

Regionales Wassermanagement im Obstbau – Digitale Lösungen und praktische Anwendungen der Mitteldeutschen Zukunftsregion MIRO



Hannes Mollenhauer¹, Thomas Ohnemus¹, Simon Paasch¹, Marco Hofmann², Rikard Graß¹, Hannah Boedeker¹

¹Department Monitoring- und Erkundungstechnologien, Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH – UFZ, Leipzig

² Professur für allgemeinen Weinbau, Hochschule Geisenheim University, Geisenheim

BZL-Web-Seminar online 11.09.2025

Gefördert durch:



Bundesministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Heimat Projektträger

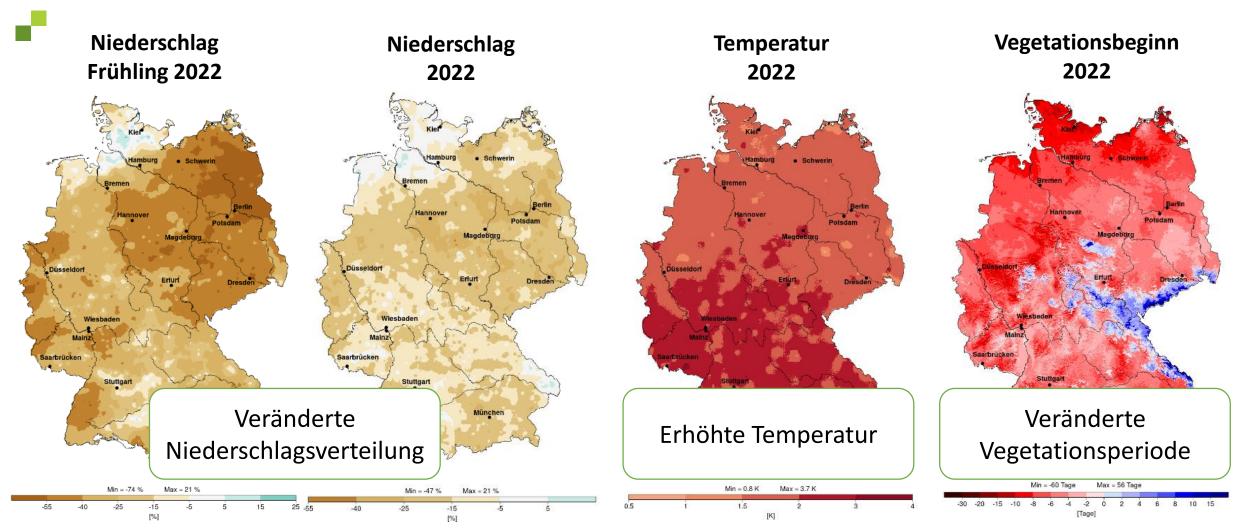


Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Wasserbedarf im Apfelbau

Herausforderungen der Zukunft und langfristige Handlungsoptionen







Regionales Wassermanagement

Entscheidungsunterstützung für Betriebe und Versorger





Abbildung: Auswirkungen von Trockenstress auf den Tafelapfelanbau. (Quelle: Girona et al., 2025)

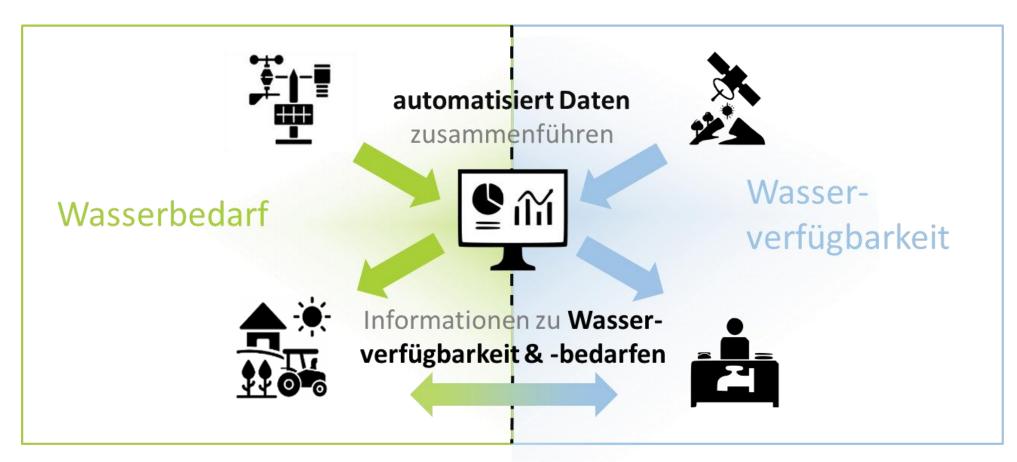
- Pflanzenstresssituationen durch
 Wasserversorgung sind mannigfaltig in räumlicher und zeitlicher Ausprägung
- kurz-, mittel- und langfristige
 Handlungsoptionen sind oft begrenzt bzw.
 müssen präventiv ergriffen werden
- Sensoren und Modelle liefern detaillierte Informationen von der Einzelpflanze bis zum Gesamtbestand und die Auswertung erfolgt nahezu automatisch und in Echtzeit
- Unterstützung bei nachhaltiger, ressourcensparender und klimaverträglicher Bewirtschaftung



Regionales Wassermanagement

Demonstrator mit Grafik und Stichpunkten erläutert





Informieren von Betrieben und behördlichen Strukturen



Projekt MIRO

Anwendungsfelder























(Quelle: Eigene Darstellung)

Assistenzsystem
Obstverarbeitung











LOGISTIK











Wasserbedarfsvorhersage erfolgt mit Wettervorhersagen und basierend auf Klimaprojektionen



