

# Virtueller Wasserraum Bayern



**TP03: Hochaufgelöste Simulation des bayerischen Wasserhaushalts mit PROMET unter Nutzung der COPERNICUS- und anderer frei verfügbarer Geodaten – Wasserhaushalts-Simulationen mit 10 m Auflösung im Testgebiet Wern**

*Simon Kleine, Felix Behrend, Barbara Glaser, Michaela Cerny, Tobias Hank & Wolfram Mauser*

Projekttreffen TP3+TP5 | LMU | 17. September 2020

- Wasserhaushalts- und Abfluss-Simulationen mit 1 km Auflösung (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)
  - Abflusssimulation im Testgebiet Schmitter – Kopplung mit TP1
  - Abflüsse in ganz Bayern
  - Wasserhaushalt unter dem Einfluss von landwirtschaftlichem Management
- **Wasserhaushalts-Simulationen mit 10 m Auflösung im Testgebiet Wern (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)**
  - Wasserhaushalt unter dem Einfluss von verschiedenen Landnutzungen
  - Assimilation von Fernerkundungsdaten
- Simulation von Nährstoffflüssen



Untersuchung des Einflusses von hochaufgelösten Daten auf Simulationen von hydrologischen Landoberflächenprozessen mit **Promet (Processes of Radiation Mass and Energy Transfer)**

## *Daten:*

- Landnutzungskarten mit unterschiedlichen Detailgraden
- Prozessierte LAI-Zeitreihen aus der Fernerkundung

## *Themen:*

- Einfluss von Landnutzungsinformationen auf die Simulation des Wasserhaushalts
- Einfluss von beobachteten LAI Werten auf heterogene Muster, z.B. bei Verdunstung, Ertrag oder Abfluss

## *Testgebiet:*

- Einzugsgebiet der Wern mit Teileinzugsgebieten



- Wasserhaushalts- und Abfluss-Simulationen mit 1 km Auflösung (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)
  - Abflusssimulation im Testgebiet Schmitter – Kopplung mit TP1
  - Abflüsse in ganz Bayern
  - Wasserhaushalt unter dem Einfluss von landwirtschaftlichem Management
- **Wasserhaushalts-Simulationen mit 10 m Auflösung im Testgebiet Wern (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)**
  - **Wasserhaushalt unter dem Einfluss von verschiedenen Landnutzungen**
  - Assimilation von Fernerkundungsdaten
- Simulation von Nährstoffflüssen



Untersuchung des Einflusses von verschiedenen Landnutzungsinformationen auf die Simulation des Wasserhaushalts → Ist es für hydrologische Fragestellungen im kleinräumigen Bereich (< 10 km<sup>2</sup>) wichtig, die Heterogenität in der Landschaft hochaufgelöst zu kennen?

## *Skalenanalyse:*

- 4 Einzugsgebiete der Wern: groß (mit Pegel) → klein (ohne Pegel)
- 4 Landnutzungskarten mit untersch. Detailgrad: hochaufgelöst → gering aufgelöst

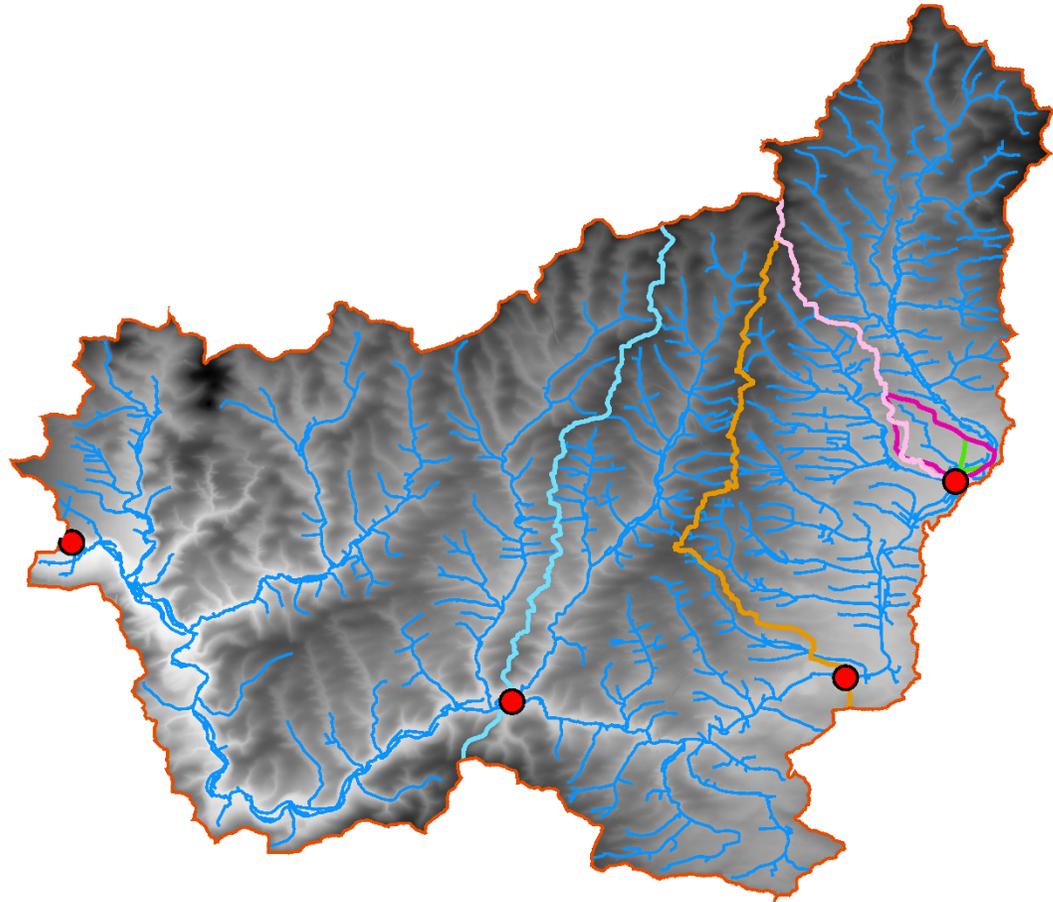
## *Thema:*

- Analyse der Veränderung des jährlichen Abflusses in den Einzugsgebieten

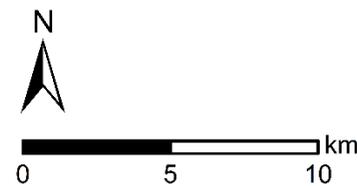


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Testgebiet Wern mit Teileinzugsgebieten



- Messpegel
- ▭ Sachsenheim
- ▭ Geldersheim
- ▭ Ettleben
- ▭ Arnstein
- ▭ Sulzgraben
- ▭ Dürrellerngraben
- Flussnetz (FGN25)
- 420 m ü. NN
- 160 m ü. NN



Projektion: WGS 84 UTM 32 N

## Untersuchungsgebiete mit Pegel

Sachsenheim: ~600 km<sup>2</sup>

Ettleben: ~175 km<sup>2</sup>

## Untersuchungsgebiete ohne Pegel

Sulzgraben: ~5 km<sup>2</sup>

Dürrellerngraben: ~0,9 km<sup>2</sup>



# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Landnutzungskarten für das EZG Wern 2018

ViewBay	1	2	3
Invekos 2018 + Copernicus High Resolution Layer 2015 + Open Street Map 2019	Eurostat 2016 + Invekos Feldgrenzen 2018 + Copernicus High Resolution Layer 2015 + Open Street Map 2019	Invekos Statistik 2018 + Copernicus High Resolution Layer 2015 + Open Street Map 2019	Invekos Statistik 2018 + Corine Europa 2018

