SAPHIR
SAxonian Platform for High Performance IRrigation

N. Schütze, K. Barfus, U. Grießbach, S. Kloß, P. Röhm, S. Seidel, P. Stange, M. Wagner, S. Werisch

Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

ESF Projekt SAPHIR

- ESF Förderprogramm für Nachwuchsforschergruppen
- IHM: 8 Mitarbeiter, verschiedene Disziplinen
- Ausbildung von Bewässerungsexperten durch angewandte Forschung und Entwicklung
- Projektlaufzeit: August 2012 - Dezember 2014
- Methoden- und Prototypenentwicklung

Motivation des Projekts

- Ausbildung von Fachkräften (angewandte Agrarforschung)
- Bewässerungstechnik und –management in Sachsen nicht flächendeckend auf dem Stand der Technik
- laut prognostiziertem Klimawandel Zunahme heißer, trockener Sommer und gleichzeitig Niederschlagsrückgang in der ersten Vegetationsperiode
- international steigt der Bewässerungsbedarf (Klimawandel, Bevölkerungswachstum)
- Fokus auf Tropfbewässerung

Motivation des Projekts

- Ausbildung von Fachkräften (angewandte Agrarforschung)
- Bewässerungstechnik und –management in Sachsen nicht flächendeckend auf dem Stand der Technik
- laut prognostiziertem Klimawandel Zunahme heißer, trockener Sommer und gleichzeitig Niederschlagsrückgang in der ersten Vegetationsperiode
- international steigt der Bewässerungsbedarf (Klimawandel, Bevölkerungswachstum)
- Fokus auf Tropfbewässerung

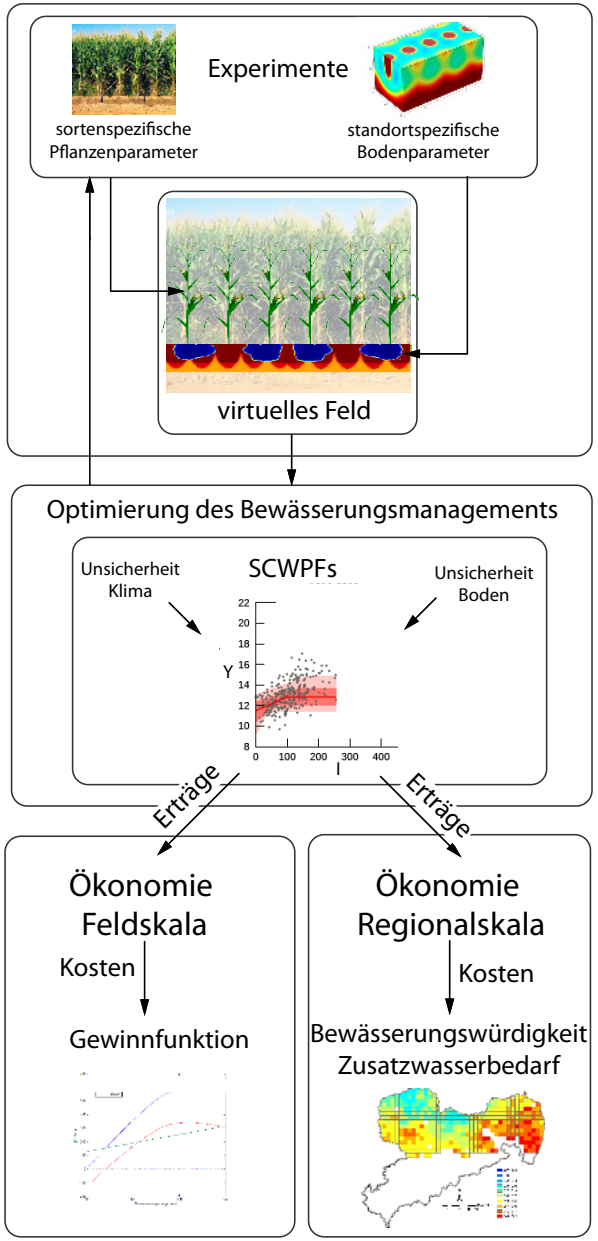
Motivation des Projekts

- Ausbildung von Fachkräften (angewandte Agrarforschung)
- Bewässerungstechnik und –management in Sachsen nicht flächendeckend auf dem Stand der Technik
- laut prognostiziertem Klimawandel Zunahme heißer, trockener Sommer und gleichzeitig Niederschlagsrückgang in der ersten Vegetationsperiode
- international steigt der Bewässerungsbedarf (Klimawandel, Bevölkerungswachstum)
- Fokus auf Tropfbewässerung

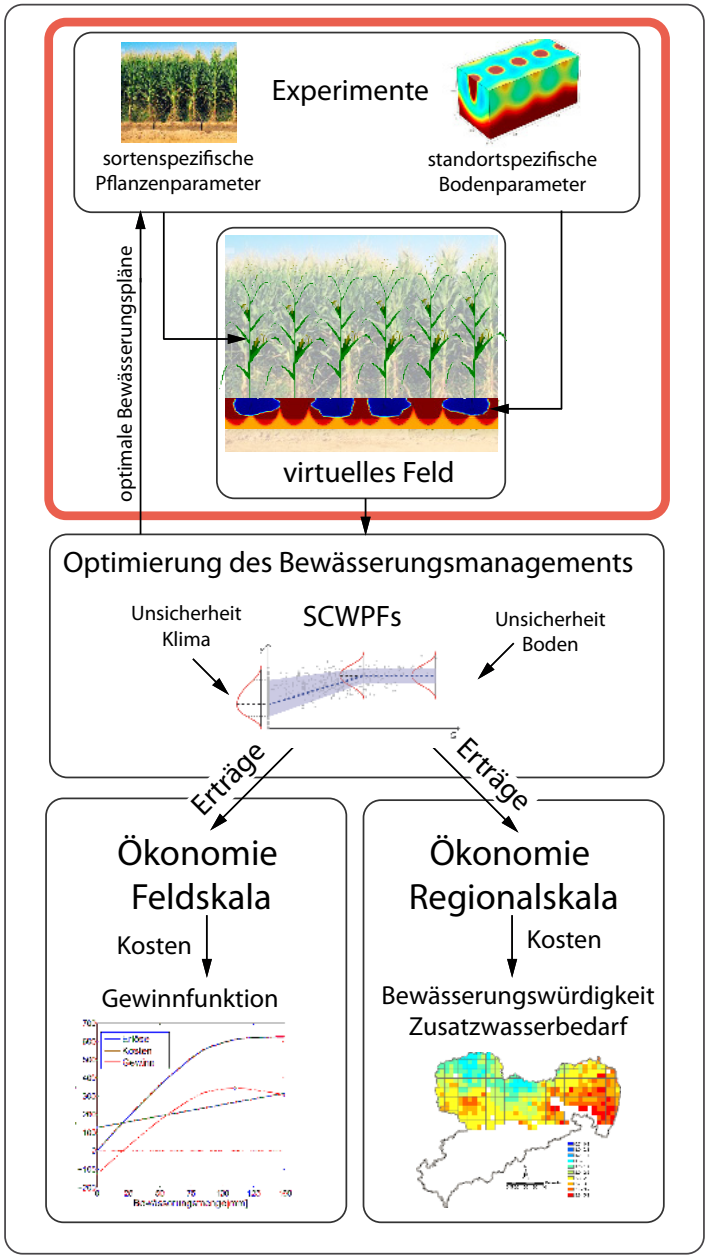
Zwei Hauptkomponenten von SAPHIR

- Entwicklung eines optimierten Bewässerungsmanagements einschließlich ökonomischer Betrachtungen für sächsische Landwirtschaftsbetriebe (virtuelles Feld)
- Entwicklung eines regionalen Informationssystems für die Ermittlung der Bewässerungswürdigkeit und Ertragssicherheit in Sachsen