Messung

Erfassen der Pflanzenreaktion

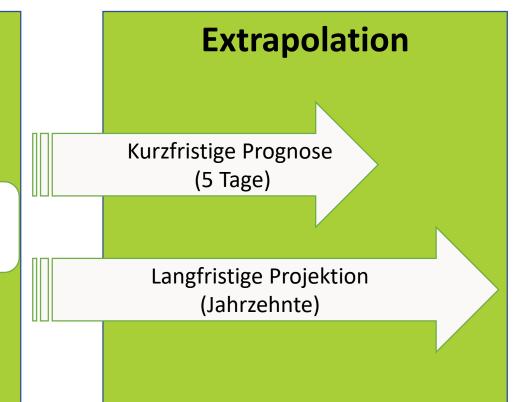
Erfassen der Wetterbedingungen

Erfassen des Bodenwasserhaushalts



Modellierung

Transpirations- und Wasserhaushaltsmodellierung





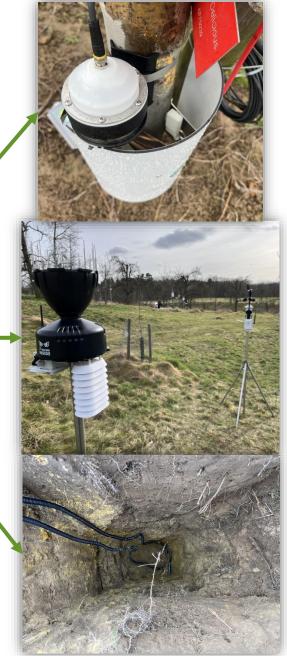


Messung

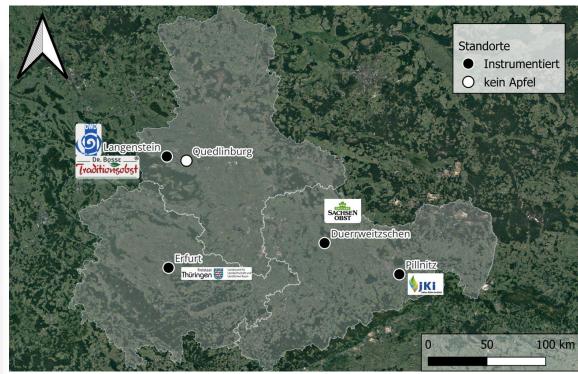
Erfassen der Pflanzenreaktion

Erfassen der Wetterbedingungen

Erfassen des Bodenwasserhaushalts

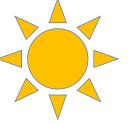


Messung des Wasserbedarfs findet mit Partnern aus Praxis und Forschung statt





Modellansatz zur Bestimmung des Wasserhaushalts von Sonderkulturen



$ET_{aktuell} = T_{Obst} + E_{offen} + ET_{Begrünung}$

Obst:

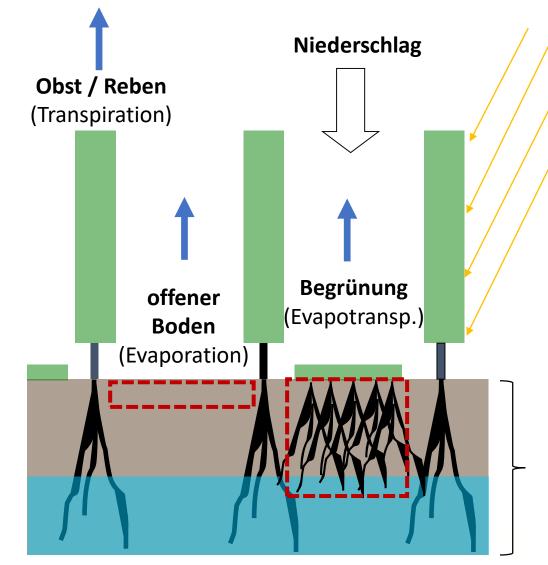
Wurzeln je nach Gründigkeit bis 2 m Tiefe

Offener Boden:

Verdunstung aus den oberen 10 -15 cm

Begrünung:

Wurzeln bis in 1 m Tiefe



nutzbare Feldkapazität

(Quellen: Lebon et al. 2003; Celette et al. 2010; Hofmann et al. 2014)

Modellansatz zur Bestimmung des Wasserhaushalts von Sonderkulturen



Wie wird die Verdunstung aufgeteilt?

Durch die **Grasreferenzverdunstung** als **Größe** für die **potenziell mögliche Verdunstung**

Grasreferenzverdunstung wird so aufgeteilt, wie sich auch die Sonnenstrahlung auf Bäume und Boden aufteilt. (wo mehr Energie eintrifft ist die Verdunstung größer)

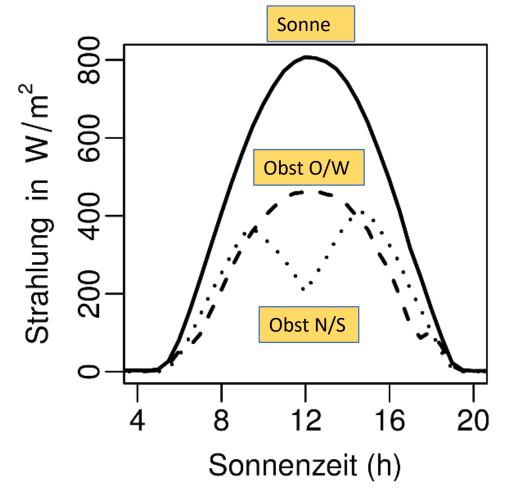


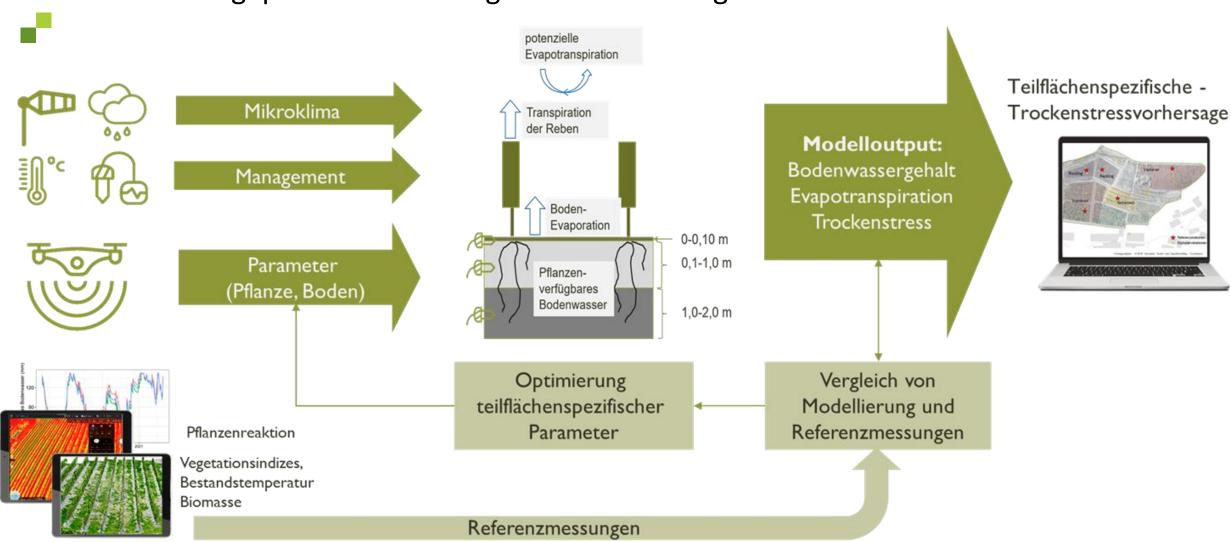
Abbildung: Strahlungsaufnahme für verschiedene Zeilenausrichtungen.