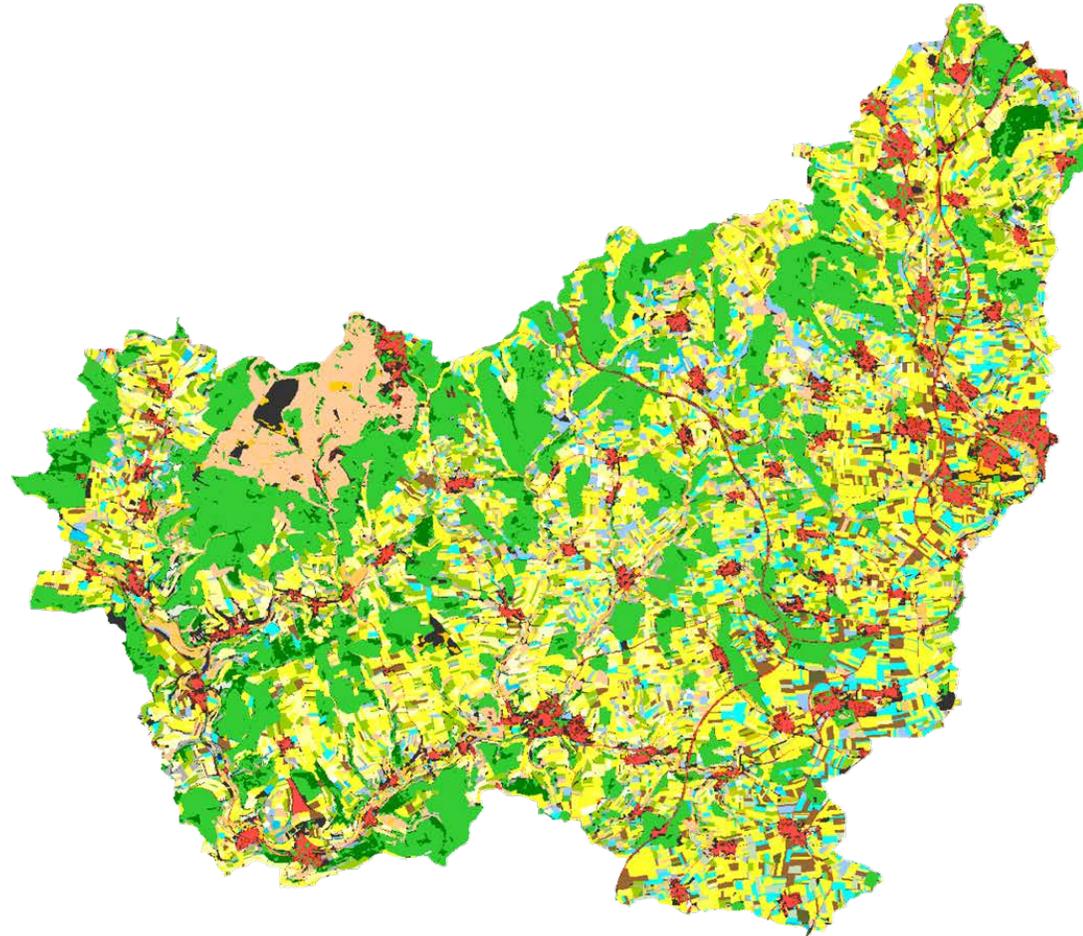


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Landnutzungskarten für das EZG Wern 2018

## VieWBay

Für jedes Feld ist die tatsächliche Landnutzung bekannt

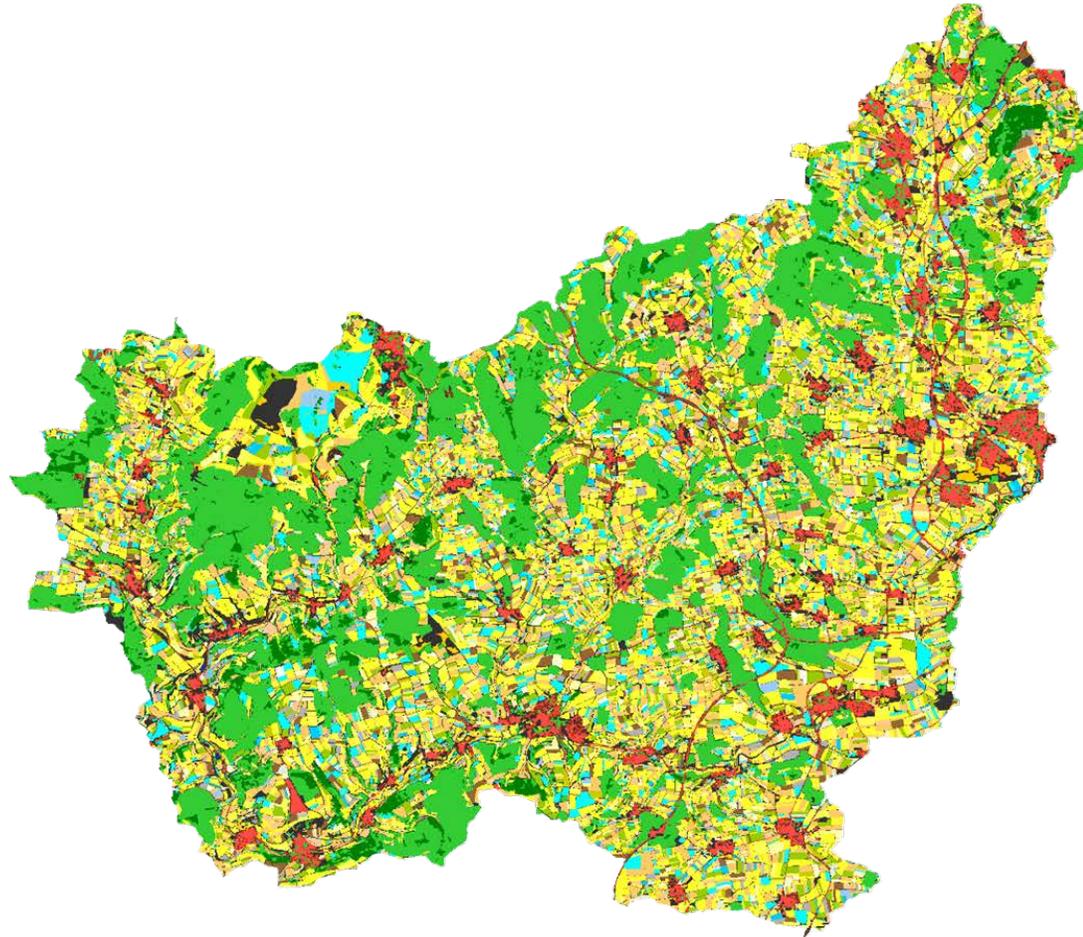


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Landnutzungskarten für das EZG Wern 2018

1

Feldgrenzen sind  
**bekannt**, zufällige  
Verteilung von  
Fruchtarten

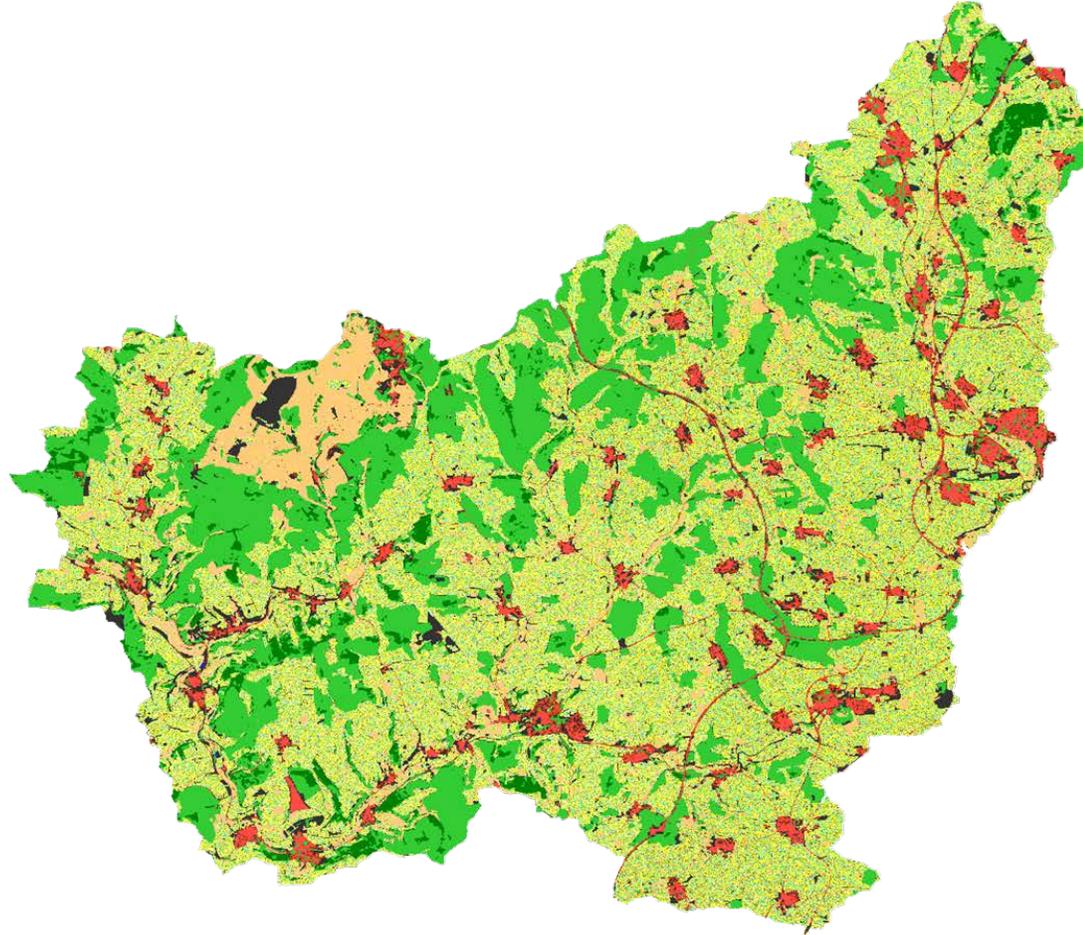


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Landnutzungskarten für das EZG Wern 2018

