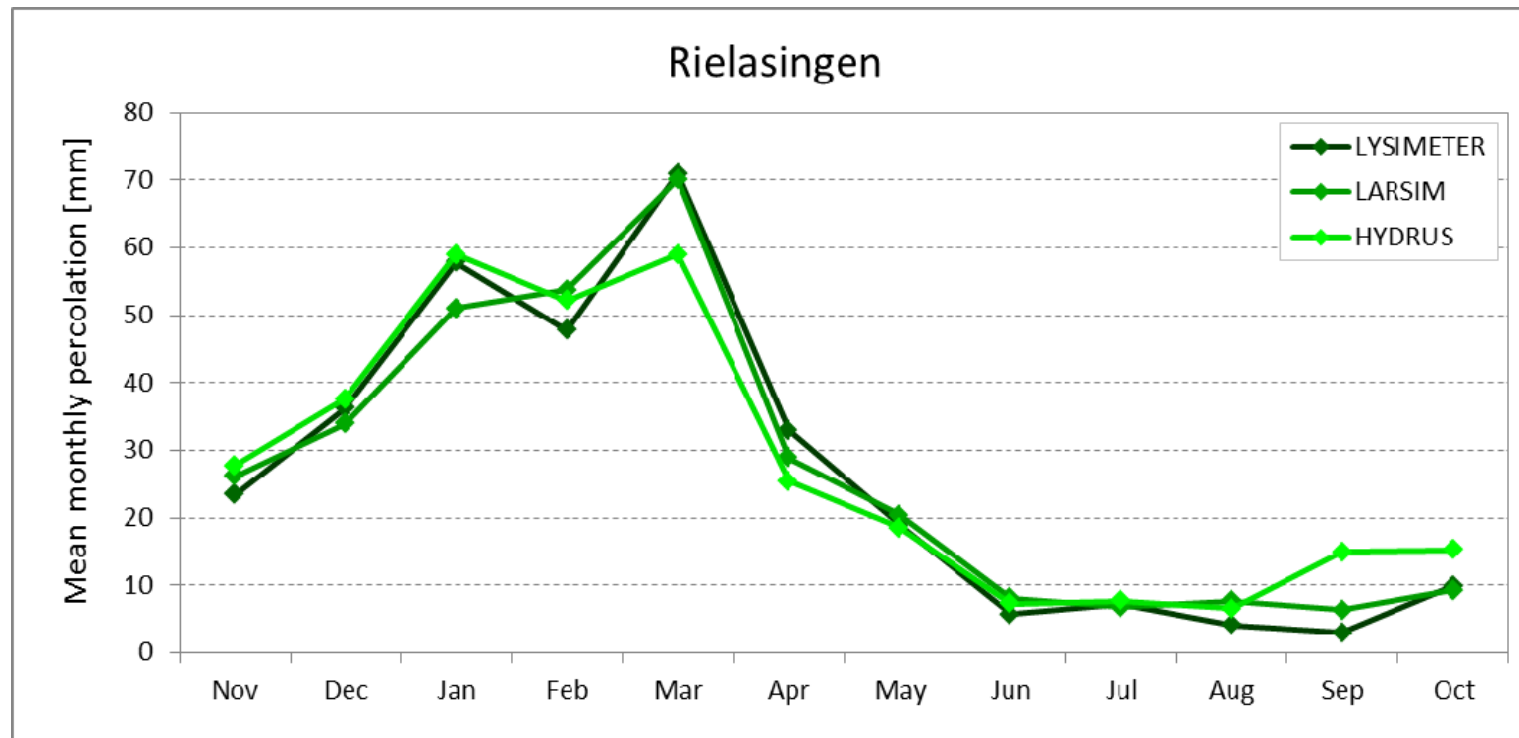
Validierung: (Halb-)Jahressummen



Validierung anhand der **jahresweisen Grundwasserneubildung**:

- Mittlere Jahressummen werden sehr gut simuliert
- Unterschiede zwischen Jahren werden nachvollzogen
- Einzelne Jahre werden von beiden Modellen falsch eingeschätzt
- Ähnliche Ergebnisse für hydrologische Halbjahre