(Quelle: Hofmann et al., 2016)



Skalenübergreifendes Trockenstressmonitoring

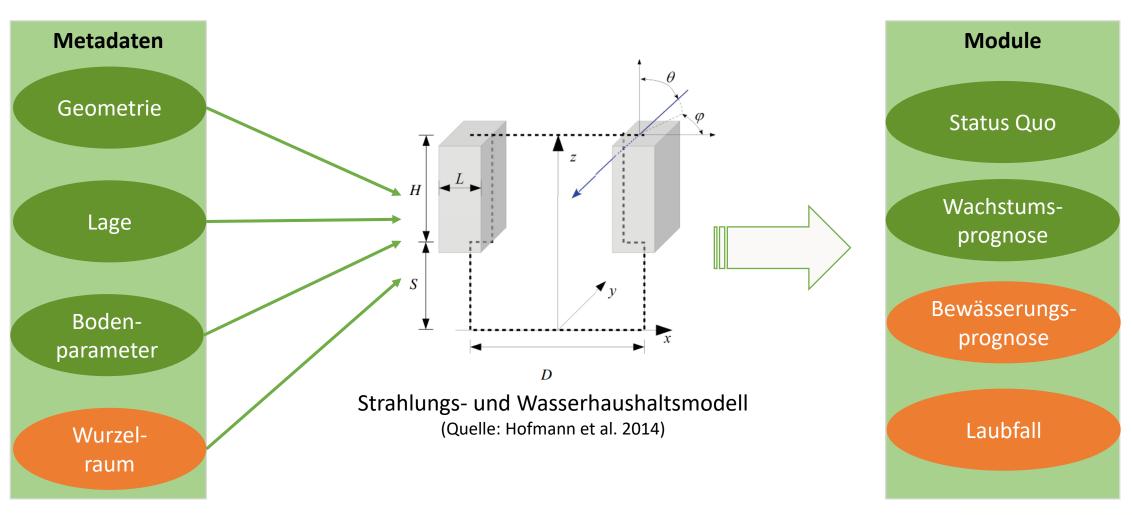
Betriebsangepasstes Messdesign und Monitoring

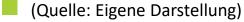




Die Wasserbedarfsmodellierung erfolgt mit einem Strahlungs- und Wasserhaushaltsmodell









Die Geometrieentwicklung der Laubwand kann ab Austrieb modelliert werden

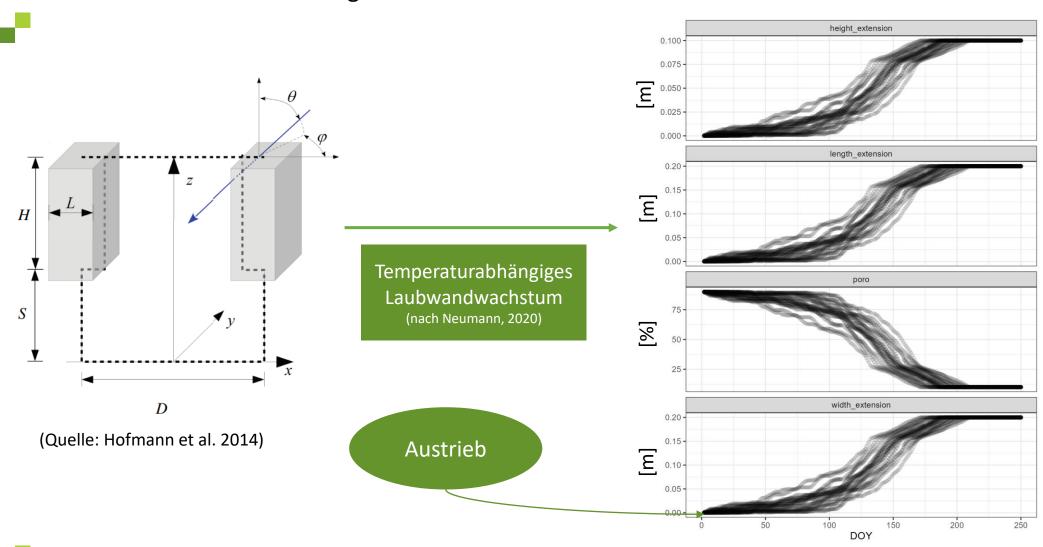
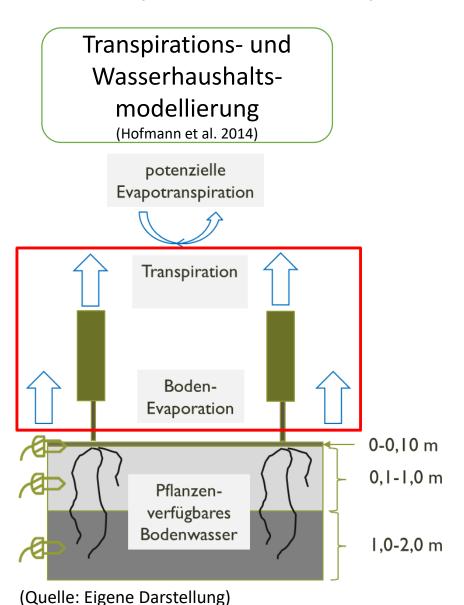
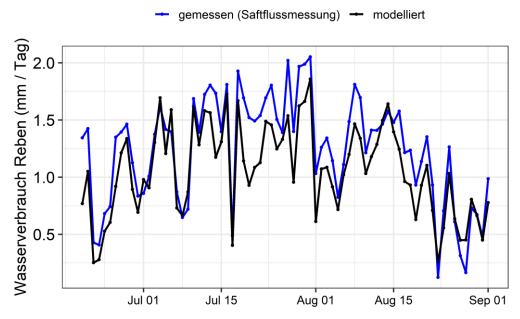