2

Feldgrenzen sind **unbekannt**, zufällige Verteilung von Fruchtarten

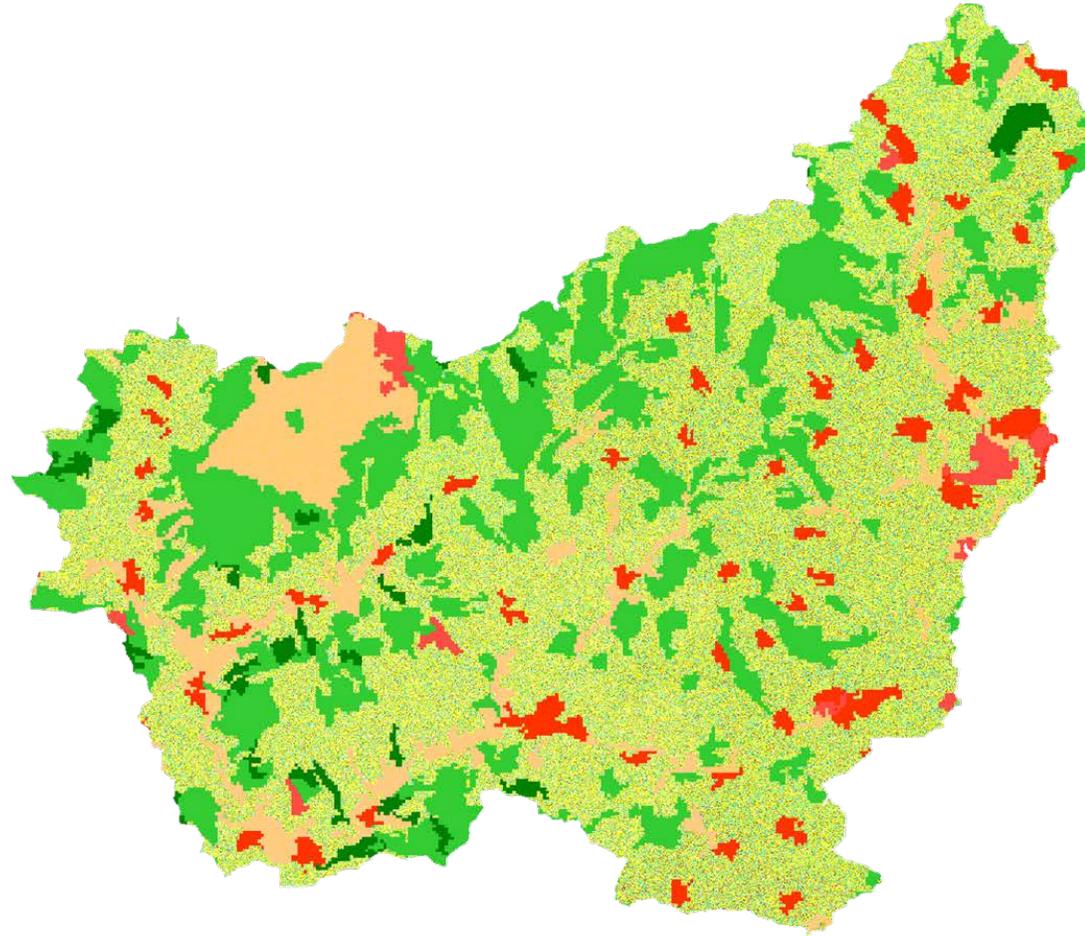


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Landnutzungskarten für das EZG Wern 2018

3

Feldgrenzen sind **unbekannt**, zufällige Verteilung von Fruchtarten

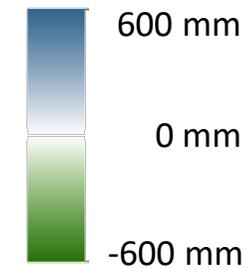
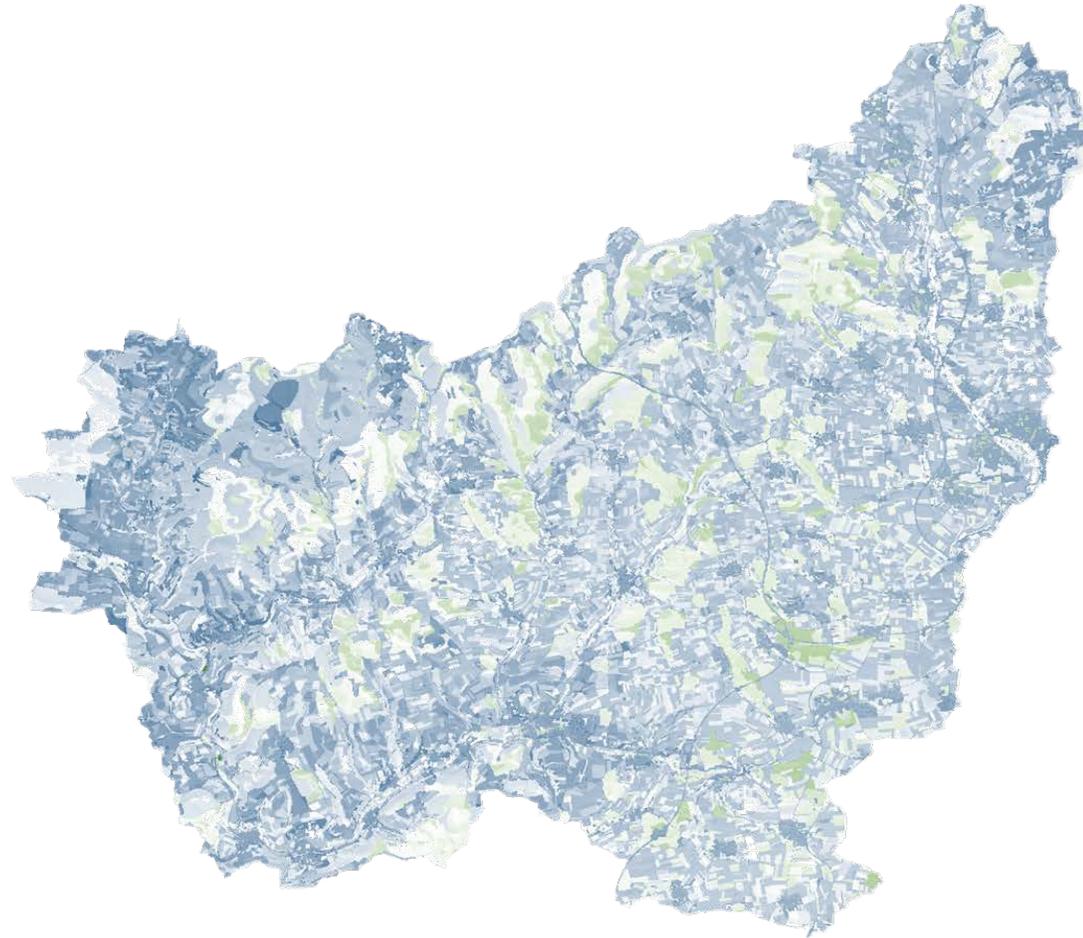


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Räumliches Bilanzmuster für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

## VieWBay

Für jedes Feld ist die tatsächliche Landnutzung bekannt



Jahresbilanz=  
Niederschlagssumme  
-Verdunstungssumme

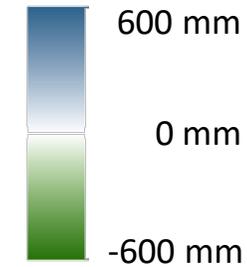
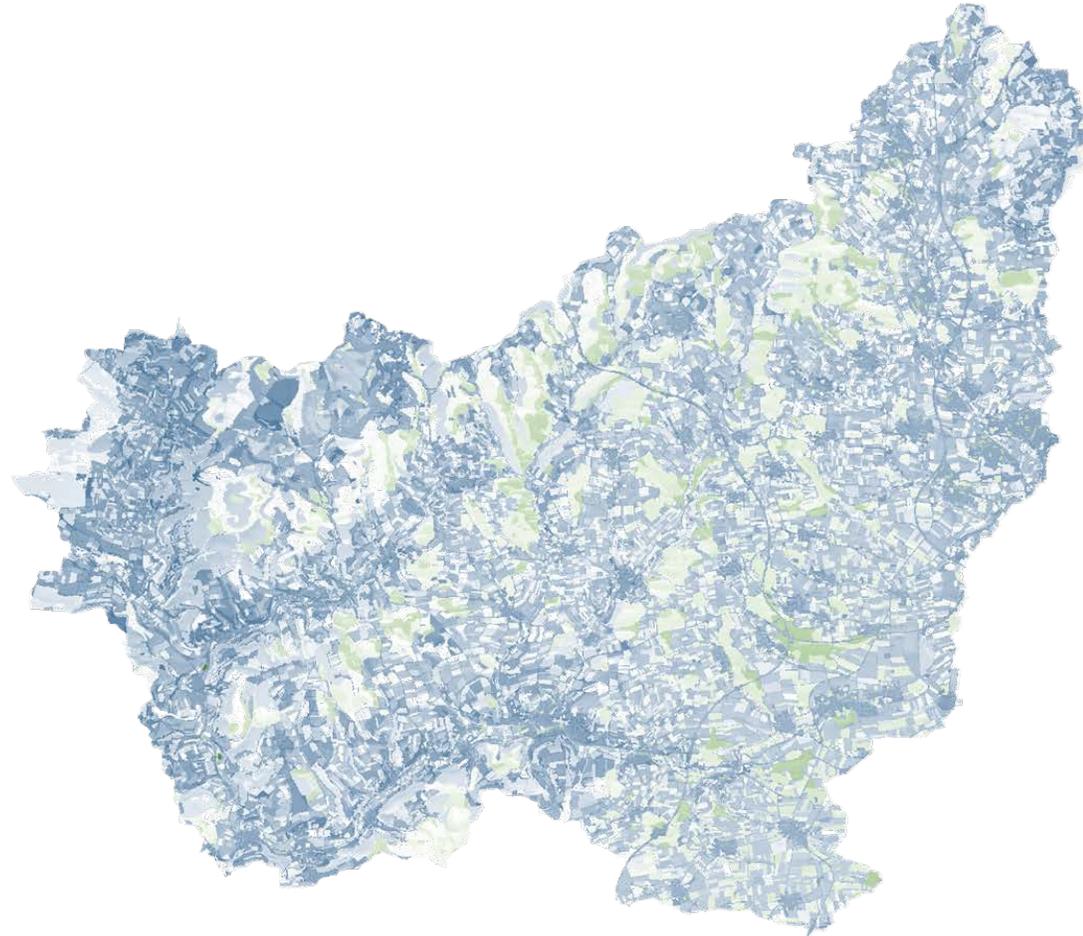


