

LARSIM Workshop 2016

LARSIM-Schneeinterzeption und Energiebilanz in Wäldern

Ingo Haag, Dirk Aigner, Angela Sieber

HYDRON Ingenieurgesellschaft für
Umwelt und Wasserwirtschaft mbH

Margret Johst

Landesamt für Umwelt,
Rheinland-Pfalz

Grundlagen: Bearbeitete Aspekte

Betrachtete Aspekte der Schneemodellierung mit LARSIM

Bestehende Verfahren:

- Analyse / Validierung
- Verbesserung

Bertle-Verfahren
zur Setzung der
Schneedecke

Energiebilanz
der Schneedecke
unter Wald

Interzeption
und Sublimation
auf Baumkronen

Schnee-Regen
beim Aufbau der
Schneedecke

Analyse
anhand der Rain-on-Snow-Messdaten
der Uni Freiburg (Dr. Pohl)

Konzeption
zur Verbesserung bzw.
neuen Integration in LARSIM

LARSIM:
Einzelparameter

LARSIM:
SCHNEEINTERZEPTION

Zusätzliche Verfahren:

- Relevanz
- Einpassen in LARSIM

Konzeption
zur Vereinfachung

Konzeption
zur Umsetzung

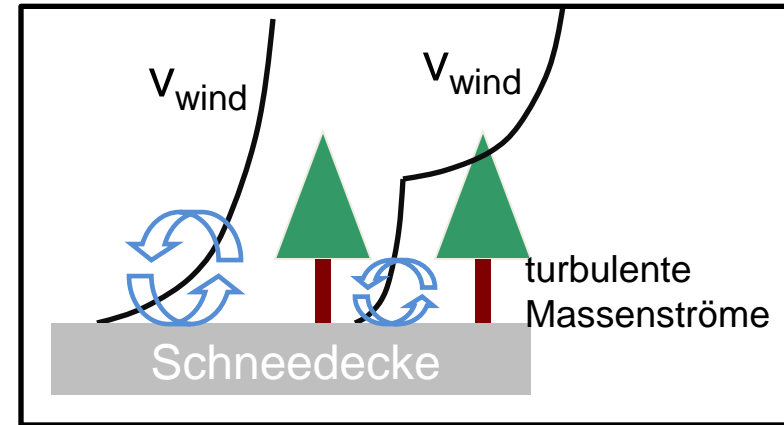
In **LARSIM** umgesetzt
SNOW-COMPACTION 3

In **LARSIM** umgesetzt
SCHNEEREGEN

Energiebilanz unter Wald

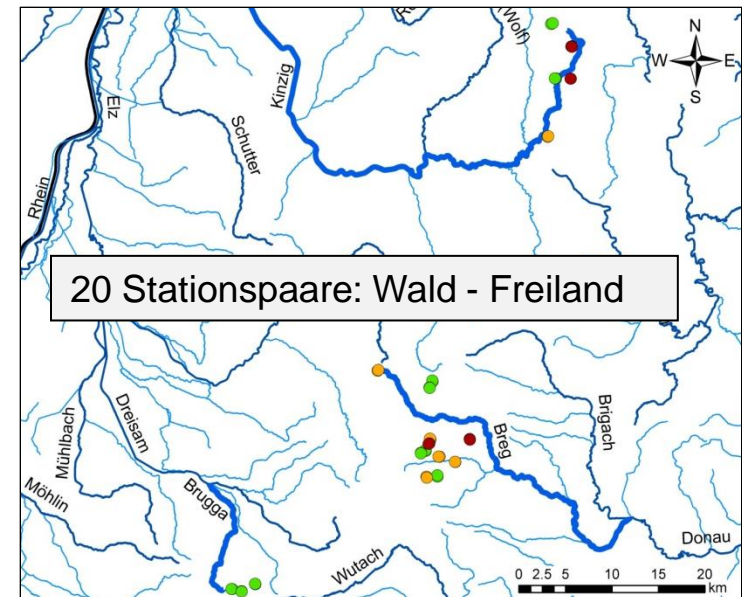
Ausgangslage:

- In LARSIM Energiebilanz der Schneedecke unter Wald modifiziert
- Reduktion Globalstrahlung, Windgeschwindigkeit + Modifikation langewellige Strahlung
- Interne Parametrisierung der Verfahren mit wenigen internationalen Literaturangaben
- Messdaten der Uni Freiburg zu Glob. und Wind an zahlreichen Schwarzwaldstandorten



Ziele:

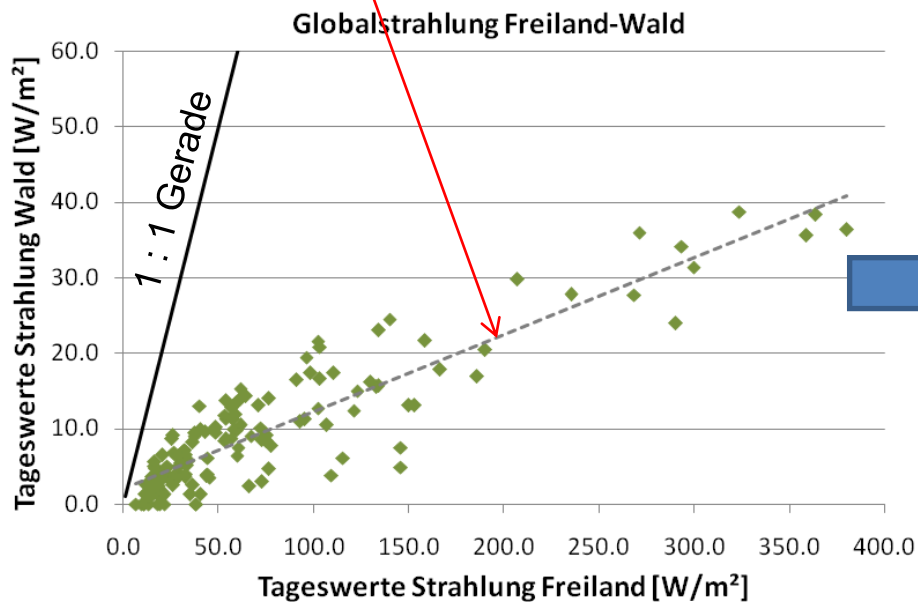
- Überprüfung der Ansätze für Glob. und Wind
- Überprüfung der Parametrisierung
- Verbesserte / flexiblere Umsetzung



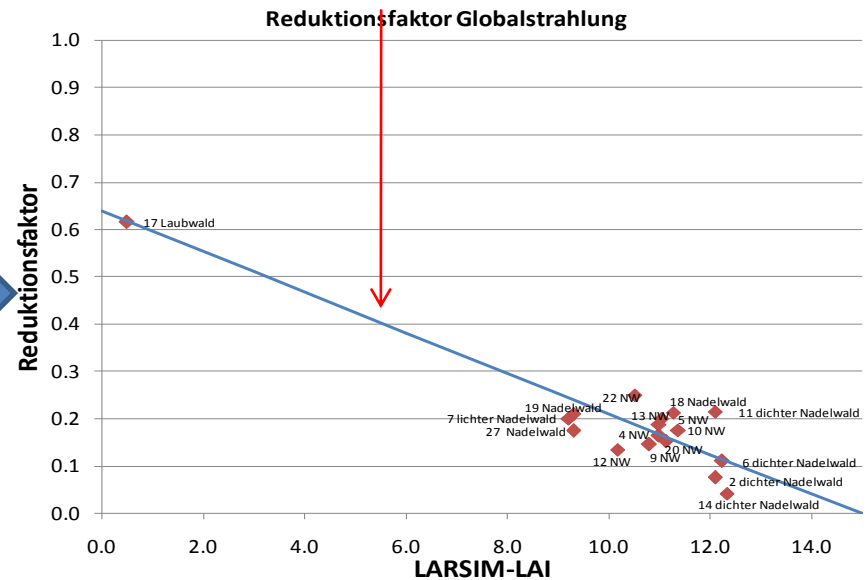
Energiebilanz unter Wald

In LARSIM implementierter einfache lineare Reduktion von Strahlung und Wind
(Beispiel Strahlung)

$$RGlob_{wald} = RGlob_{Freiland} \cdot F_{Strahl}$$



$$F_{Strahl} = f(LAI)$$



Energiebilanz unter Wald

Ergebnisse Analyse der Rain-On-Snow-Ergebnisse :

- Lineare Reduktion von Glob. und Wind in LARSIM realistisch + robust

Problematisch:

- LARSIM-interne Reduktionsfaktoren von LAI abhängig (LANU.PAR)

$$F_{Strahl} = MAX \left(0,5 - \frac{1}{35} \cdot LAI; 0 \right) \quad F_{Wind} = MAX \left(0,6 - \frac{1}{70} \cdot LAI; 0 \right)$$

- Reduktionsfaktoren hängen von verwendeter LANU.PAR ab
- Anpassung durch fixe LARSIM-interne Parametrisierung erschwert
- Spezifisch: F_{Wind} für Nadelwald etwas zu hoch

Lösung:

- Flexible Einzelparameter zur Berechnung der Reduktionsfaktoren

Energiebilanz unter Wald

Umsetzung in LARSIM:

- Optionale Einzelparameter:

XGLOB REDUKTION WALD	0.5	0.03
XWIND REDUKTION WALD	0.6	0.025

$$F_{Strahl} = MAX(p0_{Strahl} - p1_{Strahl} \cdot LAI; \quad 0)$$

$$F_{Wind} = MAX(p0_{Wind} - p1_{Wind} \cdot LAI; \quad 0)$$

- Wenn Einzelparameter nicht vorhanden → Bisherige LARSIM-interne Parameter werden als Default-Werte verwendet (Kompatibilität)
- Empfohlene Parameterwerte für Standard-LANU.PAR aus Analyse der Messdaten: siehe oben
- Anpassung der Einzelparameter sinnvoll z.B. bei:
 - Detail-Betrachtungen mit Zusatzinformationen zu Waldeinfluss
 - Veränderter LANU.PAR (LAI für Wald-Landnutzungen)

Schneeinterzeption

Ausgangslage LARSIM:

- Veränderte Energiebilanz des Schnees im Bestand wird berücksichtigt
 - Interzeption von Schnee in Wäldern wird wie Regen behandelt (max. 2,2 mm)
 - Für Waldgebiete häufig zu viel Schnee und zu spätes Abschmelzen simuliert
 - Signifikante Sublimationsverluste (z.B. bei Föhn) werden nicht simuliert
- ➔ Vermutlicher Fehler bei Abflussdynamik