Abbildung: Modellierte Laubwandwachstum für diverse Apfelanbauflächen. (Quelle: Eigene Darstellung)

Teilflächenspezifische Modellparametrisierung des Strahlungshaushalts



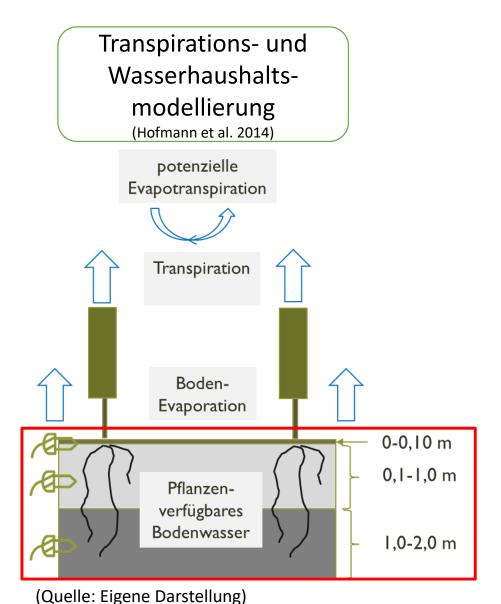
Modellvalidierung und - kalibrierung



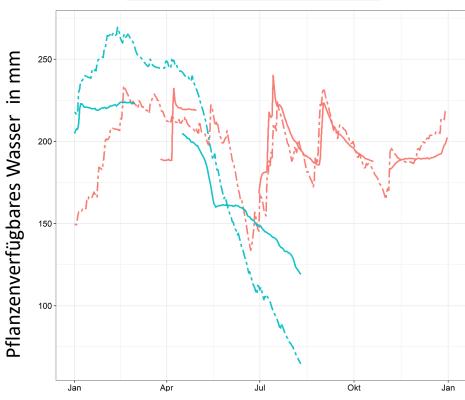
Vergleich gemessener (Saftfluss nach Granier, Tagessumme) und modellierter Wasserverbrauch der Kultur (Seußlitz, Juli – Sept. 2021). (Quelle: Eingene Dartstellung)



Teilflächenspezifische Modellparametrisierung des Wasserhaushalts



Modellvalidierung und - kalibrierung



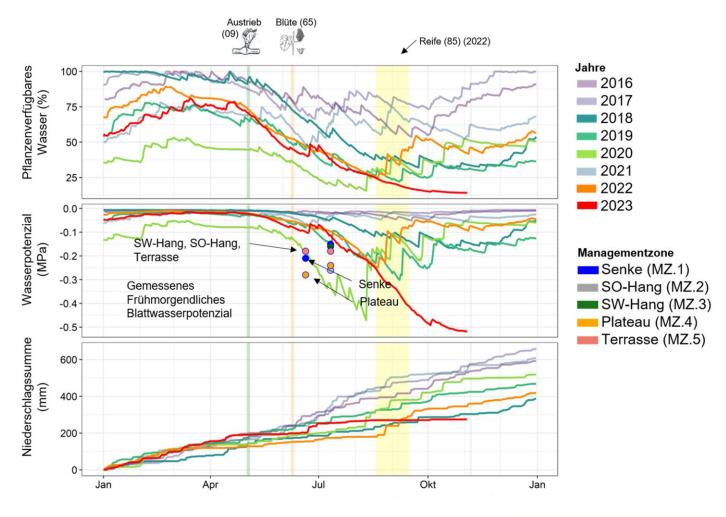
Vergleich gemessenes und modelliertes* pflanzenverfügbares Bodenwasser (Managementzone 3, April 2021 – August 2022). (Quelle: Eigene Darstellung)

Wasserverfügbarkeit im Weinberg variiert zeitlich und kleinräumig



Links: Monitoring von Wasserhaushalt und Mikroklima in Seußlitz entsprechend Anforderungsanalyse. Drohnenaufnahme 23.6.2021 (DGM, NDVI). (Quelle: Eigene Darstellung)

Rechts: Modellvorhersagen des Wasserpotenzials, pflanzenverfügbares Bodenwasser sowie gemessene Niederschlagssummen in Seußlitz von 2016 – 2023 für die Managementzone 3. (Quelle: Eigene Darstellung)





Wasserverfügbarkeit im Weinberg variiert zeitlich und kleinräumig



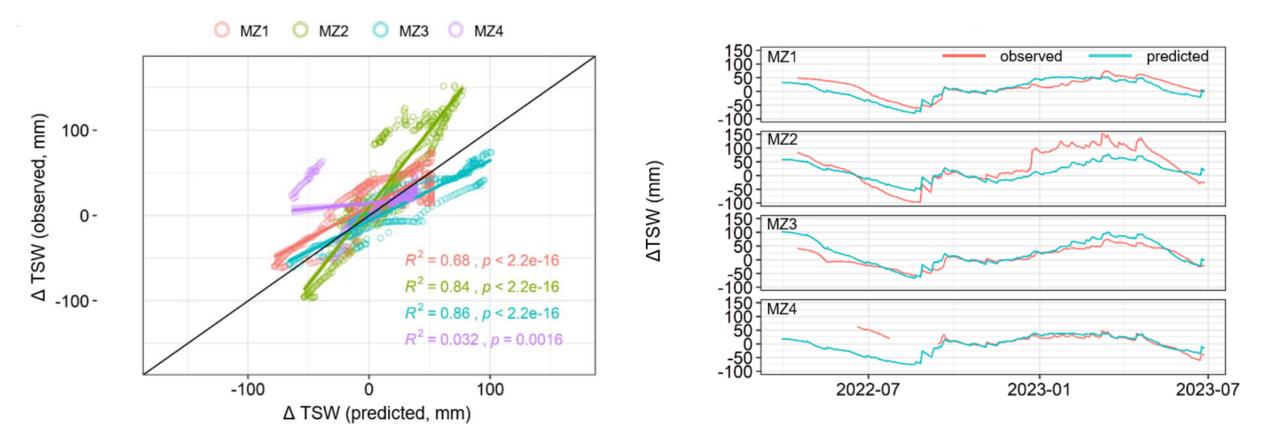


Abbildung: Gemessenes vs. modelliertes Bodenwasser für die verschiedene Managementzonen (Quelle: Eigene Darstellung)