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Räumliches Bilanzmuster für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

1

Feldgrenzen sind **bekannt**, zufällige Verteilung von Fruchtarten



Jahresbilanz=  
Niederschlagssumme  
-Verdunstungssumme

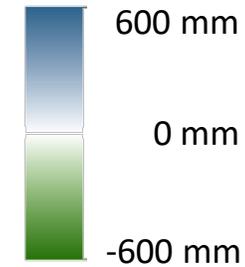
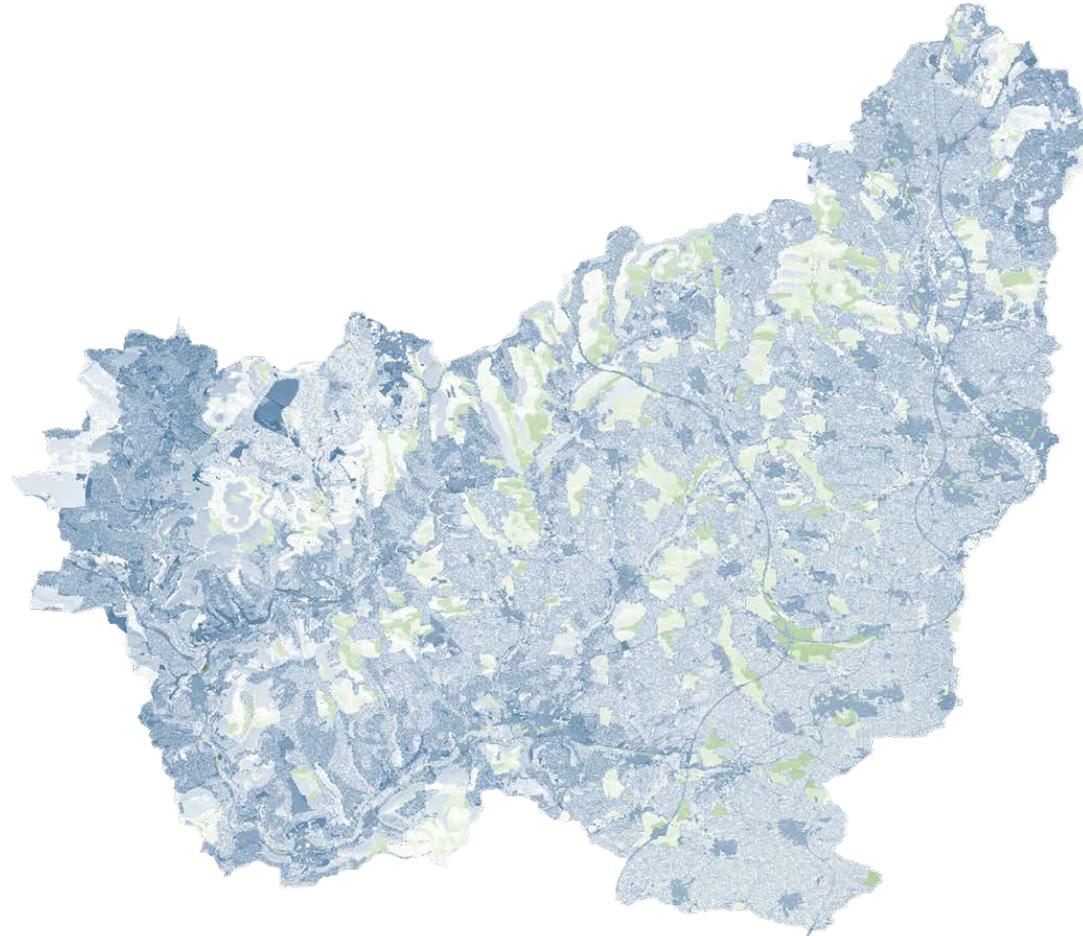


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Räumliches Bilanzmuster für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

2

Feldgrenzen sind **unbekannt**, zufällige Verteilung von Fruchtarten



Jahresbilanz=  
Niederschlagssumme  
-Verdunstungssumme

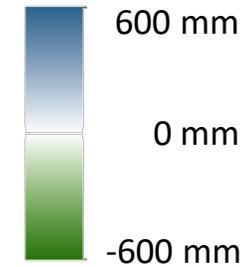
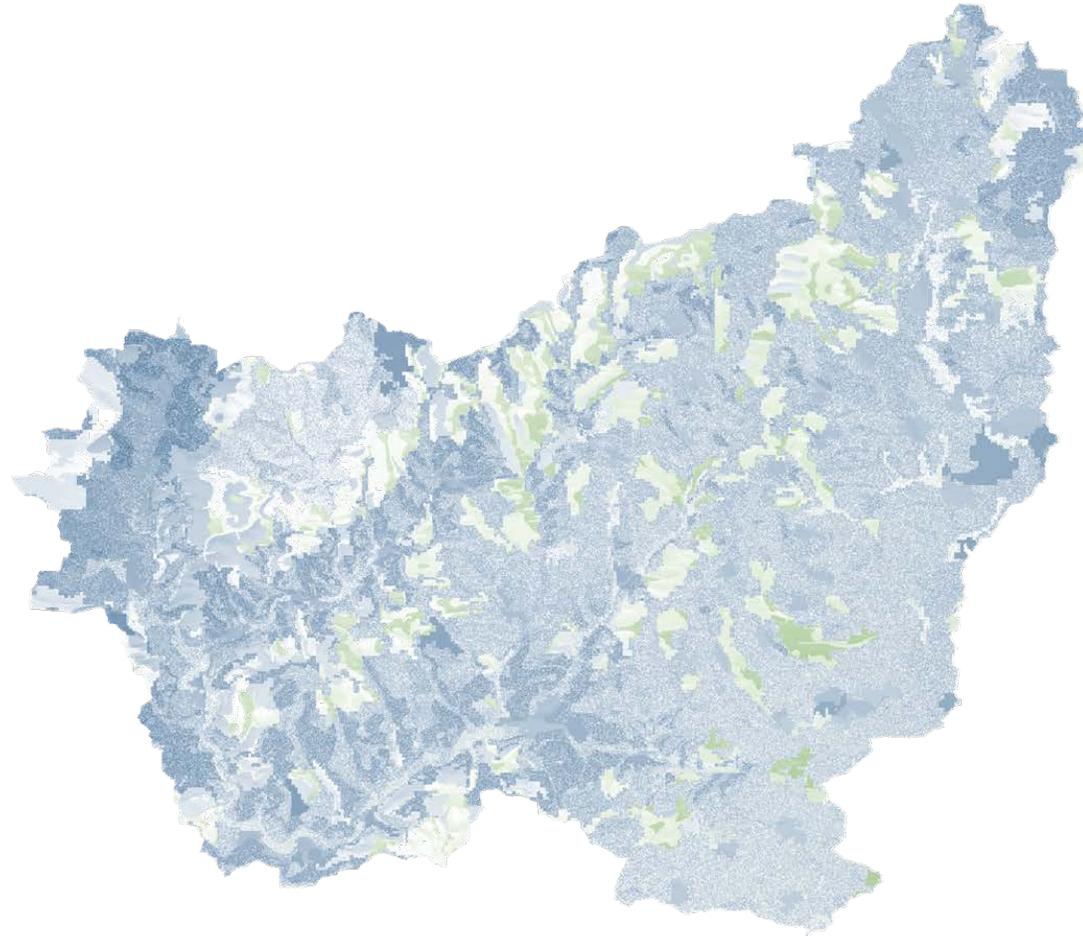


# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Räumliches Bilanzmuster für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