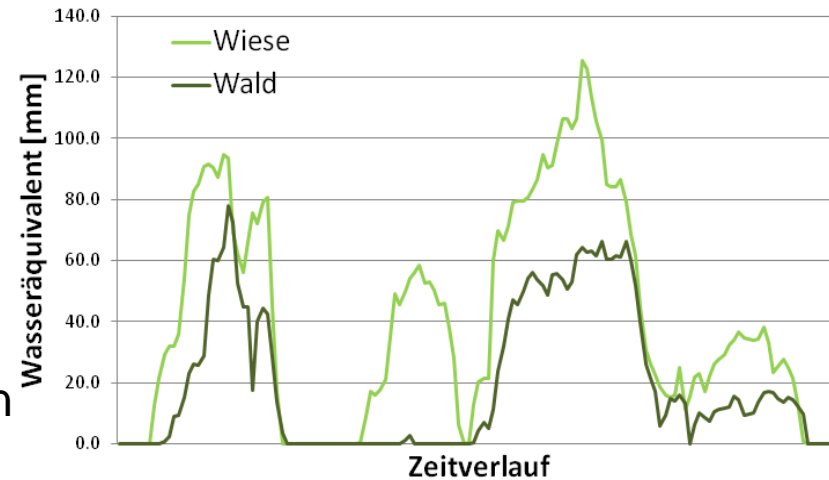
Ziele:

- Prüfung des vorhandenen LARSIM-Ansatzes (für Regen)
- Relevanz der Schneeinterzeption für typische Mittelgebirgsstandorte
- **Ggf. Umsetzung der Schneeinterzeption im bestehenden LARSIM-Kontext**

Schneeinterzeption

Ergebnisse für Analyse Rain-On-Snow-Daten der Uni Freiburg:

- Schnee-Interzeptions-Kapazität: bei Nadelwald über 50 mm
- ~50% des Schneeniederschlags wird im Kronendach zurückgehalten
- Schnee-Interzeption (und Sublimation) beeinflussen Schneedynamik im Wald stark
- Wirkung wird nicht durch (Regen-)Interzeption in LARSIM abgebildet



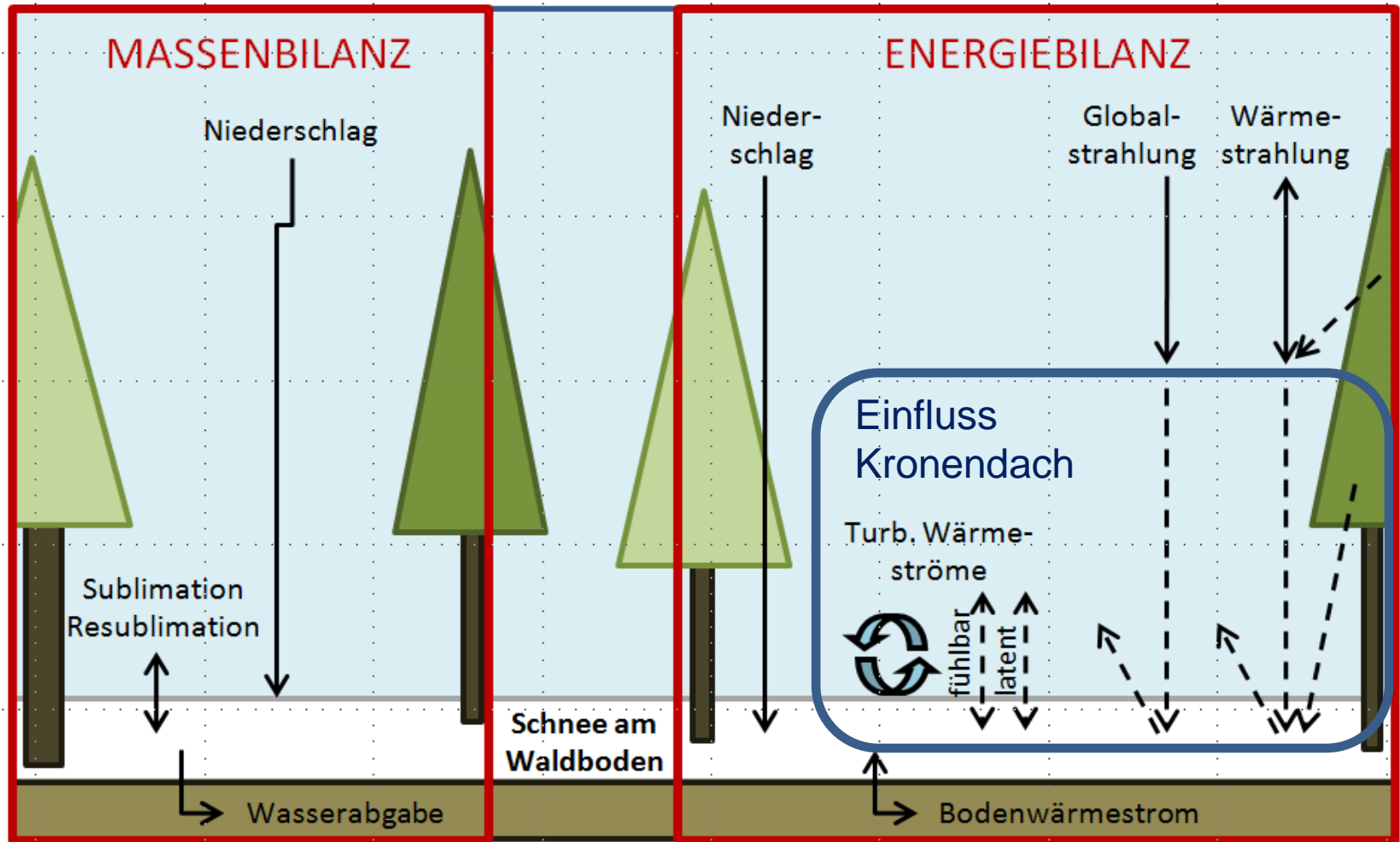
- ➔ Umsetzung Schnee-Interzeption in LARSIM gewünscht
- ➔ Messdaten für Entwicklung und Test geeignet