Crop Water Stress Index als kontaktlose Bestimmung von Trockenstress



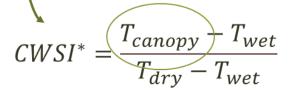
Etablierte Verfahren

zur Bestimmung von — Trockenstress im Weinbau

arbeitsintensiv (Scholander-Kammer) oder nur punktuell (Sensornetzwerk)

Drohnengestützte IR-Luftbildaufnahmen + —— Sensornetzwerk Hohe **zeitliche** und **räumliche Auflösung** von Trockenstress

Punktuelle Messungen nicht gut angepasst an **Steillagenweinbau** mit **hoher Heterogenität** der Flächen



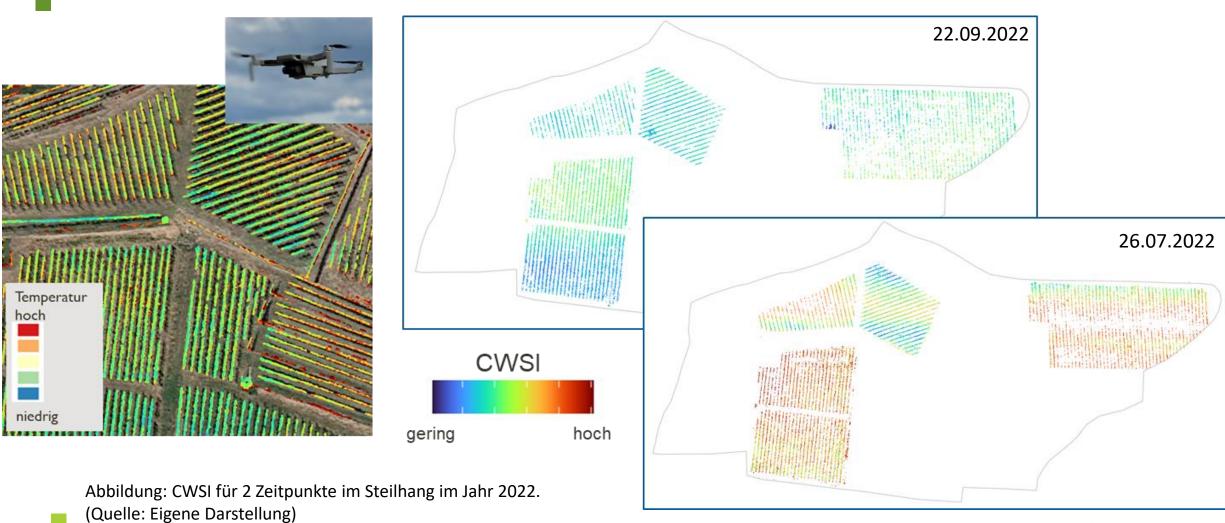
Oberflächentemperatur der Reben aus UAV-Bildaufnahmen als Indikator für Trockenstress

$$CWSI^* = \frac{T_{canopy} - T_{wet}}{T_{dry} - T_{wet}}$$

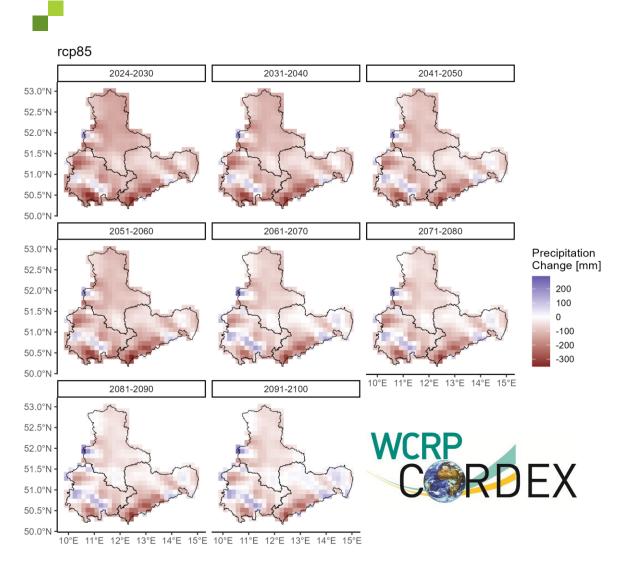
Normalisierung des Indexes, modelliert aus sensorbasierten Mikroklimadaten



Flächendeckende CWSI-Bestimmung im Steilhang



Langfristige Prognosen: Bsp. Spätfrostrisiken für diverse Sorten mittels Klimaprojektionen



Cultivar	Usage	Market Share 2023	Observations		
			Bud Break	Bloom Start	Fullbloom
Berlepsch	Dessert, Cider		923	962	945
Bohnapfel	Cider, Dessert		455	471	460
Boskoop	Dessert, Cider	2.5 %	12,792	13,378	13,200
Brettacher	Cider		622	660	648
Champagner Renette	Dessert, Cider		155	153	153
Discovery	Dessert		227	229	228
Glockenapfel	Dessert		275	281	277
Gloster	Dessert		451	486	486
Golden Delicious	Dessert	1.3 %	989	1,047	1,021
Helios	Dessert		498	522	513
Idared	Dessert	1.1 %	925	955	945
Jonagold	Dessert	4.9 %	1,084	1,132	1,118
Jonathan	Dessert		700	716	710
Lodi	Dessert		127	130	130
Mantet	Dessert		229	223	223
Ontario	Dessert, Cider		2,419	2,518	2,486
Pinova	Dessert	3 %	129	132	132
Piros	Dessert, Cider		163	169	169
Stark Earliest	Dessert		387	392	386
Starking	Dessert		67	65	66
Vista Bella	Dessert		415	475	465
Weisser Klarapfel	Dessert		17,800	18,507	18,211
Winterrambur	Dessert,		594	649	640
	Cider				
Other			13,198	14,313	13,807
Total			55,624	58,565	57,419



Frühjahrsphänologie-Modelle für Apfelsorten aus gemäßigten Klimazonen – 2 grundlegende Fragen



Erstellen von genauen Modellen?