3

Feldgrenzen sind **unbekannt**, zufällige Verteilung von Fruchtarten

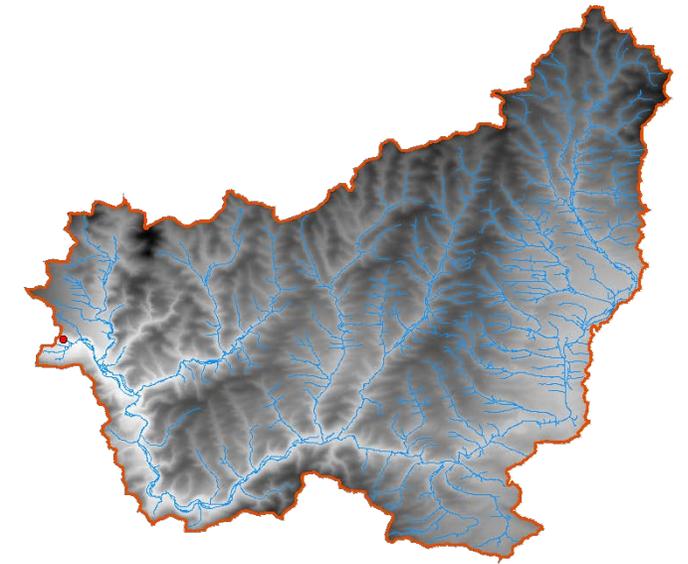
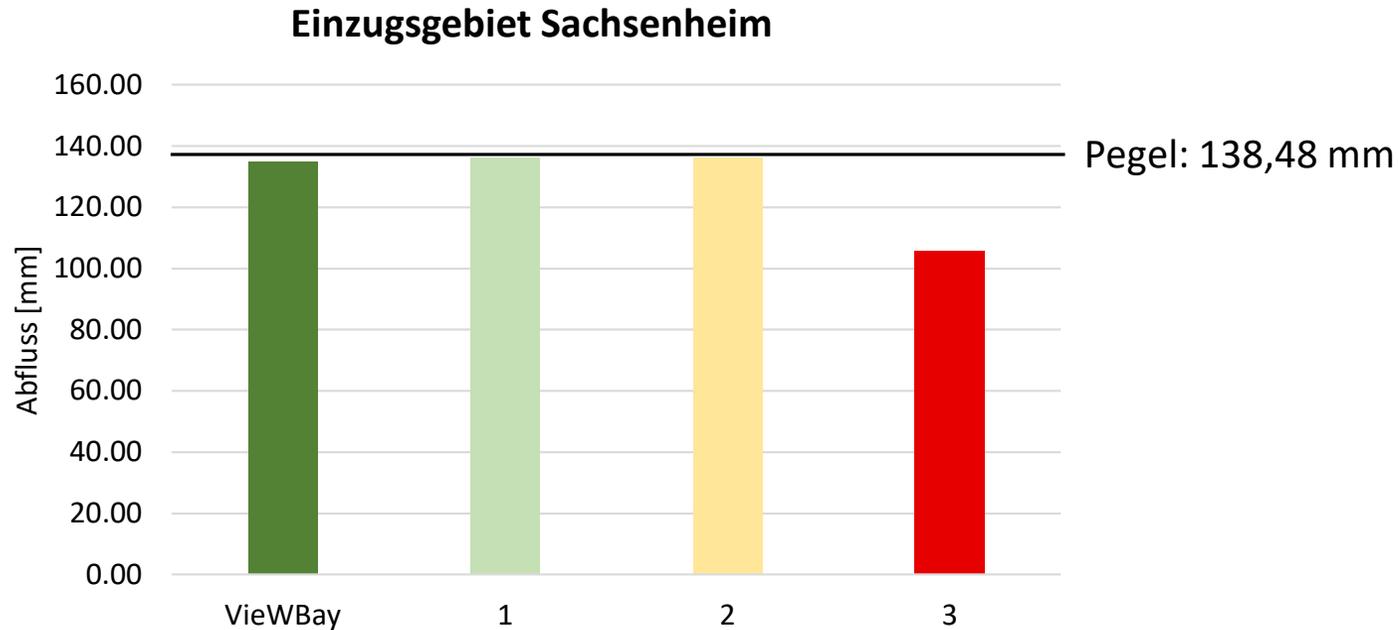


Jahresbilanz=  
Niederschlagssumme  
-Verdunstungssumme



# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Aus der Jahresbilanz ermittelter Abfluss für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018



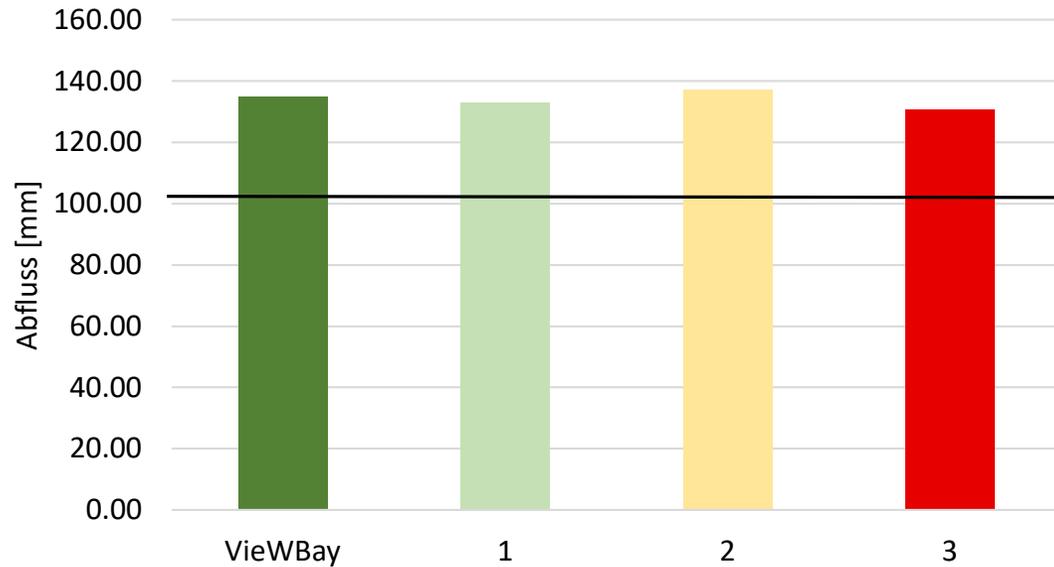
~600 km<sup>2</sup>



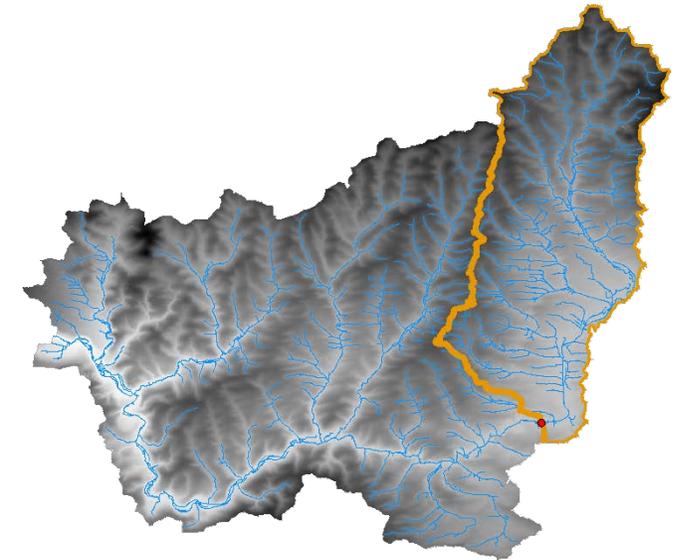
# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Aus der Jahresbilanz ermittelter Abfluss für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