Saphir - Überblick



Saphir - Virtuelles Feld und Versuche



Gliederung

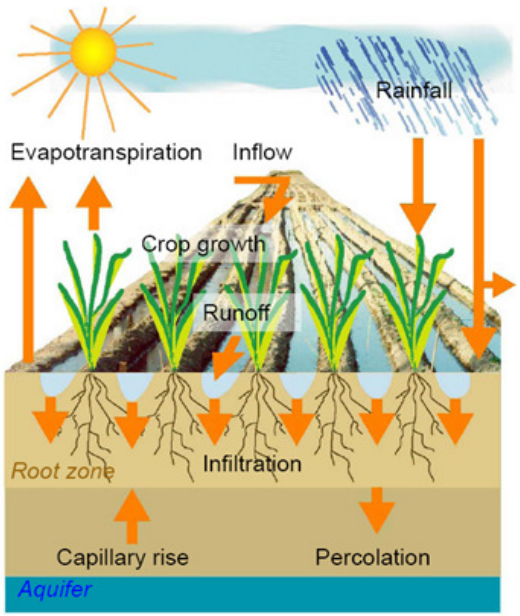
Überblick über das Projekt

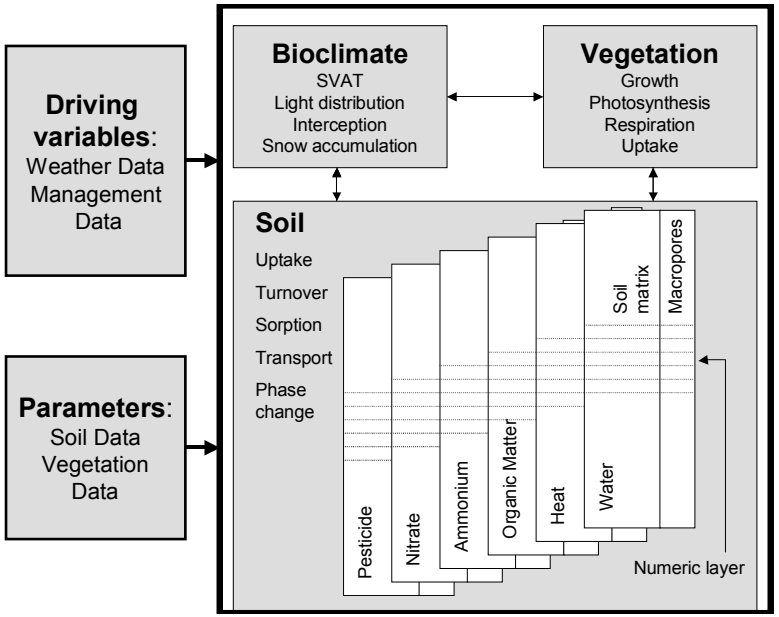
Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

Simulationsbasiertes virtuelles Feld

- Abbildung zentraler Prozesse im System Boden - Pflanze - Atmosphäre durch Modelle einschließlich der Auswirkungen verschiedener Bewirtschaftungspraktiken (z.B. Bewässerung)





Optimales Bewässerungsmanagement

1. Durchführung spezifischer **Versuche** zur Kalibrierung und Validierung der Modelle und Optimierungstechniken
2. Bereitstellung von **Pflanzenwachstumsmodellen** für Sachsen
3. Umfangreiche **Simulations- und Optimierungsrechnungen** mit dem virtuellen Feld für repräsentative Standorte in Sachsen

- Ermittlung eines **optimalen Bewässerungsmanagements**
  - Bewässerungspläne
  - Planung von Bewässerungsanlagen
  - Kosten-Nutzen-Analysen

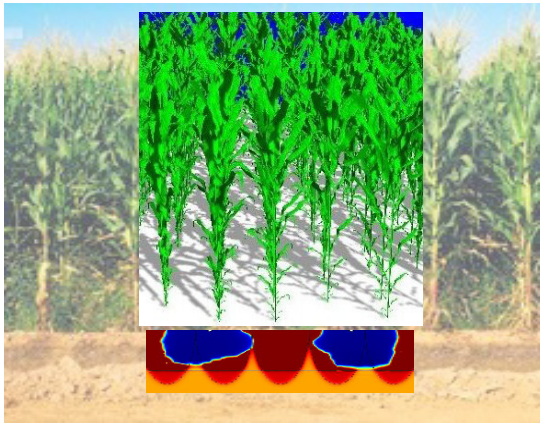
Optimales Bewässerungsmanagement

1. Durchführung spezifischer **Versuche** zur Kalibrierung und Validierung der Modelle und Optimierungstechniken
2. Bereitstellung von **Pflanzenwachstumsmodellen** für Sachsen
3. Umfangreiche **Simulations- und Optimierungsrechnungen** mit dem virtuellen Feld für repräsentative Standorte in Sachsen

- Ermittlung eines **optimalen Bewässerungsmanagements**
  - Bewässerungspläne
  - Planung von Bewässerungsanlagen
  - Kosten-Nutzen-Analysen

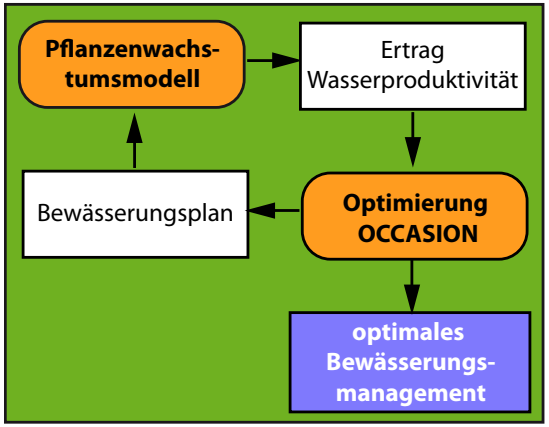
Simulationsbasiertes virtuelles Feld - Optimierung

Bewässerungssysteme der landwirtschaftlichen Praxis



Erstellung des virtuellen Feldes Modellierung von Pflanzenwachstum und Wassertransport

Implementation der Bewässerungsplanung und Steuerung



optimale Bewässerungsplanung und -steuerung

Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

Kalibrierung und Validierung der virtuellen Felder

- Durchführung von Experimenten an 3 Standorten
  - LfULG Pillnitz
  - Lysimeterstation Brandis
  - Gewächshaus Dürnast, TU München
- Intensive Datenerhebung
  - Pflanzenkennwerte (LAI, Ertrag ...)
  - Saugspannung, Wassergehalt
- Modellkalibrierung und -validierung anhand von erhobenen Versuchsdaten

LfULG Pillnitz

- 2009 - 2014
- Bewässerungs- und Sortenversuche
- Erbse, Zwiebel, Weißkohl, Buschbohne
- Modellkalibrierung, Test von 2 Bewässerungsstrategien

LfULG Pillnitz - Bewässerungsstrategie

- **Sensorgesteuerte Tropfbewässerung**
  - Bewässerung von 15 mm bei 200 hPa auf 30 cm (Zwiebel)
  - automatische Auslösung durch Tensiometer