Weiteres Vorgehen:

- Maßgebliche Prozesse identifizieren und abstrahieren
- Praktikables Konzept unter LARSIM-spezifischen Randbedingungen
- Umsetzung und Test

Schneeinterzeption

Bisherige Konzeption für Schnee im Wald:



Schneeinterzeption

Umsetzung, Option SCHNEEINTERZEPTION:

In Anlehnung an Andreadis et al.(2009): Modeling snow accumulation and ablation processes in forested environments. WRR, 45.

Interzeptionskapazität: Maximum des rückhaltbaren Schnees

- Funktion der Waldart (LAI)
- Zeitlich variable Funktion der Luft- bzw. Schneetemperatur zum Zeitpunkt des Schneefalls

Interzeptionsrate: Anteil des Schneeniederschlags, der in Krone abgefangen wird

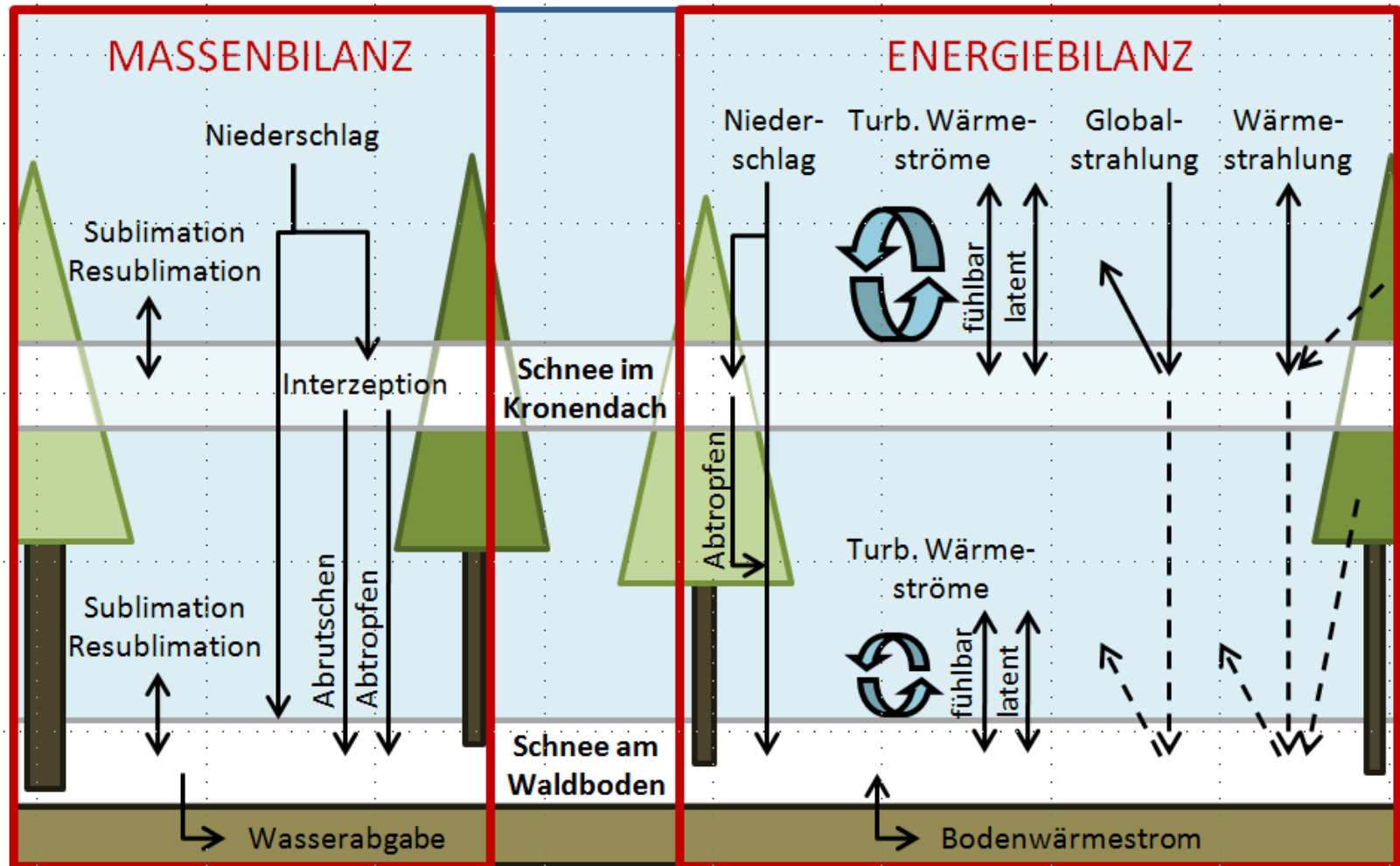
- Funktion der Waldart (LAI)
- Zeitlich variable Funktion des bereits abgefangenen Schnees (Rate nimmt mit Schnee auf Kronendach zu)
- Bis Maximum der Interzeptionskapazität