Validierung: Mittlerer Jahresgang



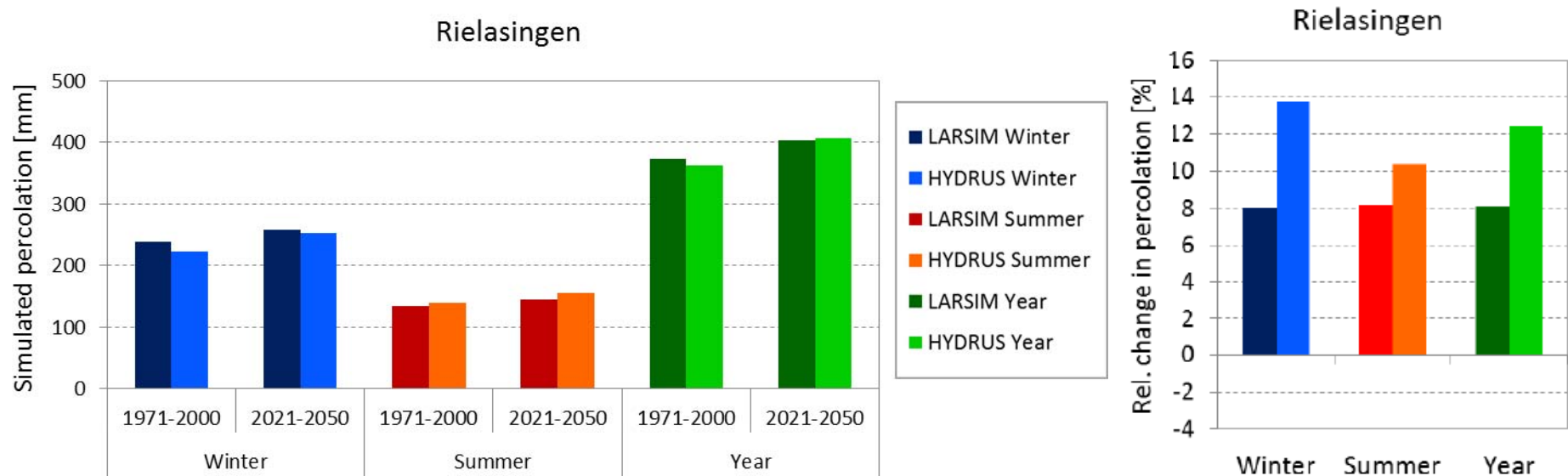
Validierung anhand des mittleren **Jahresgangs der Grundwasserneubildung:**

- Jahresgang wird von beiden Modellen nachvollzogen
- LARSIM zeigt etwas bessere Übereinstimmung mit Messungen

Bewertung der Modelle

- Hintergrund: Reale Datenlage ohne vertikal aufgelöste, detaillierte Kenntnis der Bodenphysik
- Grundlegende (längerfristige) Dynamik wird durch beide Modelle zufriedenstellend abgebildet
- Bei hoher zeitlicher Auflösung Fehleinschätzungen möglich. (Kann durch Anpassung der Anfangsbedingung behoben werden)
- Beide Modelle etwa gleich gut zur Abbildung von Bodenwasser und Grundwasserneubildung geeignet
- Bei extremen Situationen (sehr trocken, sehr feucht) liefert LARSIM meist sogar etwas bessere Ergebnisse
- Bei gegebener Datenlage ist LARSIM als einfacheres Modell vorzuziehen (principle of parsimony)