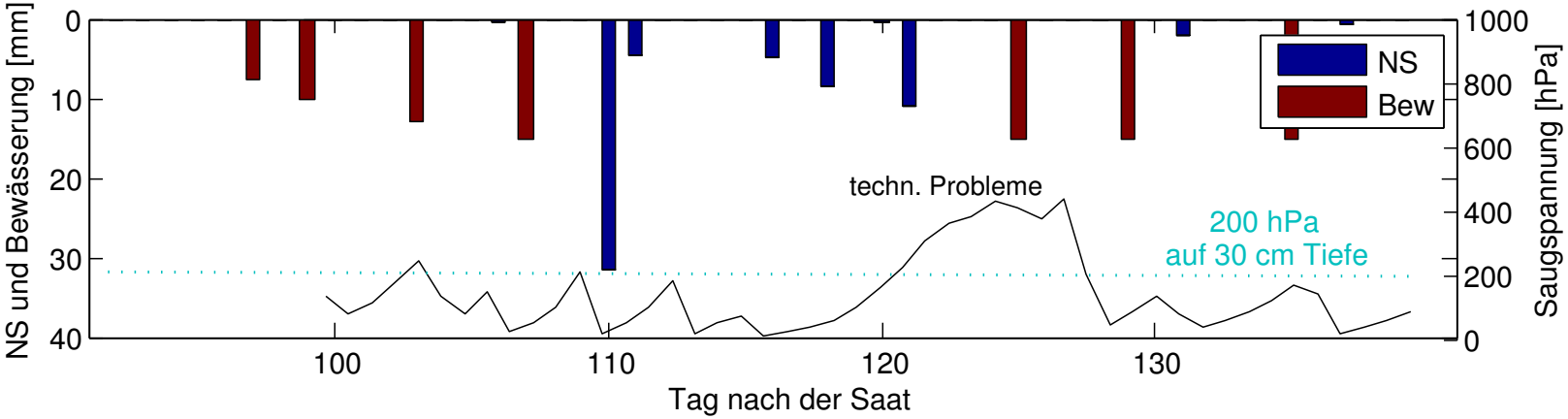
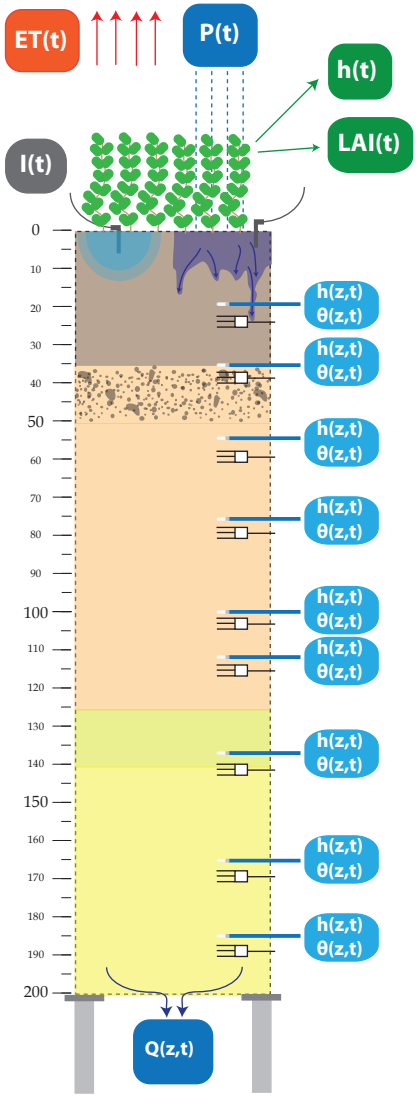


Abb.: Sensorgesteuerte Bewässerung von Zwiebel, 2013

- Vergleich mit Bedarfsermittlung durch SVAT Modell, KWB und unbewässerte Kontrolle

Lysimeterstation Brandis

- 2013, 2014
- Bewässerungsversuch
- 2 wägbare Großlysimeter
- intensives Bodenmonitoring
- Charakterisierung bodenhydraulischer Prozesse



Gewächshaus Dürnast, TU München

- Körnermais (2009-2014)
- Defizitbewässerungsversuche
- Optimierung von sensorgesteuerter Tropbewässerung
- Zerlegung der Pflanzen, Wurzelprofile, Untersuchung der Strahlungsverhältnisse im Gewächshaus

Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

Bodenhydraulische Eigenschaften

- Messung von:
  - Saugspannung (pF Meter, Tensiometer,...)
  - Wassergehalt (FDR Sonden, TDR Sonden, Diviner,...)
- in verschiedenen Tiefen
- möglichst kontinuierlich ($\rightarrow$ dynamisches Verhalten)
- Bestimmung der vGM[1] Parameter

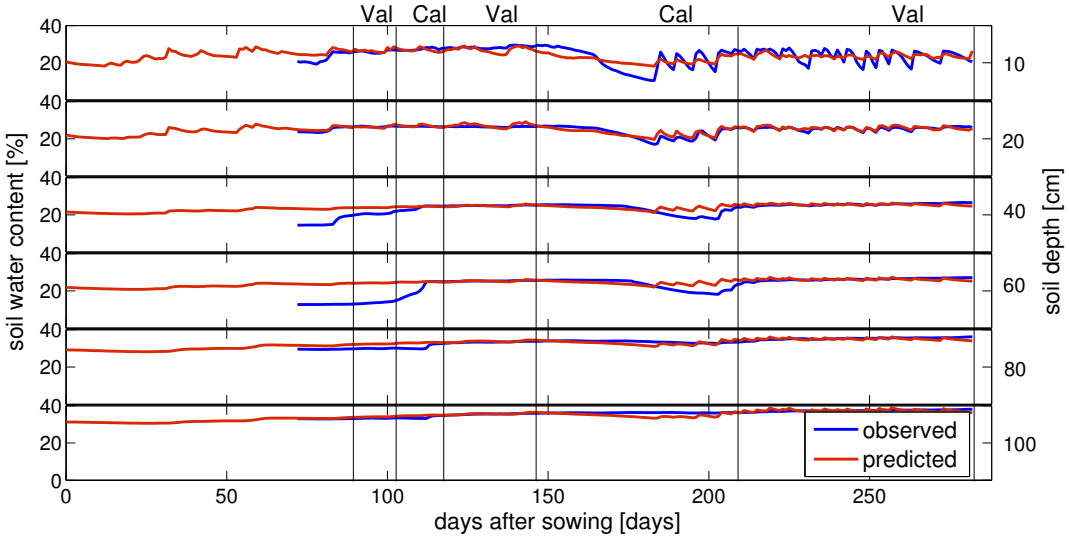


Abb.: Inverse Kalibrierung (Winterweizen)

[1] van Genuchten Mualem Parameter (Θ_r, Θ_s, α, K_s, n), beschreiben Retentionskurve

Pflanzenvariablen

wöchentliche Bestimmung von:

- stomatärer Leitfähigkeit (Trockenstress)
- N-Gehalt der Blätter
- Pflanzenhöhen
- phänologischen Phasen

in bestimmten Stadien (Blüte...):

- Blattflächenindex (LAI)
- Biomasse (Partitionierung)

Modellkalibrierung - Bsp. Buschbohne

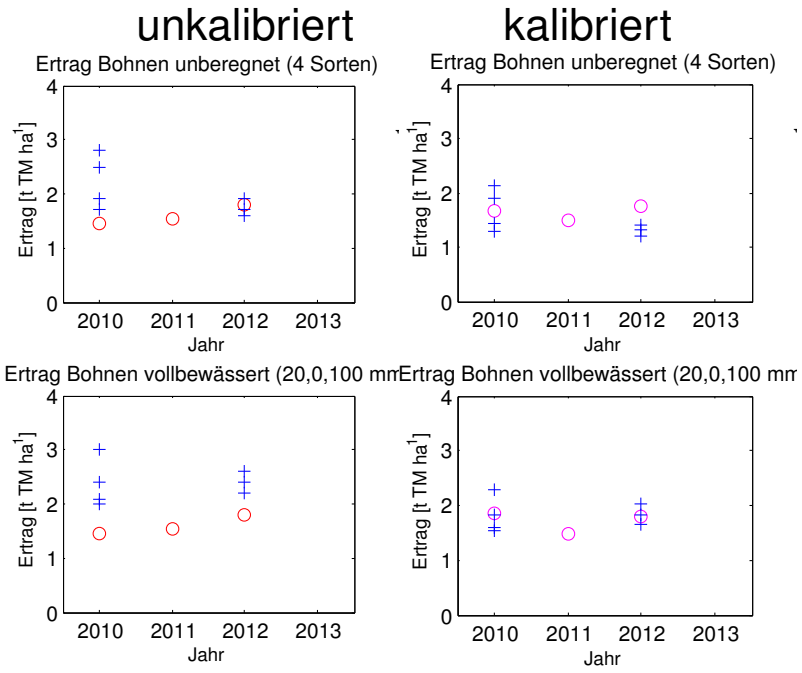


Abb.: Beobachtungswerte alle Sorten (Kreuze), Simulationsergebnisse (Kreise)