Energiebilanz und Setzung des Schnees auf Kronendach:

- Energiebilanz analog zu Freiland, ohne Bodenwärmestrom
- Erhöhte Turbulenz → Erhöhte **Sublimationsverluste** auf Kronendach
- Wasserabgabe nach Energiebilanz + Setzung → **Abtropfen** vom Kronendach
Wird als Input unter Wald berücksichtigt

Schneeinterzeption

Neue Konzeption für Schnee im Wald, mit maßgeblichen Prozessen:

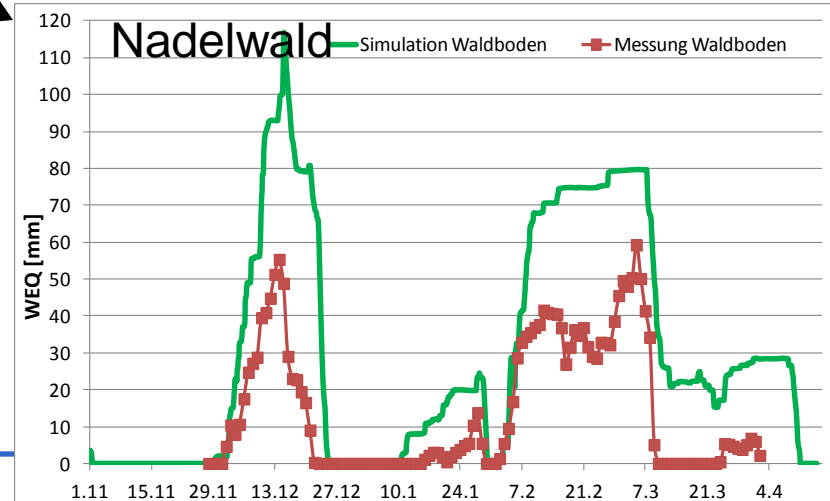
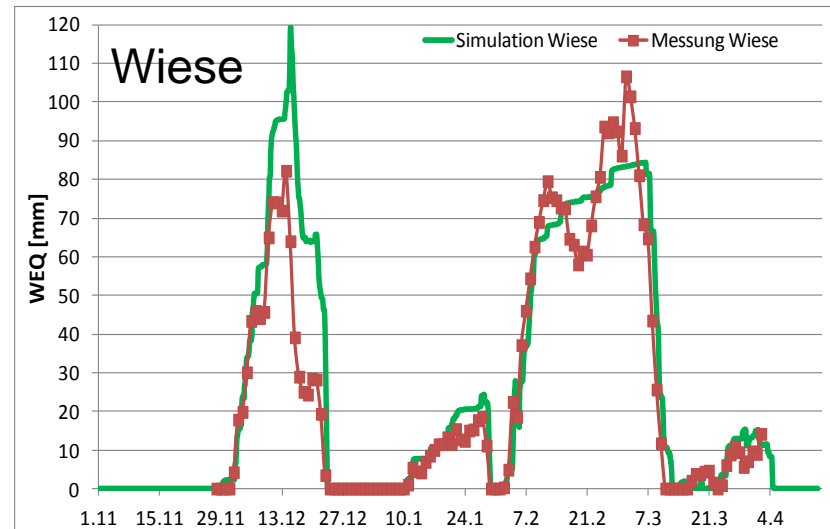
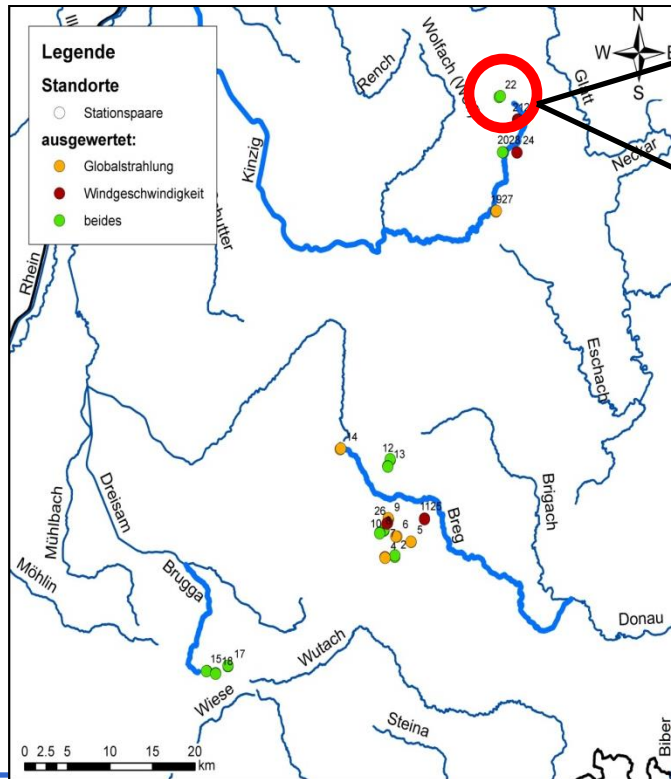