## Einzugsgebiet Ettleben



Pegel: 111,32 mm



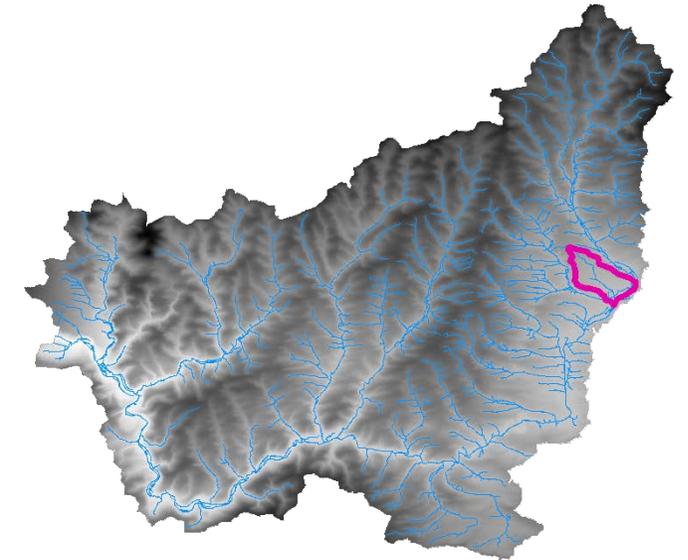
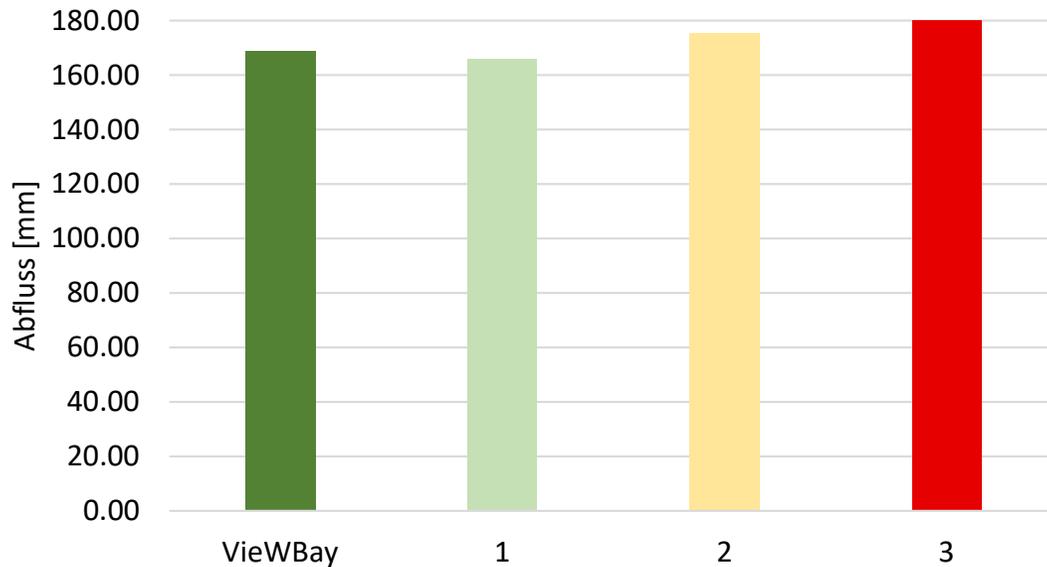
~175 km<sup>2</sup>



# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Aus der Jahresbilanz ermittelter Abfluss für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

Einzugsgebiet Sulzgraben



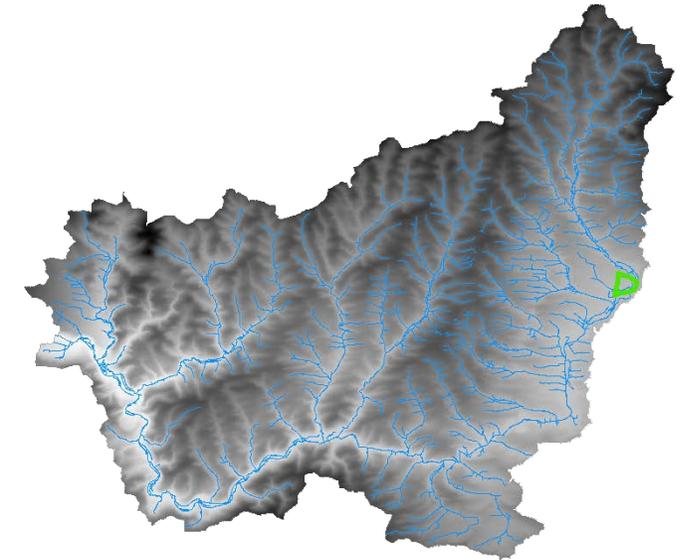
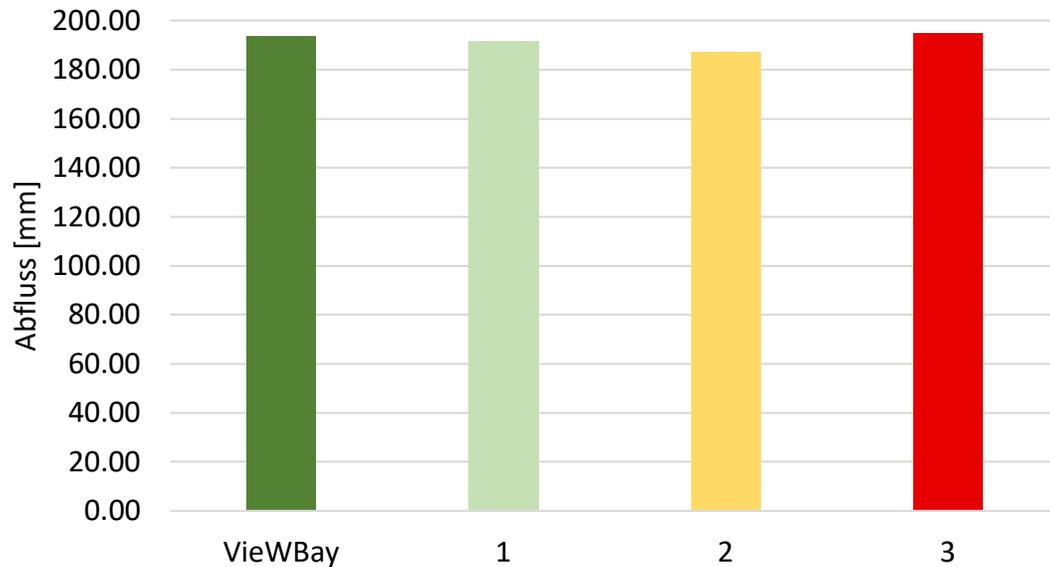
~5 km<sup>2</sup>



# Wasserhaushalt unter dem Einfluss von versch. Landnutzungen

Aus der Jahresbilanz ermittelter Abfluss für das EZG Wern, 01.10.2017-30.09.2018

## Einzugsgebiet Dürrellerngraben



~0,9 km<sup>2</sup>



Die räumliche Verteilung der Landnutzung hat auch bei Einzugsgebieten  $< 10 \text{ km}^2$  einen geringen Einfluss auf die jährliche Wasserbilanz.

- Untersuchung der Abflusssdynamik, z.B. monatlich
- Analyse mit weiteren Detailgraden durchführen, z.B. andere Kombinationen, 1 km Auflösung
- Weitere Fragestellungen: z. B. Wie wirkt sich die Landnutzung auf den Stickstoffkreislauf aus?

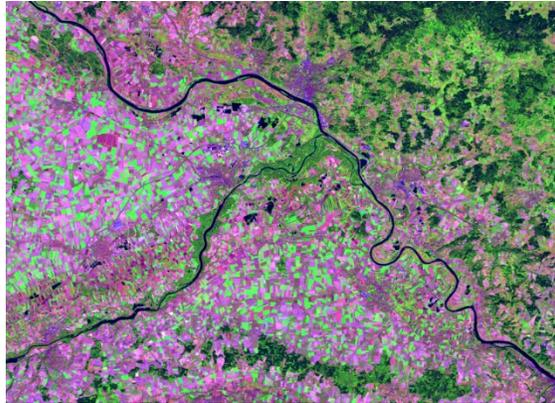


- Wasserhaushalts- und Abfluss-Simulationen mit 1 km Auflösung (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)
  - Abflusssimulation im Testgebiet Schmutter – Kopplung mit TP1
  - Abflüsse in ganz Bayern
  - Wasserhaushalt unter dem Einfluss von landwirtschaftlichem Management
- **Wasserhaushalts-Simulationen mit 10 m Auflösung im Testgebiet Wern (AP3.6; AP3.7; AP3.8; AP3.9)**
  - Wasserhaushalt unter dem Einfluss von verschiedenen Landnutzungen
  - **Assimilation von Fernerkundungsdaten**
- Simulation von Nährstoffflüssen

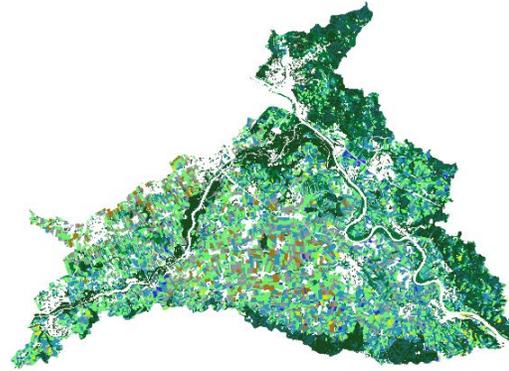


# Exkurs: Prozessierung Fernerkundungsdaten (Firma VISTA)

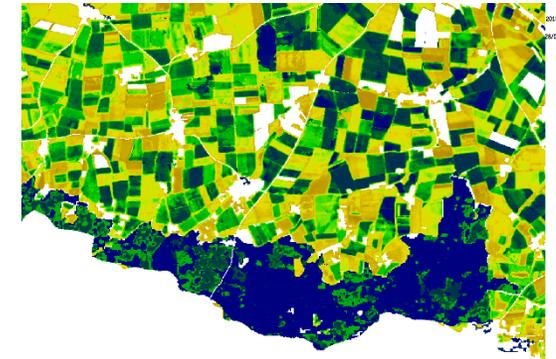
# Fruchtartenspezifische Ableitung von Pflanzenparametern – aktueller Workflow (semi-automatisiert)