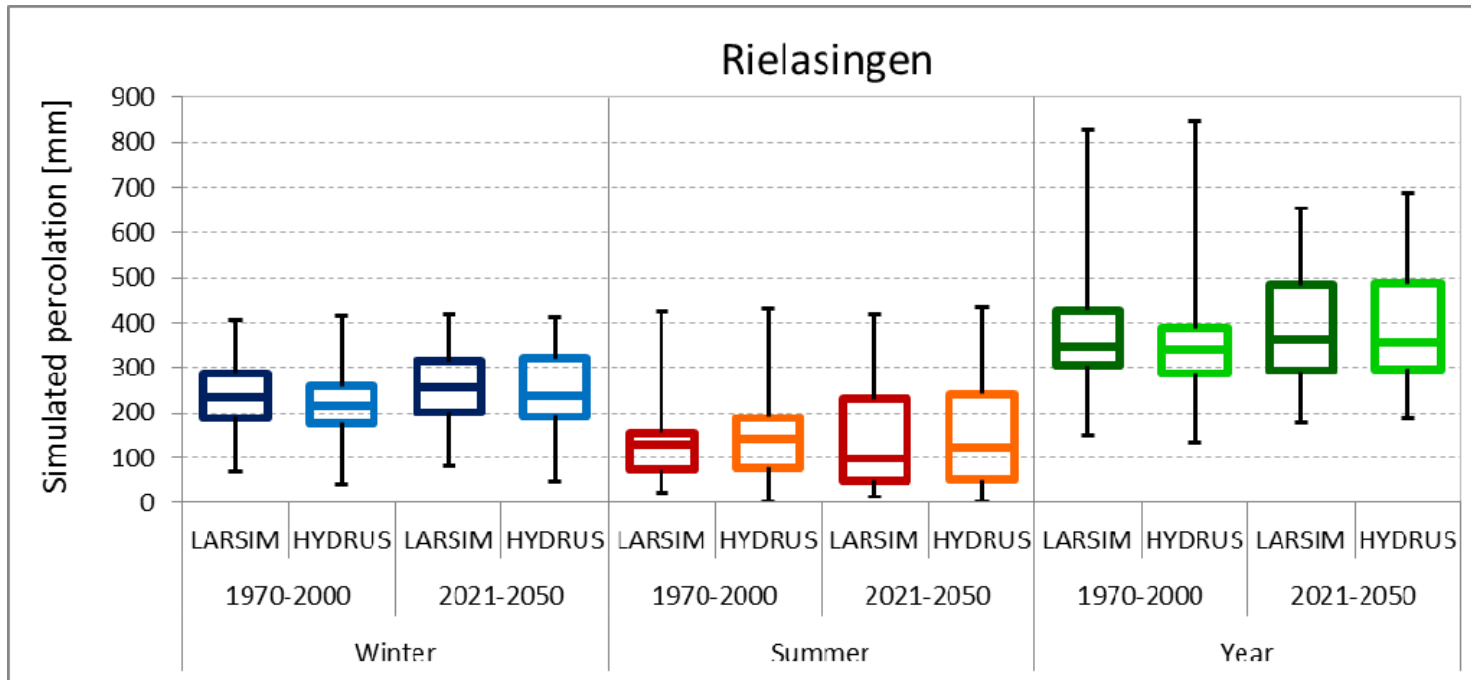
Zukunftsszenario: Mittlere Werte



Prognostizierte Änderung der **mittleren (halb-) jährlichen Grundwasserneubildung:**

- Modelle prognostizieren moderaten Anstieg der mittleren Jahres- und Halbjahressumme (0-14%)
- HYDRUS prognostiziert etwas stärkere Zunahme als LARSIM
- Stärkster Zuwachs für Standort mit derzeit geringster GW-Neubildung
- Geringster Zuwachs für Standort mit derzeit größter GW-Neubildung

Zukunftsszenario: Variabilität



Prognostizierte Änderung der **Variabilität der jährlichen Grundwasserneubildung:**

- Im Jahresmittel nimmt Häufigkeit von Jahren mit mehr als 400 mm zu
- Im Winter fast unveränderte Häufigkeitsverteilung
- Im Sommer nimmt Variabilität eher zu: Trotz höherer Mittelwerte, werden Sommerhalbjahre mit unter 50 mm häufiger

Zusammenfassung

- Beide Modelle sind grundsätzlich zur standortspezifischen Simulation und Prognose von Grundwasserneubildung und Bodenwassergehalt geeignet
- Die konzeptionelle Vereinfachung physikalischer Vorgänge in LARSIM bringt bei gegebener Datenlage keinen Nachteil
- Bei gegebener Datenlage ist daher LARSIM als einfacheres Modell zu bevorzugen (Ockham's Razor)
- Zukünftig ist infolge des Klimawandels eine moderate Zunahme der mittleren GW-Neubildung wahrscheinlich
- Aber trotzdem nimmt die Häufigkeit sommerlicher Austrocknungsphasen vermutlich etwas zu

Ausblick:

- Analyse und Prognose des Bodenwasserhaushalts möglich (z.B. Veränderung von Wachstumsbedingungen und Trockenstress)
- Übertragung auf die Fläche und flächenhafte Auswertung