Schneeinterzeption

Beispielhafte Anwendung für Schwarzwald-Standort

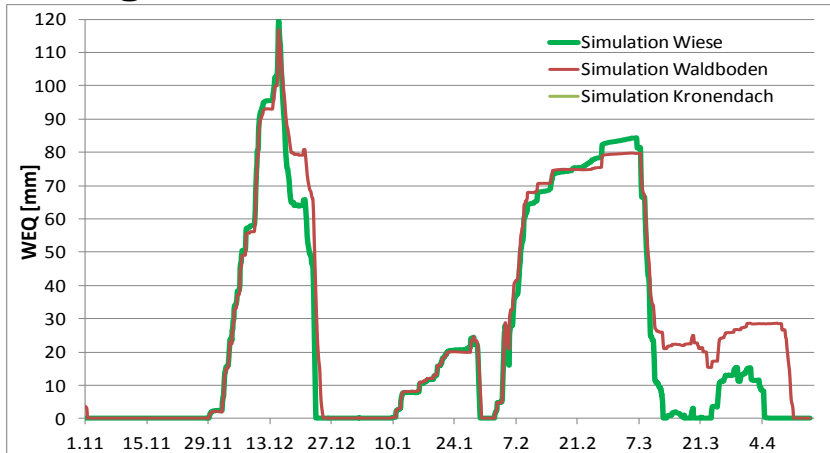
Schwarzwald: Oberlauf der Kinzig
800 m ü. NN
Wiese - Nadelwald
Winter 2012/2013

Original LARSIM

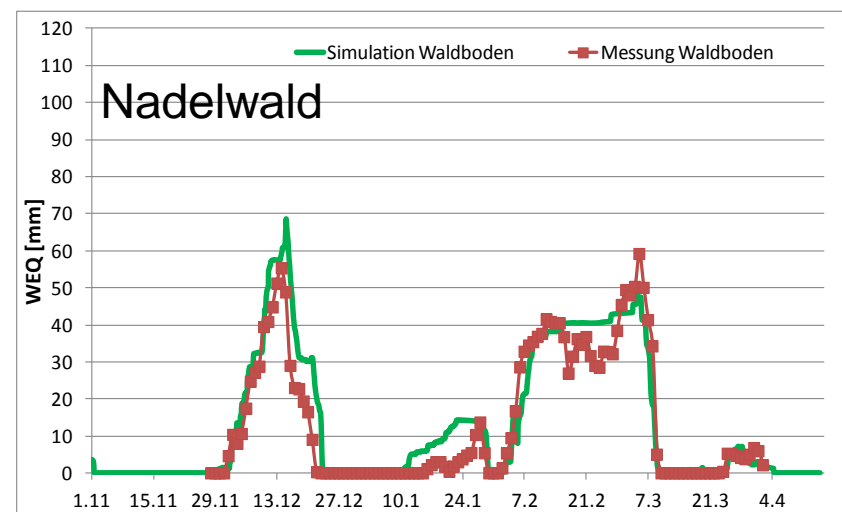
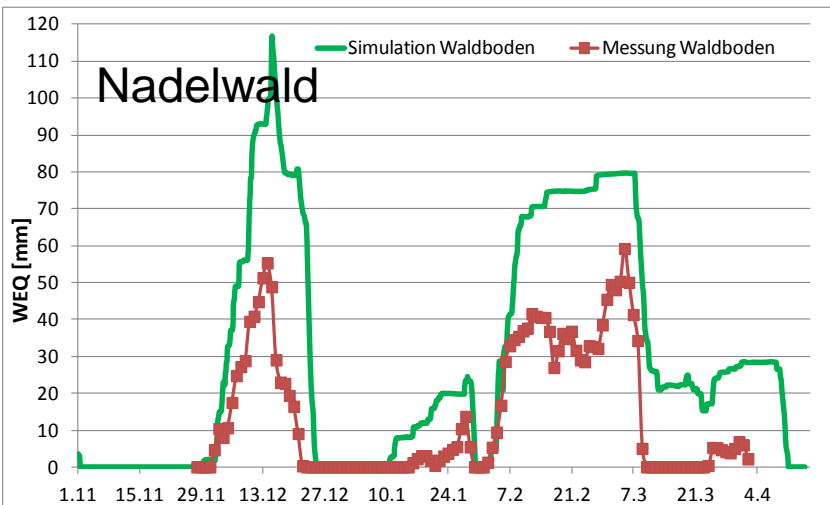
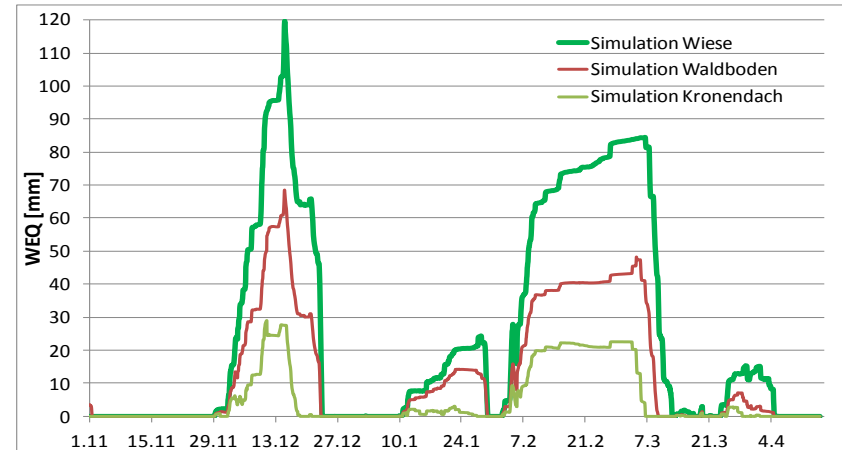