Modellkalibrierung - Bsp. Buschbohne

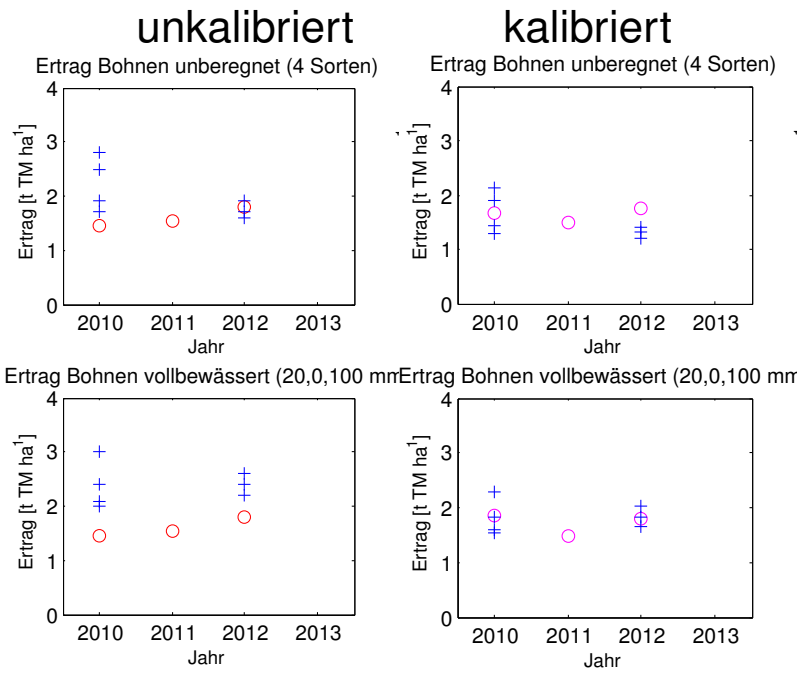


Abb.: Beobachtungswerte alle Sorten (Kreuze), Simulationsergebnisse (Kreise)

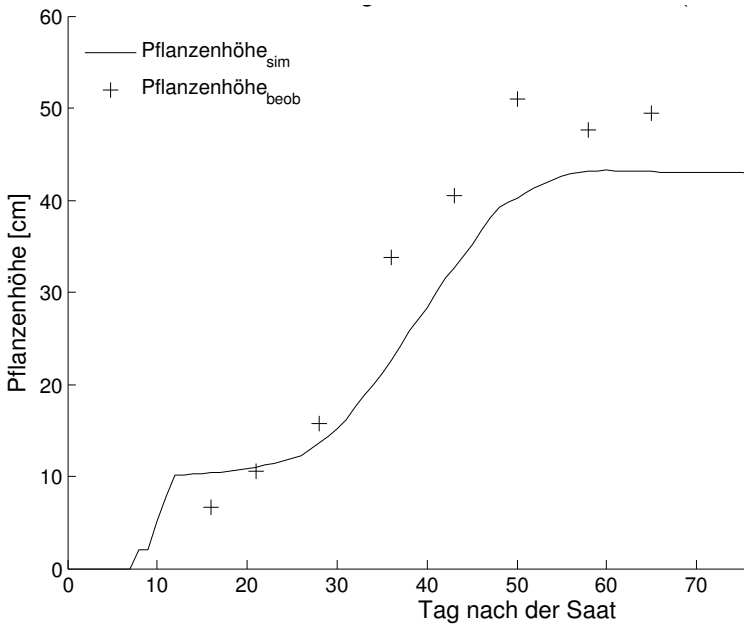


Abb.: gemessene und simulierte Pflanzenhöhen

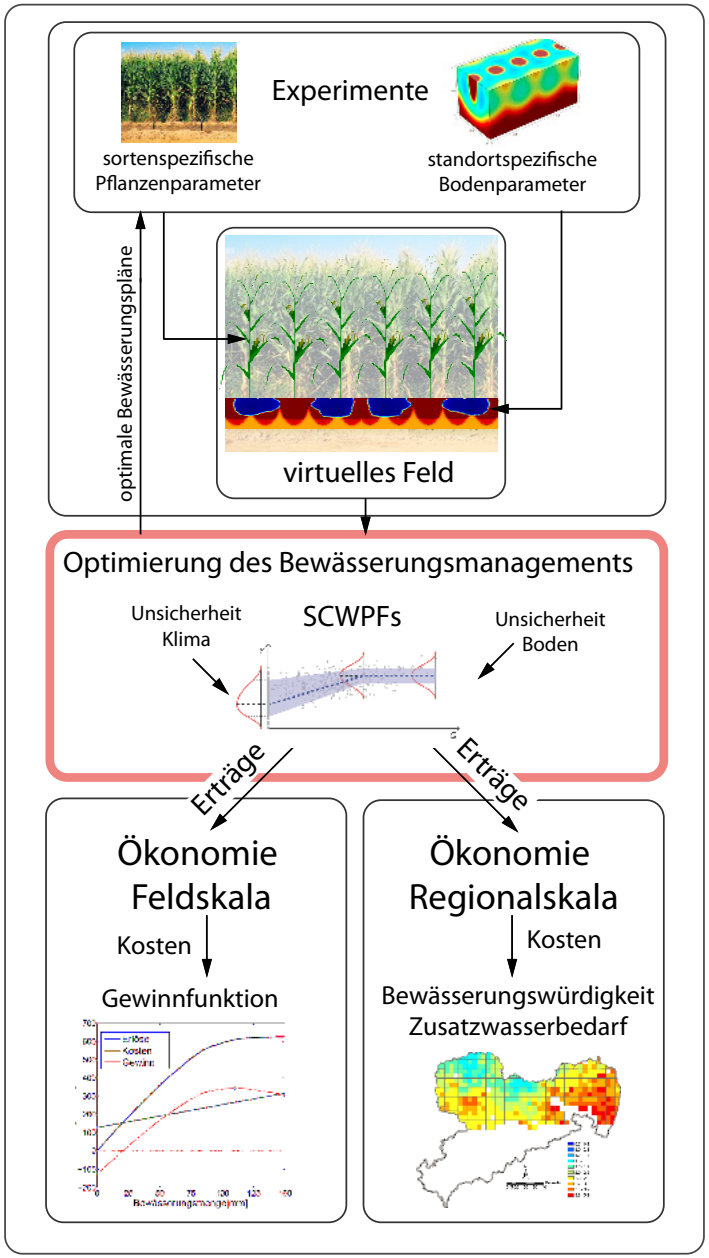
Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

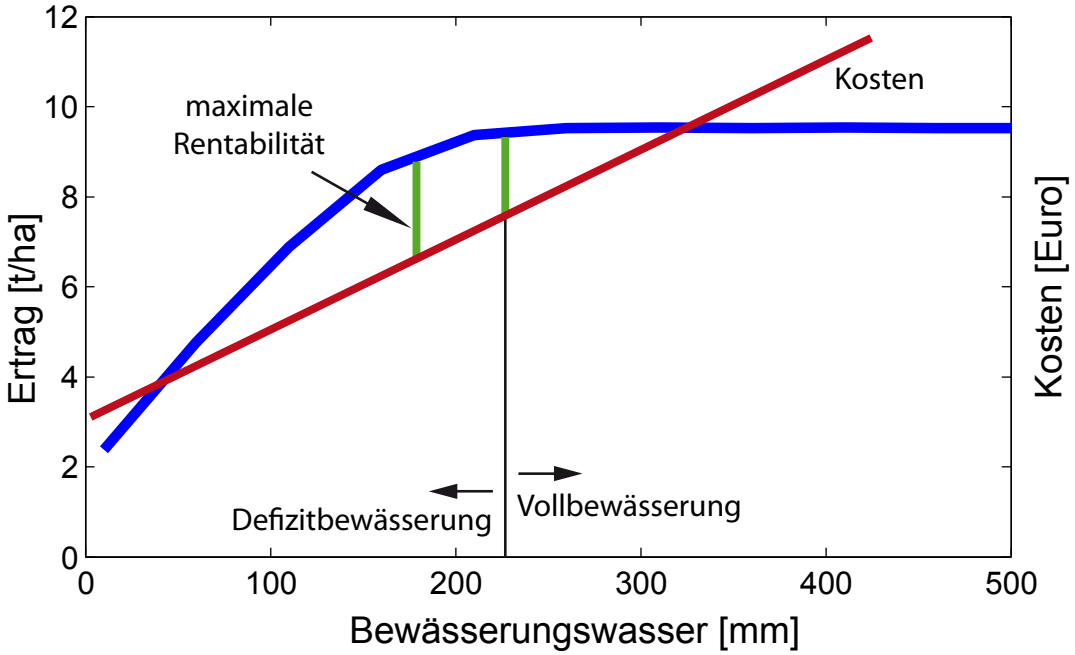
Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