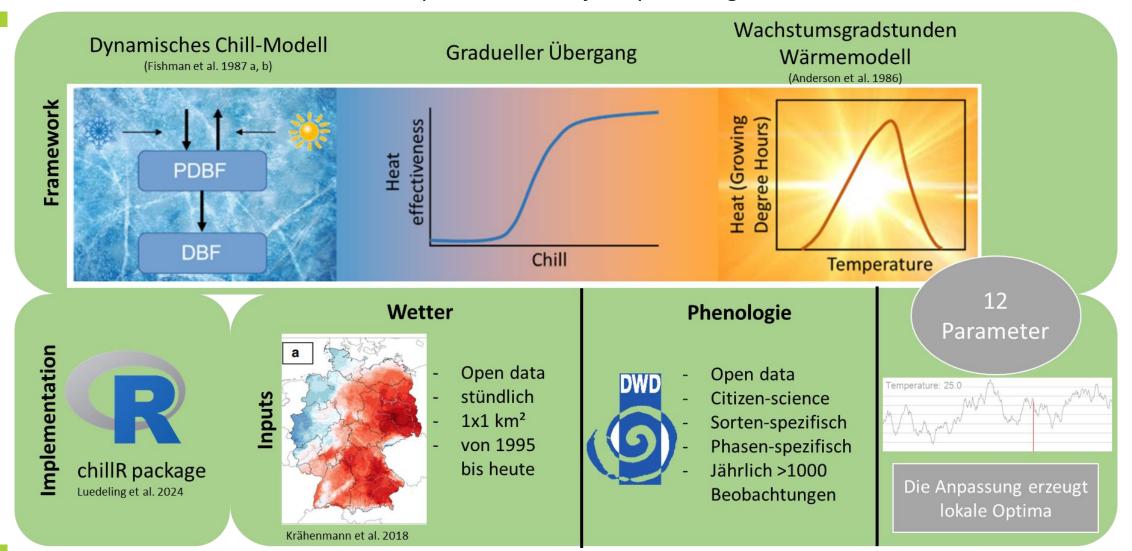
bspw. Modelle, die die Daten gut beschreiben

Erstellen von realistischen Modellen?

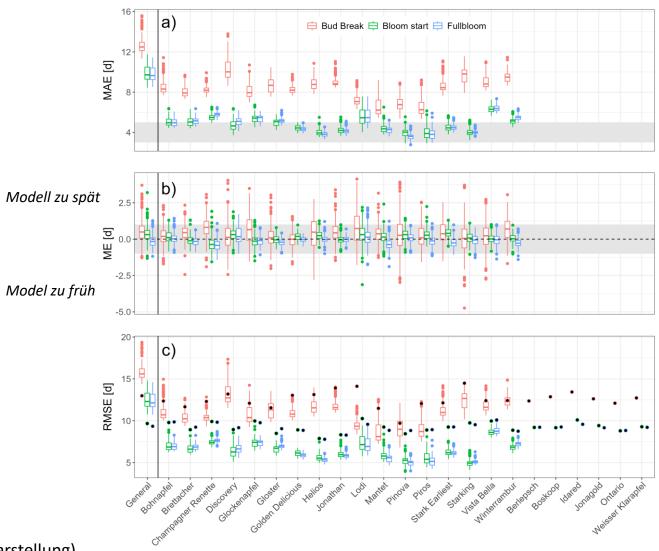
d.h. Modelle, die physiologische Prozesse gut beschreiben



Einsatz von PhenoFlex, um sortenspezifische Frühjahrsphänologie-Modelle zu erstellen



Modelanalyse für 500 Modelläufe zur Optimierung der 12 Parameter



Genaues Modell?