Vorprozessierte Satellitenaufnahmen z.B. März – Oktober 2018



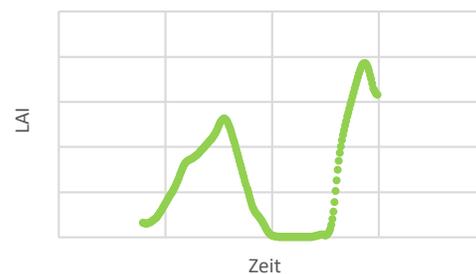
Landnutzungsmaske



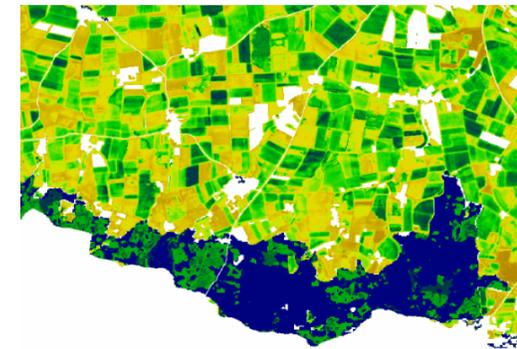
Fruchtartenspezifische Pflanzenparameterableitung pro Termin (z.B. 18.07.2018)



Ausreißertest und -bereinigung

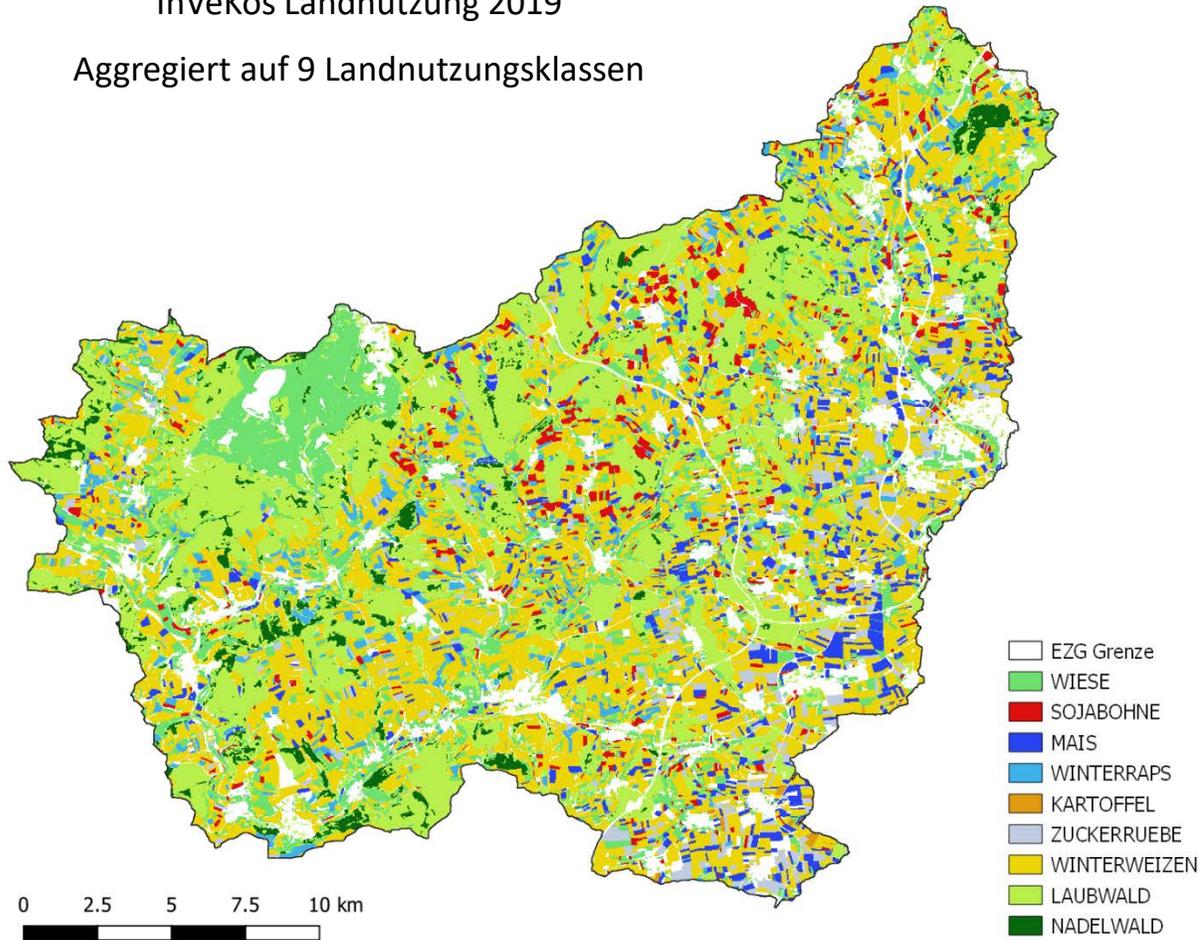


Lineare Interpolation und Glättung der diskreten LAI-Daten

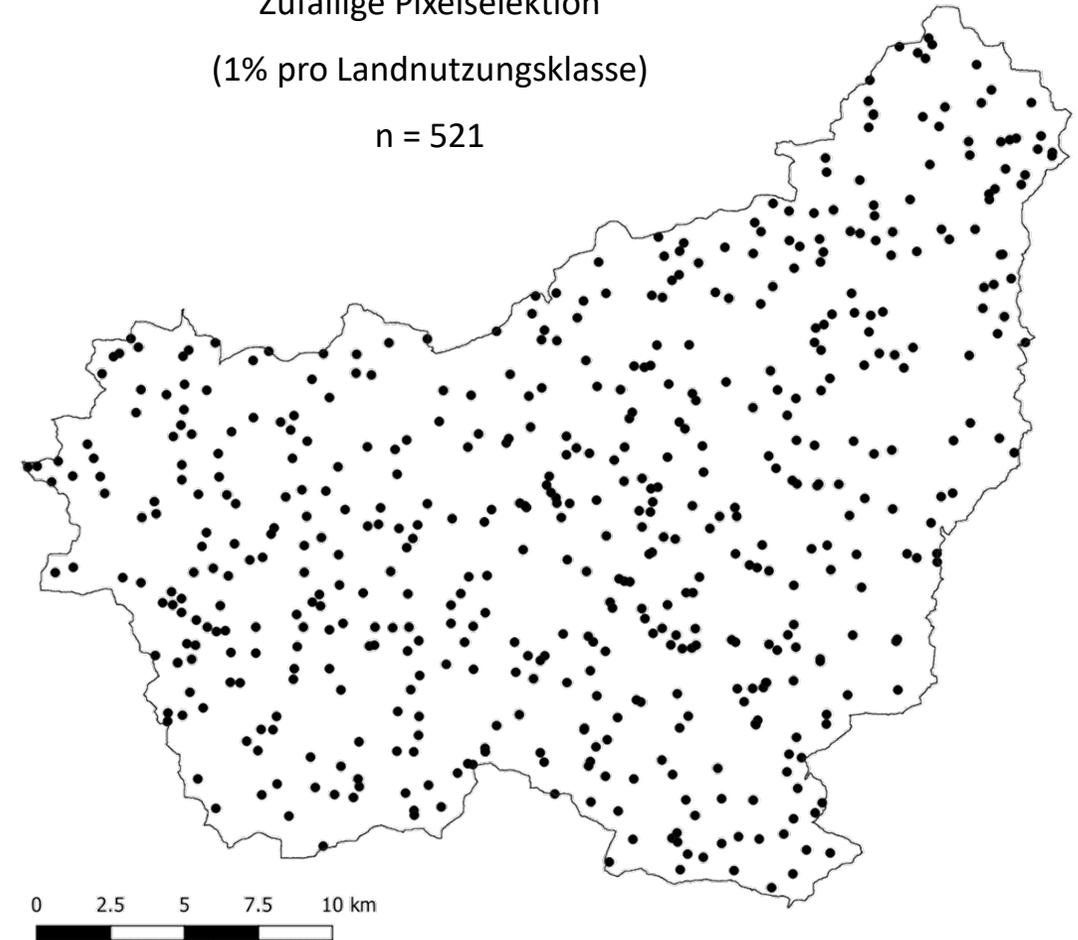


Harmonisierte LAI Zeitserie pro Pixel

InVeKos Landnutzung 2019  
Aggregiert auf 9 Landnutzungsclassen



Zufällige Pixelselektion  
(1% pro Landnutzungsclassen)  
n = 521



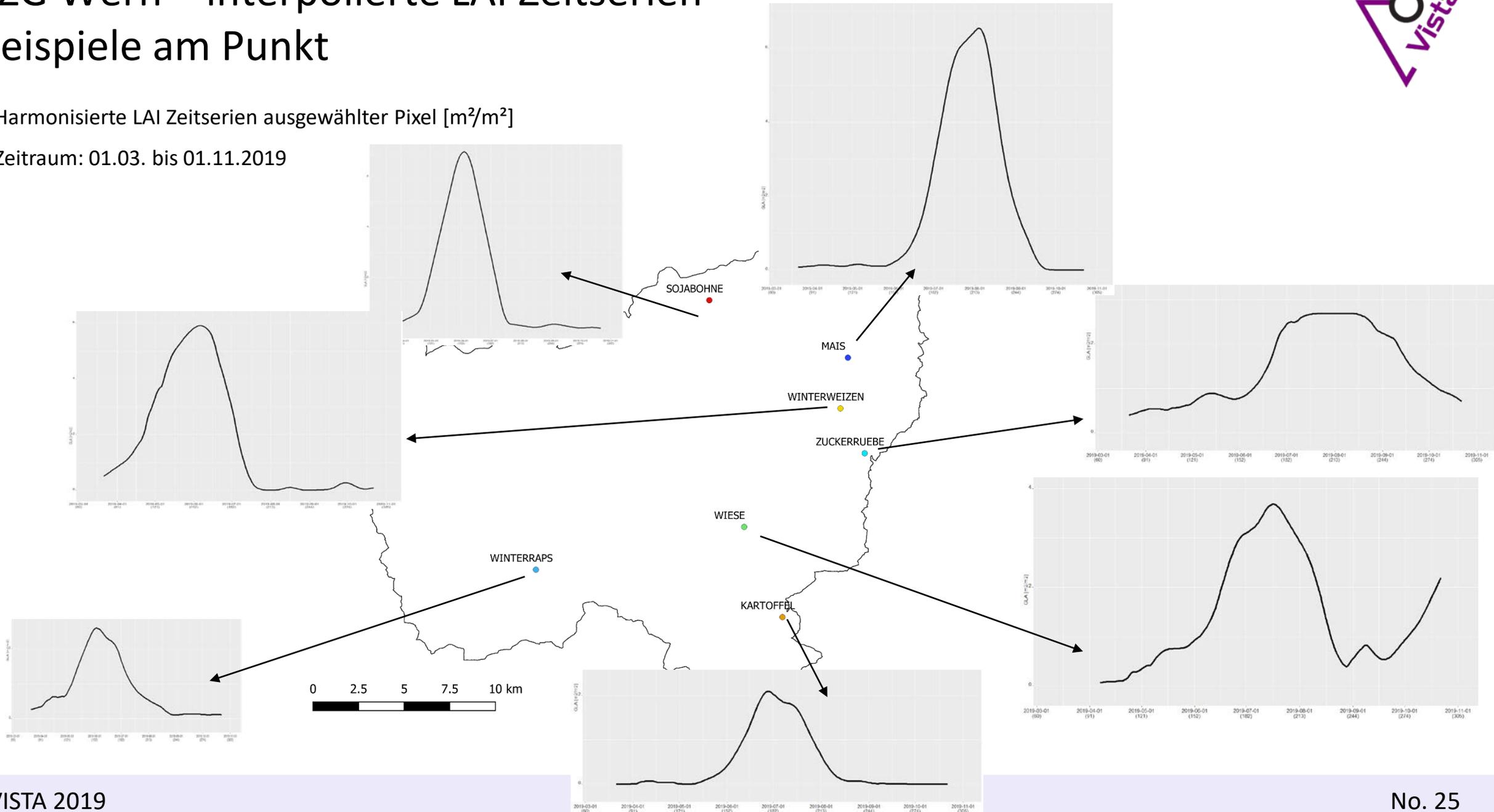
# EZG Wern – interpolierte LAI Zeitserien

## Beispiele am Punkt



Harmonisierte LAI Zeitserien ausgewählter Pixel [ $m^2/m^2$ ]

Zeitraum: 01.03. bis 01.11.2019