Saphir - stochastische Ertragsfunktionen



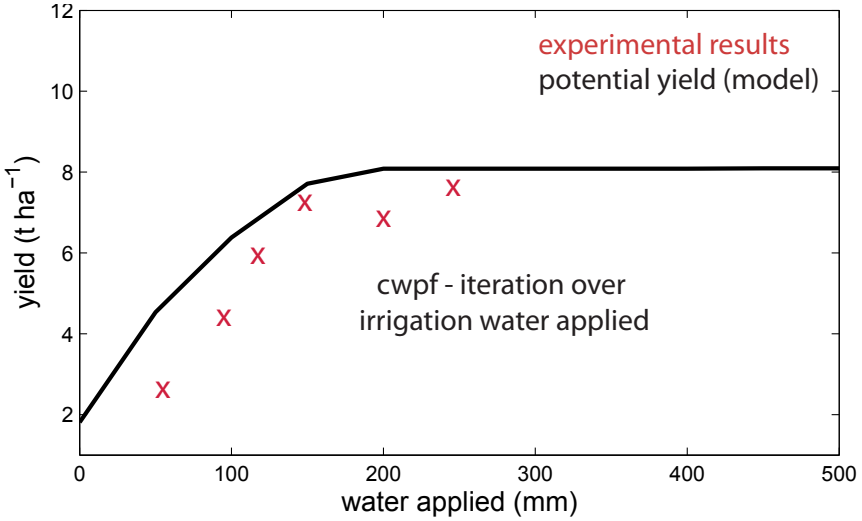
Ertragsfunktionen

- Zusammenhang zwischen Ertrag und Bewässerung
- Bindeglied zwischen Feld- und Regionalskala
- maximaler Gewinn nicht unbedingt bei Vollbewässerung

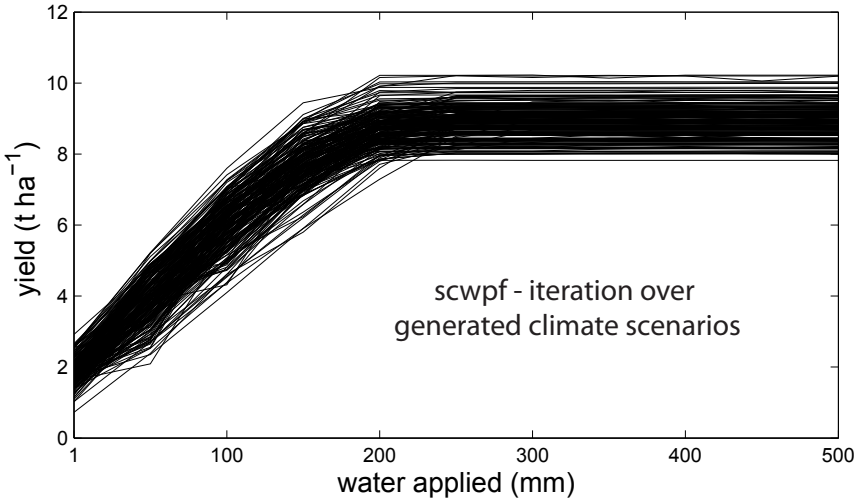


Ertragsfunktionen

Versuchsergebnisse (Kreuze) und Ertragsfunktion für verschiedene Bewässerungsmengen



stochastische Ertragsfunktionen für 200 Klimarealisierungen



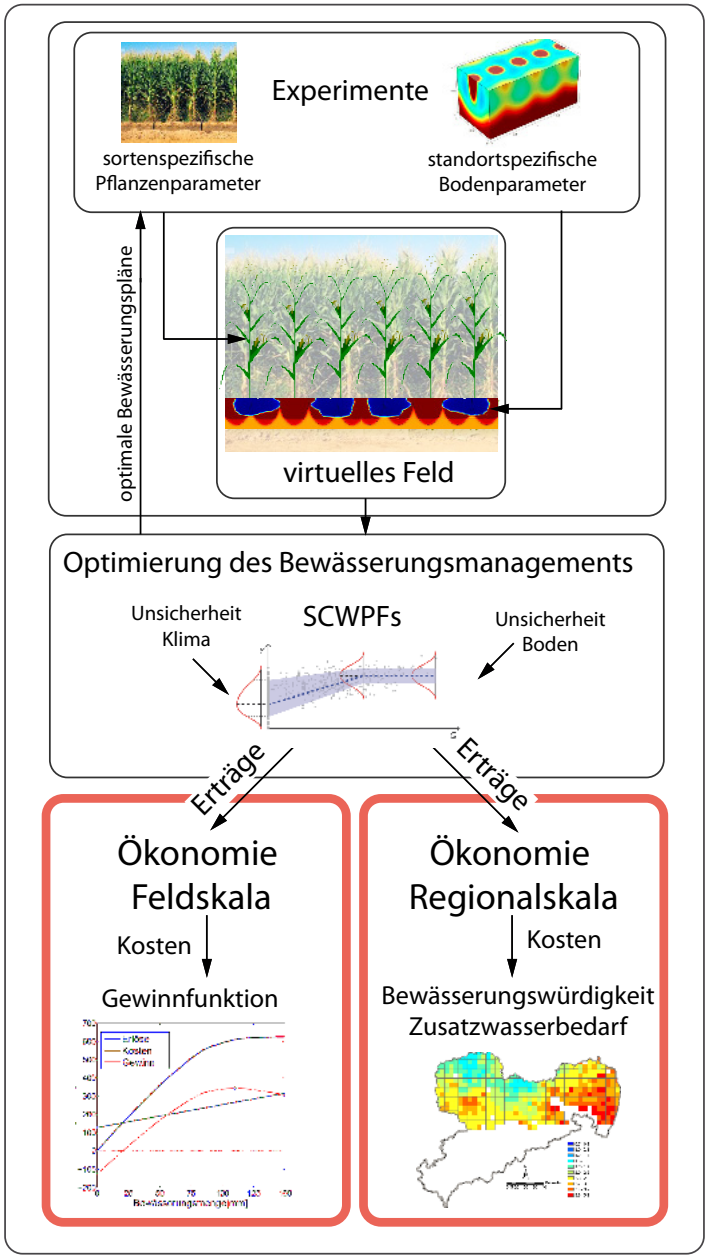
Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

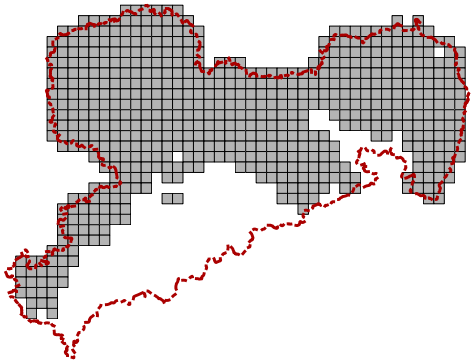
Saphir


Experimente
sortenspezifische Pflanzenparameter
standortspezifische Bodenparameter
optimale Bewässerungspläne
virtuelles Feld
Optimierung des Bewässerungsmanagements
Unsicherheit Klima
SCWPFs
Unsicherheit Boden
Erträge
Erträge
Ökonomie Feldskala
Kosten
Gewinnfunktion
Ökonomie Regionalskala
Kosten
Bewässerungswürdigkeit
Zusatzwasserbedarf