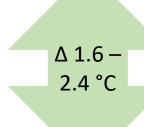


Annäherung eines realistischen Modells



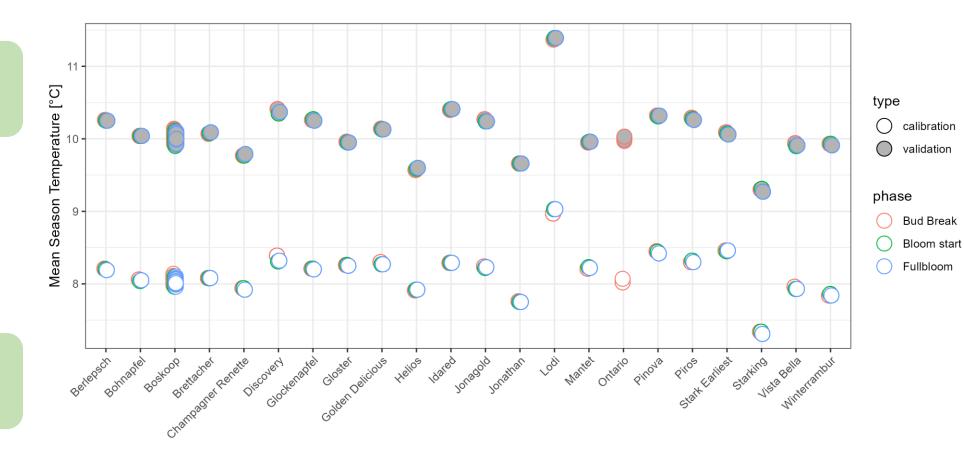


25 % wärmsten Saisons



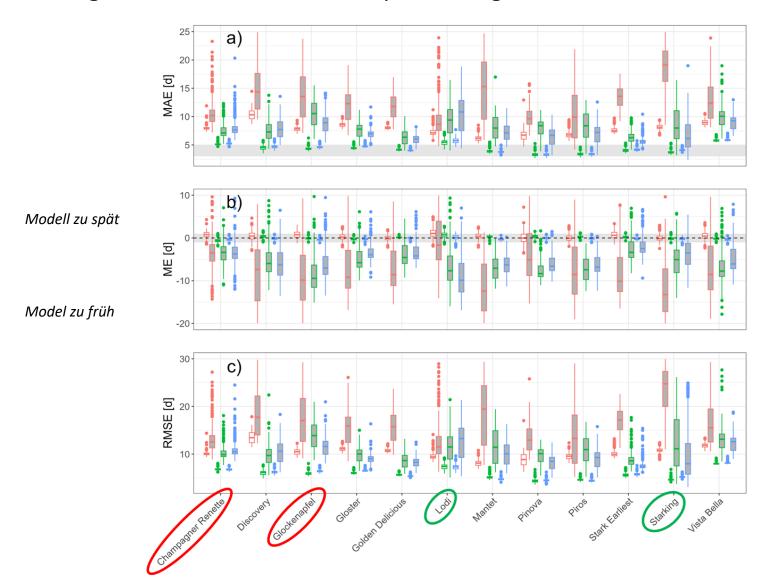
Kalibrierungsdatensatz

75 % kälteste Saisons





Validierung der 500 Modelläufe zur Optimierung der 12 Parameter



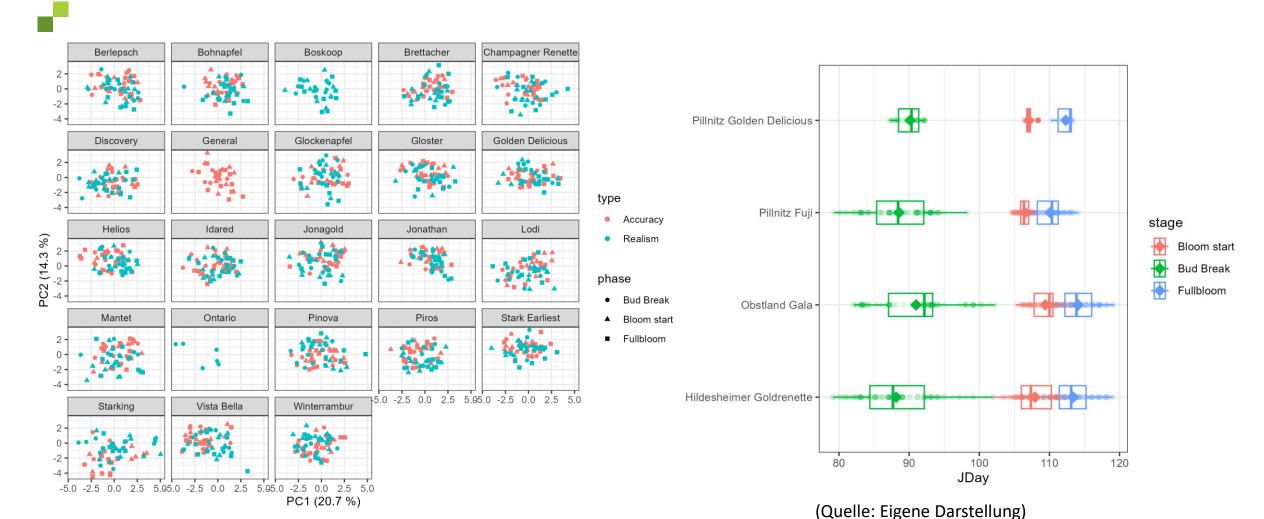




(Quelle: Eigene Darstellung)

🛱 calibration 🖨 validation

Genauigkeit variiert je Sorte bzw. entsprechender Parametrisierung

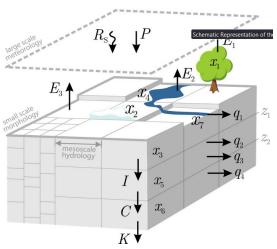




Wie kann das Grundwasser modelliert werden?



Physikalische Modelle



(Quelle: Samaniego-Eguiguren et al., 2021)

- + bildet reale Prozesse nach
- + wissenschaftlich fundiert
- Daten- und rechenaufwändig

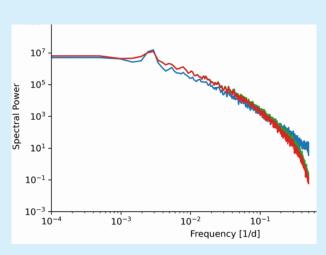
Datengetriebe Modelle



(Quelle: TheDigitalArtist - pixabay.com)

- + schnelles Einsatz möglich
- + gute Ergebnisse
- wenig wissenschaftliche Grundlage

Analytische Modelle



- + wenige Daten nötig
- + mathematisch fundiert
- Vereinfachung der Realität



Die Wasserverfügbarkeit mit Modellierung von Grundwasserpegeln abbilden



Wasserverfügbarkeit

Bilanzierung der GW-Neubildung (physikalisches Modell) und Entnahmen

Entnahmen nicht zeitlich über das Jahr aufgelöst, sondern jährliche Mengen

Konzept: Wasser verfügbar wenn keine Entnahmeverbote

- Untere Wasserbehörden
- Regionaler Wasserhaushalt
 - = Pegelstände



Modellierung von Grundwasserpegeln

Landwirtschaftliche Bewässerung meist aus GW (Mitteldeutschland)



Gute Datengrundlage



Weniger Daten als bei physikalischen Modellen nötig

Modell Prognose von Entnahmeverboten



Aus dem Modell mit Annahmen zwei Aquifer Parameter bestimmen

vertikale Wasserbewegung << horizontale = 0</pre> h_0 : konstant da Änderungen << (h(x,t)) W: größter Einfluss auf h(x,t) **Analytisches Modell** Und mehr... Liang und Zhang (2013) Aquifer Parameter River Transmissivität/ Speicherfähigkeit Durchlässigkeit (Quelle: Liang und Zhang, 2013)

Wetterprognosen => Grundwasserneubildungsprognosen => GW Pegelstandsprognosen



Es werden drei Datensätze für das Modell benötigt

Zeitreihen Grundwasserpegel



Historie und Prognose Grundwasserneubildung



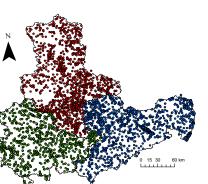
Digitales Höhenmodell

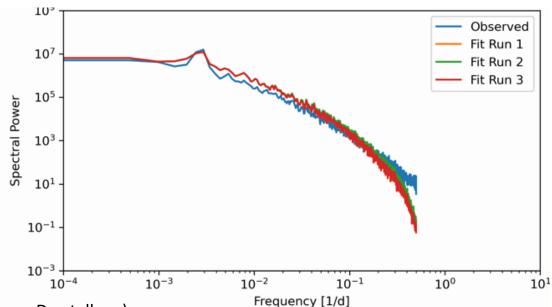
GIS-Dienste der Länder Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen (insg. < 3000 Messtellen)