Schneeinterzeption

Original LARSIM

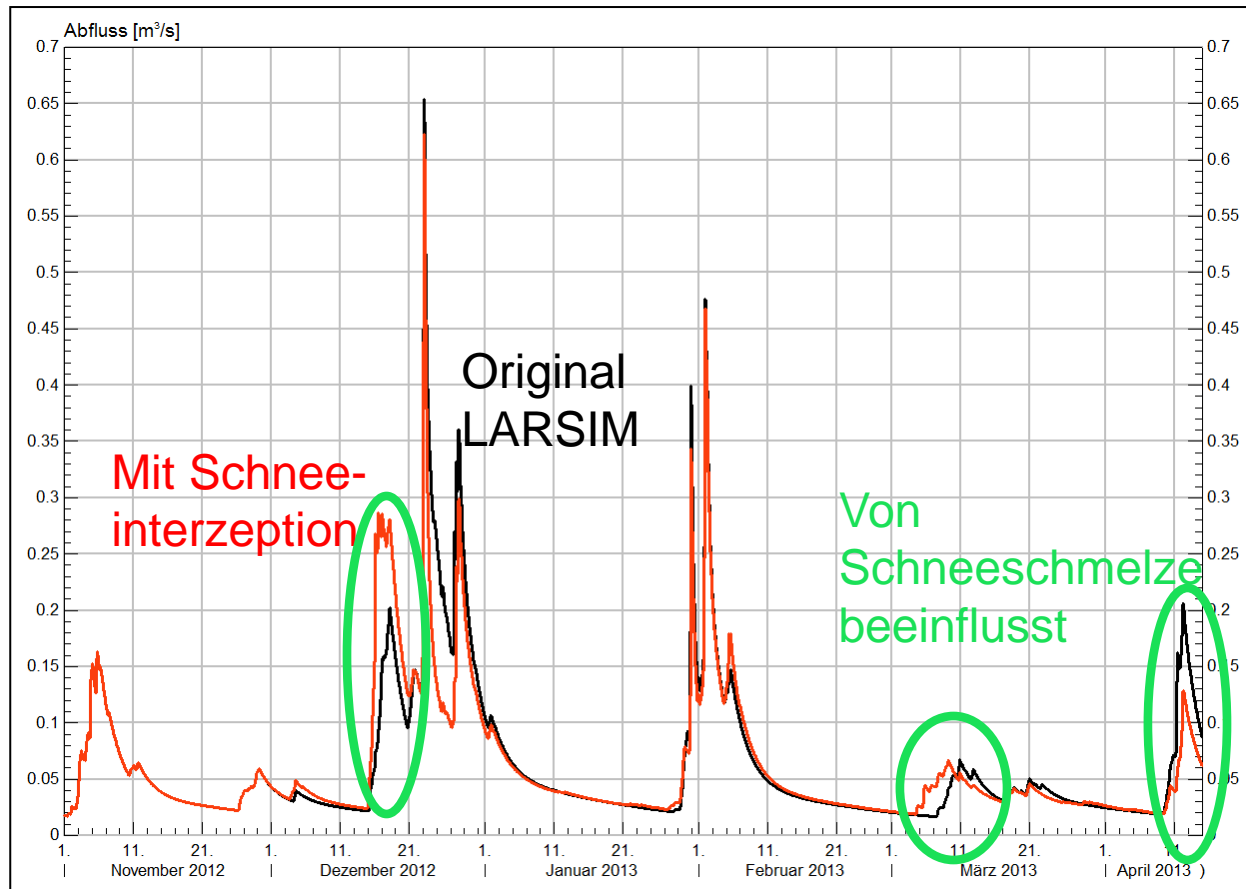


Mit Schneeinterzeption



Schneeinterzeption

Wirkung auf den Abfluss



Schneeinterzeption

Anwendung:

- Option: SCHNEEINTERZEPTION
- Einzelparameter für die Interzeptionskapazität + empfohlene Werte
SCHNEEINZ KAPAZITAET 8.0 1.5
- Einzelparameter für die Interzeptionsrate + empfohlene Werte
SCHNEEINZ RATE 0.2 0.02 0.003

Zusammenfassung

Energiebilanz unter Wald:

- Lineare Reduktion Wind und Strahlung als $f(\text{LAI})$ generell geeignet
- Ausmaß der Reduktion über optionale Einzelparameter steuerbar
 - Empfohlene Werte für gängige LANU.PAR und Ergebnisse im Schwarzwald
 - Kompatibilität mit unterschiedlichen LANU.PAR
(Entflechtung von Verdunstungsberechnung)

Schneeinterzeption:

- Realistische Abbildung von Schneeinterzeption und Sublimation im Wald
- Maßgeblich für Schneedynamik in Waldgebieten
- Nicht mehr zu viel Schnee und zu spätes Schmelzen im Wald
- Schneebeeinflusste Abflusssdynamik für Waldgebiete realistischer
- Empfehlungen für Werte der Einzelparameter bei gängiger LANU.PAR und Ergebnisse im Schwarzwald
 - ➔ Neuerungen bewirken Verbesserung aber keine Wunder
 - ➔ Anwendung wird empfohlen

Besten Dank an Dr. Stefan Pohl (Universität Freiburg) für die Bereitstellung der Schneemessdaten.