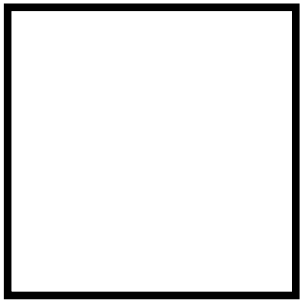
Strategien und Methoden

- Bewertung der Effekte des Klimawandels auf unbewässerte und bewässerte Kulturen mittels Prozessmodellierung
- Wesentliche Kenngrößen und –funktionen (Wasserbedarf, Ertragspotential) werden auf dem virtuellen Feld berechnet und auf größere Einheiten skaliert
- Stochastische Ertragsfunktionen dienen als Basis für die Erlösfunktionen verschiedener Kulturen
- Vergleich verschiedener Bewässerungsverfahren unter Berücksichtigung der Kosten der Wasserbereitstellung

Regionales Informationssystem



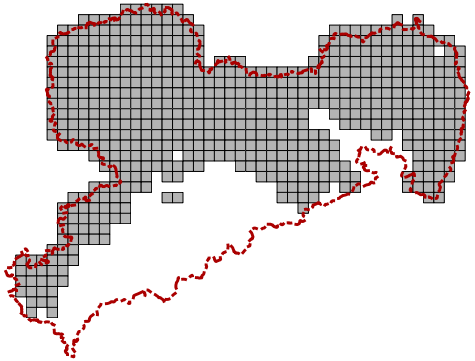
- 5 km x 5 km
- $KWB < 200$ mm
- Landnutzung: Landwirtschaft

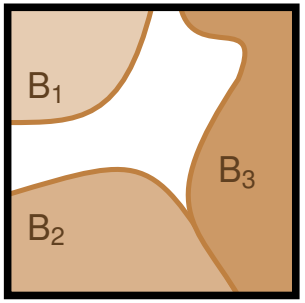


Klima

Klima 1
Klima 2
Klima 3
Klima 4
Klima 5
...
...
Klima n

Regionales Informationssystem

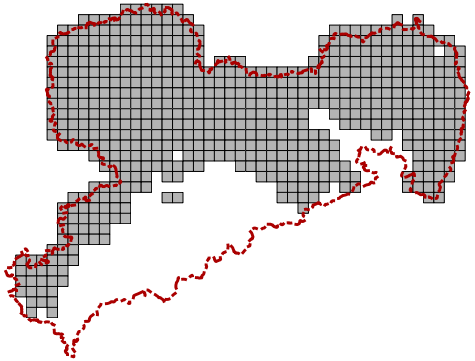


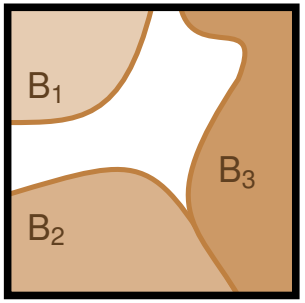


- 5 km x 5 km
- $KWB < 200$ mm
- Landnutzung: Landwirtschaft

Klima	Boden
Klima 1	Boden 1
Klima 2	Boden 2
Klima 3	...
Klima 4	...
Klima 5	Boden n
...	
...	
Klima n	

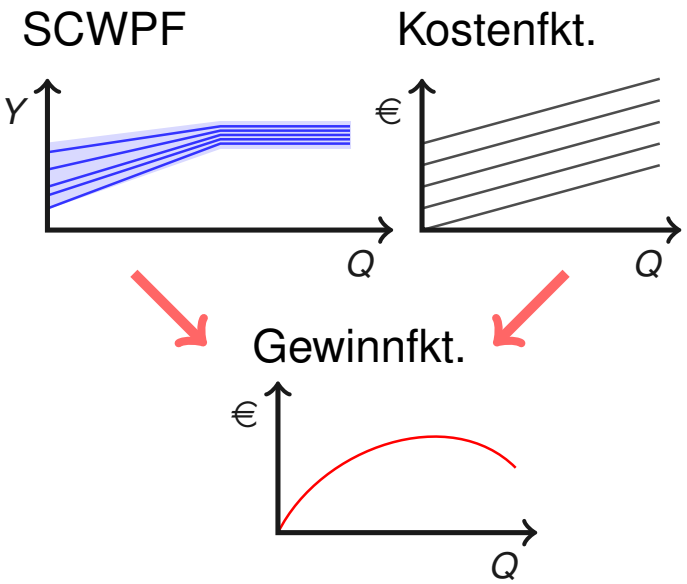
Regionales Informationssystem



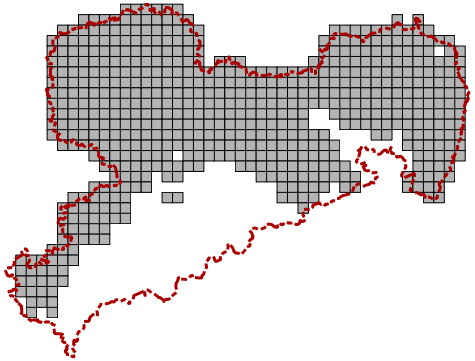


- 5 km x 5 km
- $KWB < 200$ mm
- Landnutzung: Landwirtschaft

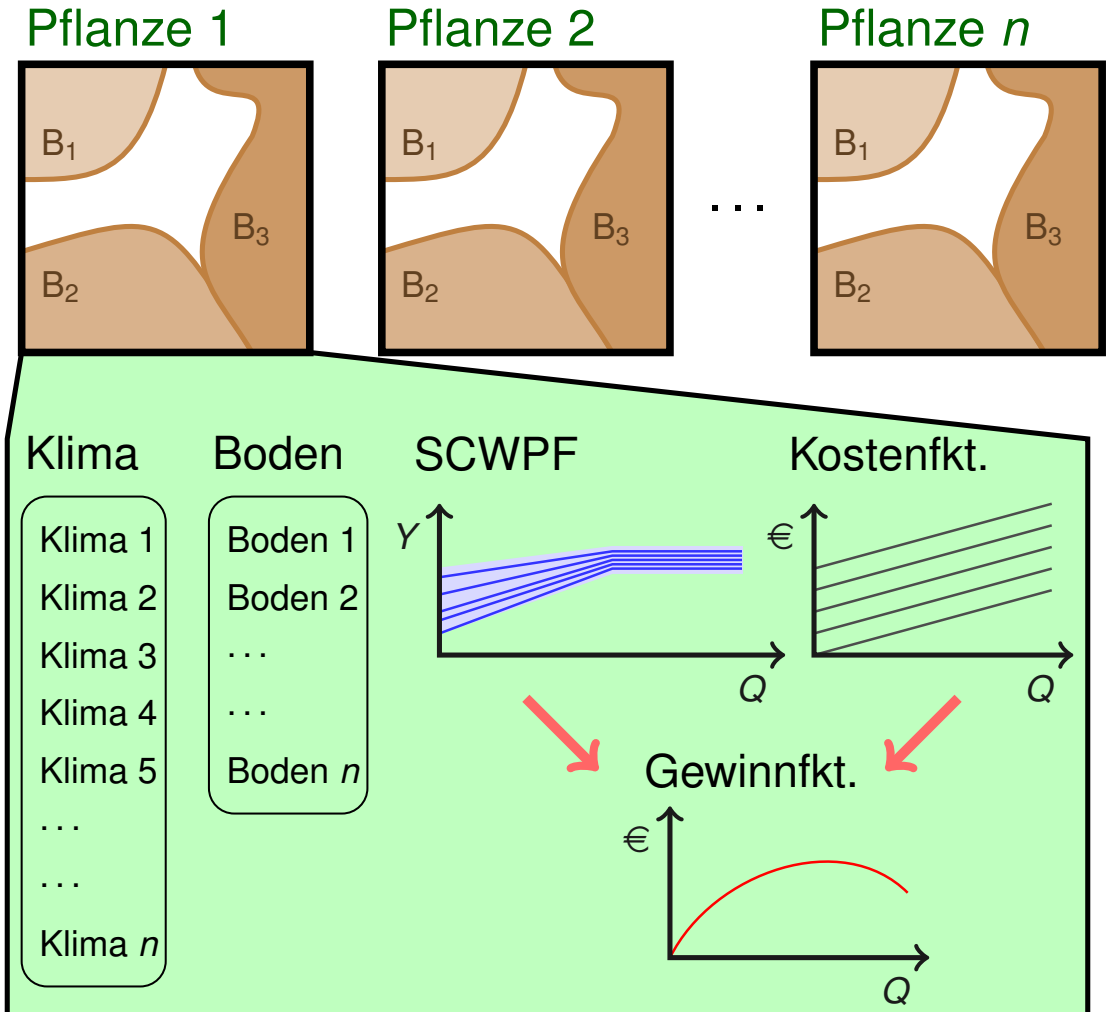
Klima	Boden
Klima 1	Boden 1
Klima 2	Boden 2
Klima 3	...
Klima 4	...
Klima 5	Boden n
...	
...	
Klima n	