MesoskaligesHydrologisches Modellbspw. (mHm) - UFZ

Ableiten von Fließpfaden

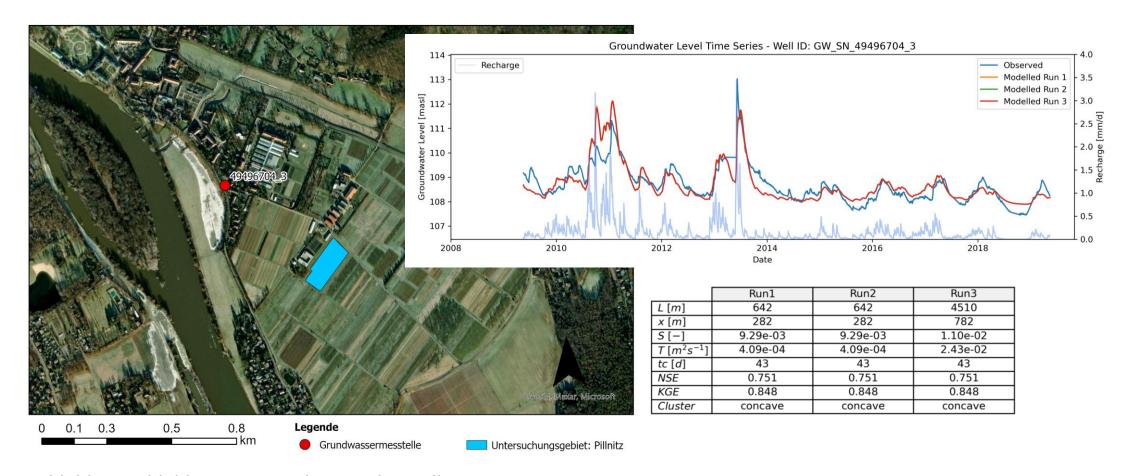
Lange Zeitreihen (10 – 50 Jahre) vorhanden. Nötige Länge abhängig von Aquifergröße

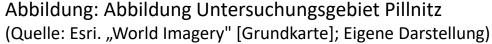






Modellergebnisse aus dem Untersuchungsgebiet in Pillnitz



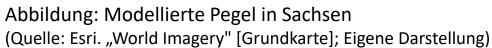


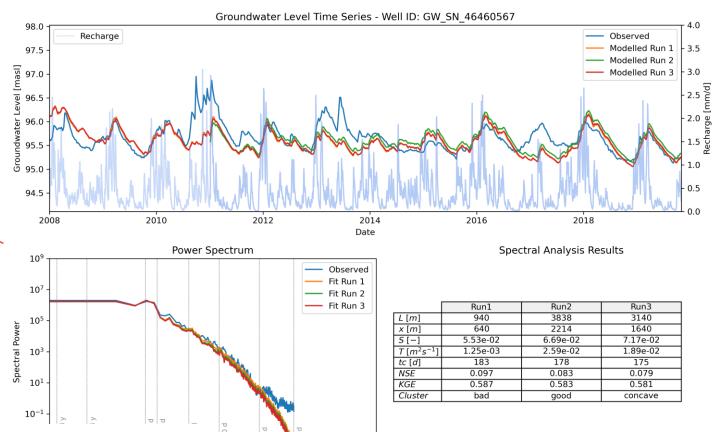


Modellergebnisse Nordsachsen











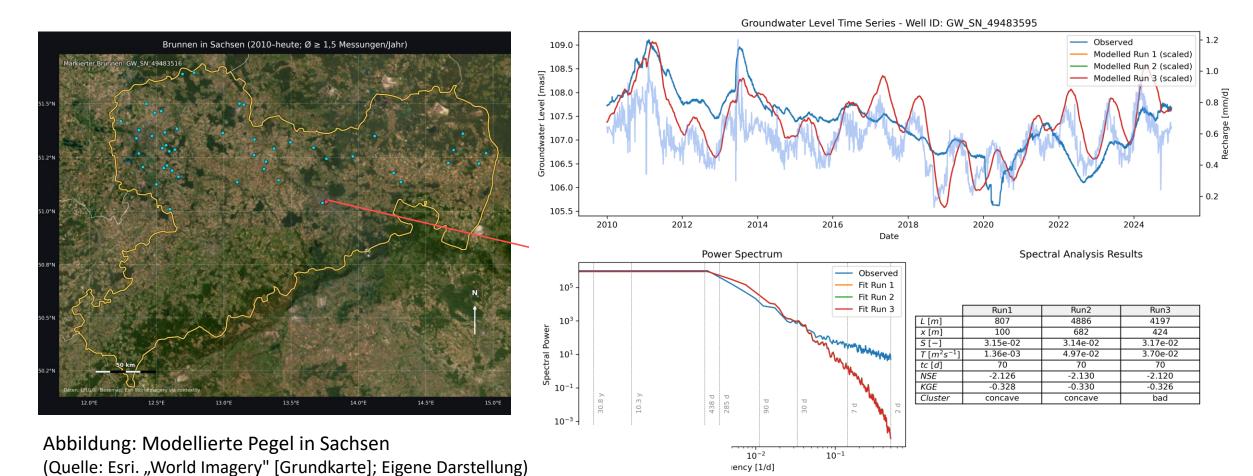
 10^{-1}

ency [1/d]

10°

Modellergebnisse Mittelsachsen







Aufbau einer Plattform für Vorhersagen



- 1 Grundwasserpegel
- 2 Grundwasserneubildung
- 3 Digitales Höhenmodell



Analytisches Modell + Spektral Analyse



Datenbereitstellung über ein WebGIS

Interaktive Karte Vorhersage Grundwasserstand © und Vorhersage Relative Anderung Modeligüte Vorhersagegüte 84,5 84,5 84,5 82,5 01,04,2024 01,07,2024 01,10,2024 01,01,2025 01,04,20

Abbildung: Beispiel interaktive Karte für Grundwasserpegel (Quelle: www.gruvo.bgr.de, 2025)



Regionales Wassermanagement Ausblick



- Datenbibliothek zu diversen Geometrien/Erziehungsformen für den Strahlungshaushalt
- teilflächenspezifische Parametrisierung des Wasserhaushaltsmodells
- Automatisierte CWSI-Bestimmung mittels IR-UAV für flächendeckende Informationen
- Implementation neuer Praxisstandorte
- Wachstumsmodelle und Klimaprojektionen mit für Bewertung von Langzeitrisiken (Spätfröste, Dürren)
- Analyse der Pegelvorhersagen mit datengetriebenen Modelle (bspw. GRUVO/MENTOR)
- Aufbau einer Informationsplattform für landwirtschaftliche Akteure