MERCI pour votre attention!

DANKE für Ihre Aufmerksamkeit!

Schneeinterzeption: Theorie

Schneeinterzeptionskapazität

Zur Parametrisierung der Option SCHNEEINTERZEPTION wurden die beiden Einzelparameter SCHNEEINZ KAPAZITAET und SCHNEEINZ RATE in LARSIM eingeführt. Der Parameter SCHNEEINZ KAPAZITAET steuert die maximale Schneeinterzeptionskapazität als lineare Funktion des Blattflächenindex (LAI) mithilfe der zwei Parameterwerte $a0_{simax}$ und $a1_{simax}$:

$$P1_{simax} = a0_{simax} + a1_{simax} \cdot LAI$$

mit:

$P1_{simax}$ [mm] Parameter zur Berechnung der Schneeinterzeptionskapazität als Funktion des LAI

LAI [] Landnutzungsspezifischer Blattflächenindex des Modells

$a0_{simax}$ [mm] Erster Parameterwert von SCHNEEINZ KAPAZITAET

$a1_{simax}$ [mm] Zweiter Parameterwert von SCHNEEINZ KAPAZITAET

Um zu berücksichtigen, dass kalter, trockener Schnee geringere Adhäsionskräfte hat als wärmerer Schnee, wird ein zweiter Parameter $P2_{simax}$ berechnet, der als Stufenfunktion in Abhängigkeit der aktuellen Lufttemperatur (zum Zeitpunkt des Schneefalls) definiert wird:

$$P2_{simax} = 2.0 \quad \text{bei } TLU > -1^{\circ}\text{C}$$

$$P2_{simax} = 2.5 + 0.5 \cdot TLU \quad \text{bei } -1^{\circ}\text{C} \geq TLU \geq -3$$

$$P2_{simax} = 1.0 \quad \text{bei } TLU < -3^{\circ}\text{C}$$

mit:

$P2_{simax}$ [] Parameter zur Berechnung der Schneeinterzeptionskapazität als Funktion der Lufttemperatur

TLU [$^{\circ}\text{C}$] Lufttemperatur

Damit ist die Schneeinterzeptionskapazität bei Temperaturen über -1°C doppelt so hoch wie bei Temperaturen unter -3°C . Im Bereich dazwischen wird linear interpoliert. Damit ist es möglich, dass die Interzeptionskapazität infolge sinkender Temperaturen überschritten wird, ohne dass aktuell Niederschlag fällt. In diesem Falle wird angenommen, dass der bereits im Kronendach befindliche Schnee festfriert und somit zunächst im Interzeptionsspeicher verbleibt. Zusätzlich fallender Schnee kann dann aber nicht im Kronendach zurückgehalten werden.

Die aktuelle Schneeinterzeptionskapazität ergibt sich letztlich aus dem Produkt der beiden Parameter:

$$\text{snowint_max} = P1_{simax} \cdot P2_{simax}$$

Schneeinterzeption: Theorie

Schneeinterzeptionsrate

Die variable Interzeptionsrate wird in LARSIM über den Parameter SCHNEEINZ RATE anhand von drei Werten parametrisiert. Die Anhängigkeit der Interzeptionsrate vom Bestand wird mithilfe der zwei Parameterwerte $a0_{sirate}$ und $a1_{sirate}$ als lineare Funktion des LAI berechnet:

$$P1_{sirate} = a0_{sirate} + a1_{sirate} \cdot LAI$$

mit:

- $P1_{sirate}$ [] Parameter zur Berechnung der Schneeinterzeptionsrate als Funktion des LAI
- $a0_{sirate}$ [] Erster Parameterwert von SCHNEEINZ RATE
- $a1_{sirate}$ [] Zweiter Parameterwert von SCHNEEINZ RATE

Um die Abhängigkeit der Interzeptionsrate vom bereits zuvor interziptierten Schnee auszu-drücken, wird ein zweiter Parameter mithilfe des dritten Werts von SCHNEEINZ RATE ($b1_{sirate}$) berechnet:

$$P2_{sirate} = b1_{sirate} \cdot WEQ_{intz}$$

mit:

- $P2_{sirate}$ [] Parameter zur Berechnung der Schneeinterzeptionsrate als Funktion des bereits interziptierten Schnees
- $b1_{sirate}$ [] Dritter Parameterwert von SCHNEEINZ RATE
- WEQ_{intz} [] Wasseräquivalent des bereits interziptierten Schnees

Bis zum Erreichen der Interzeptionskapazität nimmt somit die Interzeptionsrate mit der Menge des bereits interziptierten Schnees zu.

Die aktuelle Schneeinterzeptionsrate ergibt sich dann aus der Summe der Parameter $P1_{sirate}$ und $P2_{sirate}$, wobei ein Wert von 1 nicht überschritten werden darf:

$$snowint_rate = \min(P1_{sirate} + P2_{sirate}, 1)$$