Regionales Informationssystem



- 5 km x 5 km
- $KWB < 200$ mm
- Landnutzung: Landwirtschaft



Regionales Informationssystem

- hier: Betrachtung des Modells WEREX V im Szenario A1B
- in der nahen Zukunft ändern sich die Erbsenerträge wenig
- in ferner Zukunft wird erheblich mehr Wasser zur Bewässerung benötigt

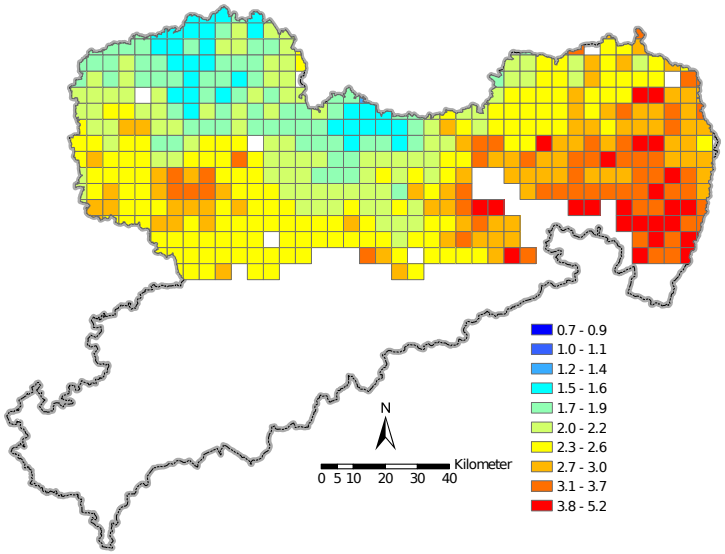


Abb.: Änderung der notwendigen Bewässerungsmenge 2071-2100 zu 1961-1990

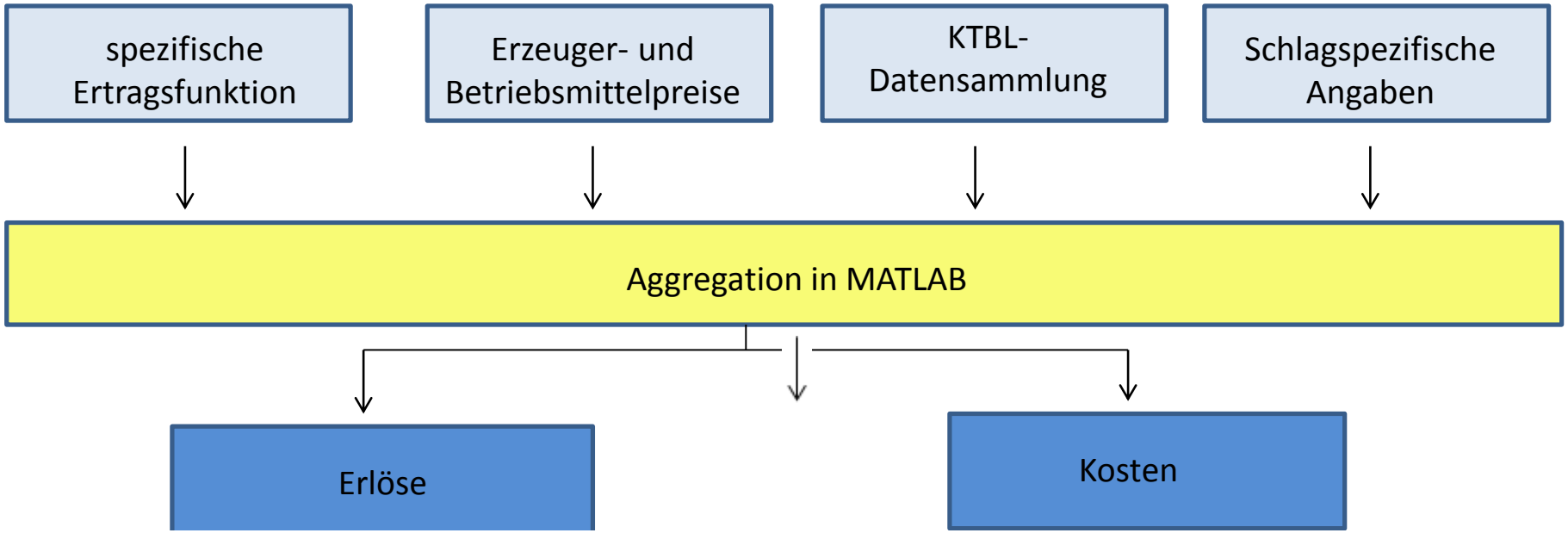
Gliederung

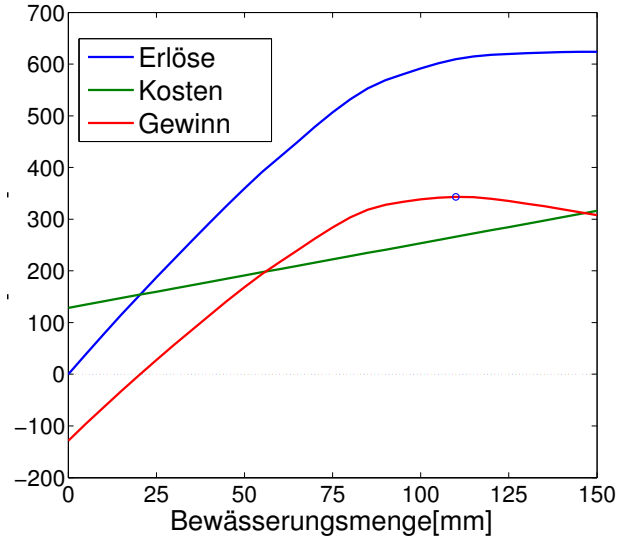
Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

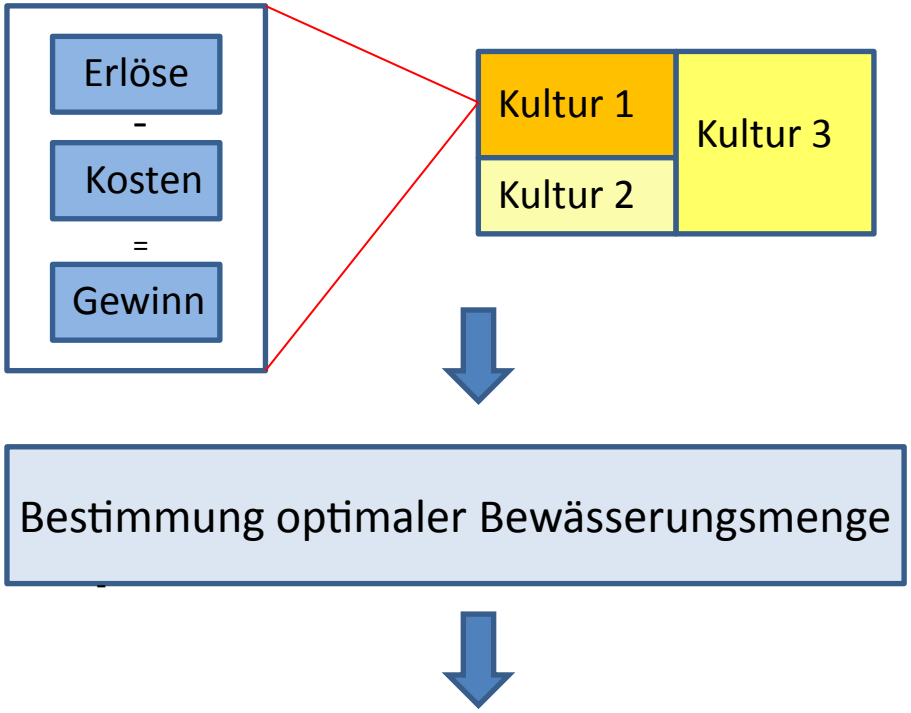
Ökonomische Betrachtungen - Feldskala

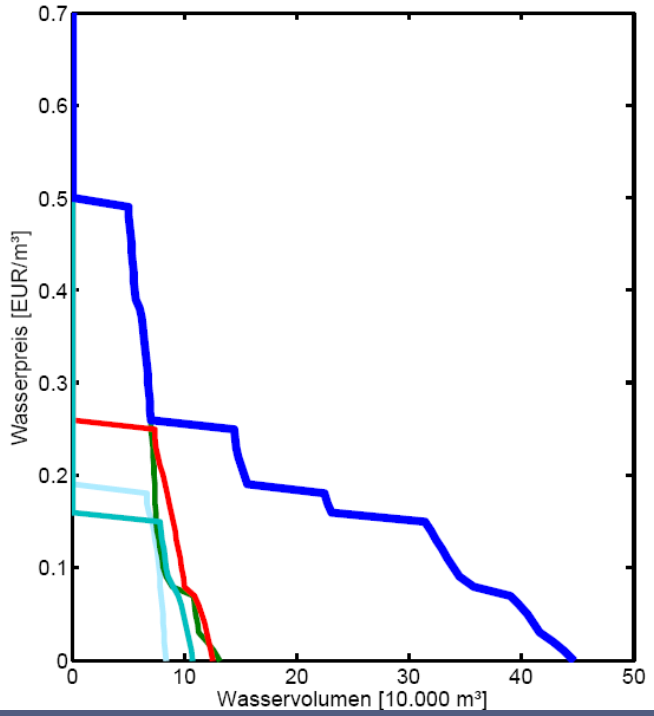




Ökonomische Betrachtungen - Regionalskala

Eingabeparameter:
- Region
- Wahrscheinlichkeit
- Betrachtungszeitraum
- Erzeugerpreis
- ...





Wassernachfragekurve

- ermöglicht Abschätzung des regionalen Wasserbedarfs für ausgewählte Gebietseinheiten

- steigende Kosten führen zu einer Verringerung der Nachfrage

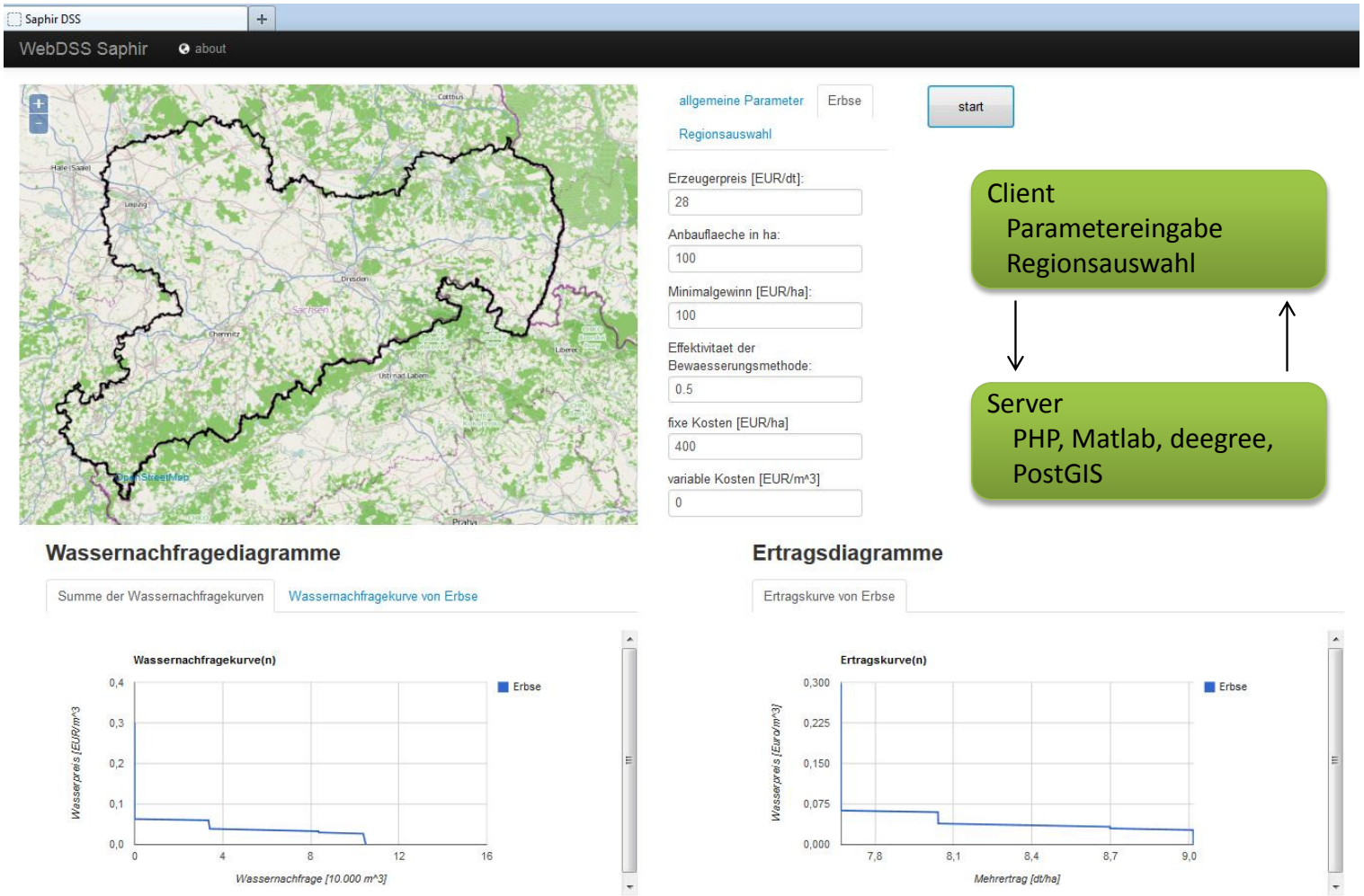
Gliederung

Überblick über das Projekt

Virtuelles Feld und Versuche
- Modellierung und Simulation
- robuste Kalibrierung anhand von Versuchsdaten
- erhobene Versuchsdaten
- Stochastische Ertragsfunktion

Regionales Informationssystem
- Konzeption des Informationssystems
- Ökonomische Betrachtungen
- Umsetzung - Informationssystem

Regionales Informationssystem



- Datengrundlage:
  - ca. 590 Klimazellen (5x5 Km)
  - ca. 400 Bodentypen
  - SCWPF's

- IT-Konzept:
  - Serviceorientierte Architektur
  - AngularJS, Bootstrap, Google Charts, Openlayers, deegree, PostGIS

Schlussfolgerungen

- Versuche 2013 erfolgreich durchgeführt (Datenerhebung)
- vorläufige Ergebnisse für Markterbse
- Prototyp des Informationssystems erstellt
- Simulationen zur Bewässerungsteuerung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!