# Fruchtartenspezifische Ableitung von Pflanzenparametern – zukünftiger Workflow (automatisiert, in Entwicklung)

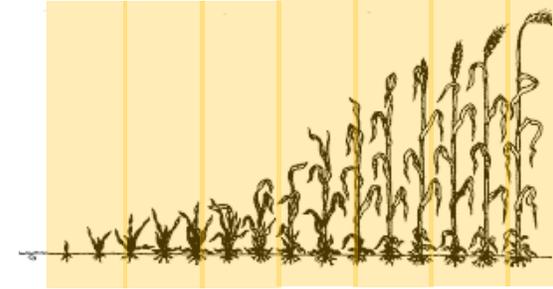
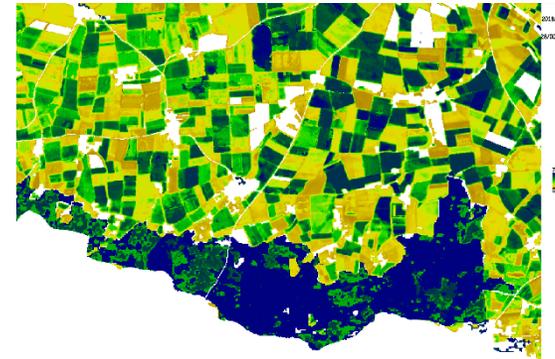
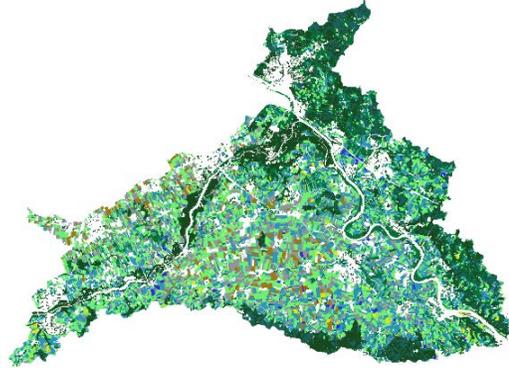
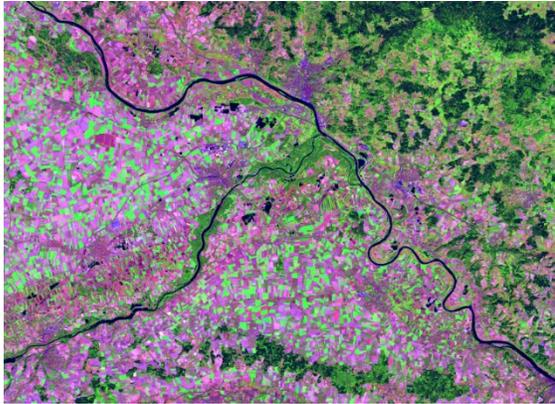


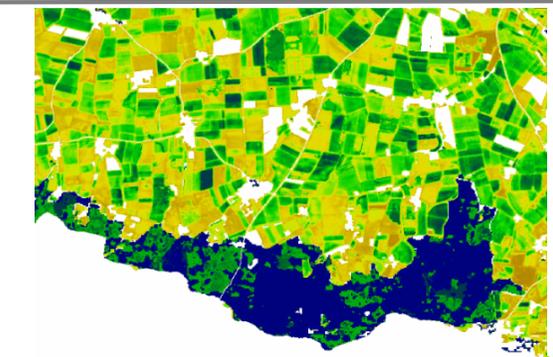
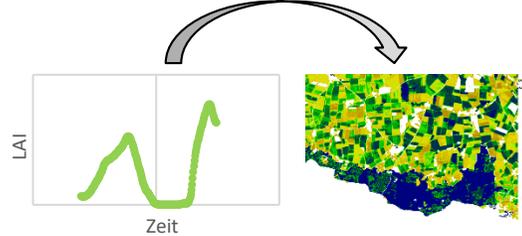
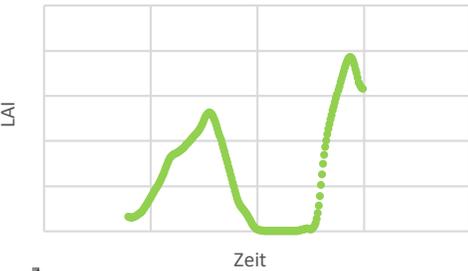
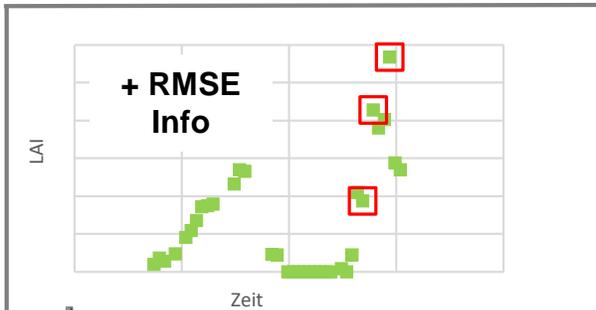
Bild: Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft

Vorprozessierte Satellitenaufnahmen  
z.B. März – Oktober 2019

Landnutzungsmaske

Fruchtartenspezifische Pflanzenparameterableitung pro Pixel und pro Termin (z.B. 21.06.2019)

Auswahl der korrekten Phänologie pro Schlag und pro Termin (z.B. 21.06.2019)



Verbesserter Ausreißertest pro Pixel inkl. Verbesserter Ausreißerbereinigung

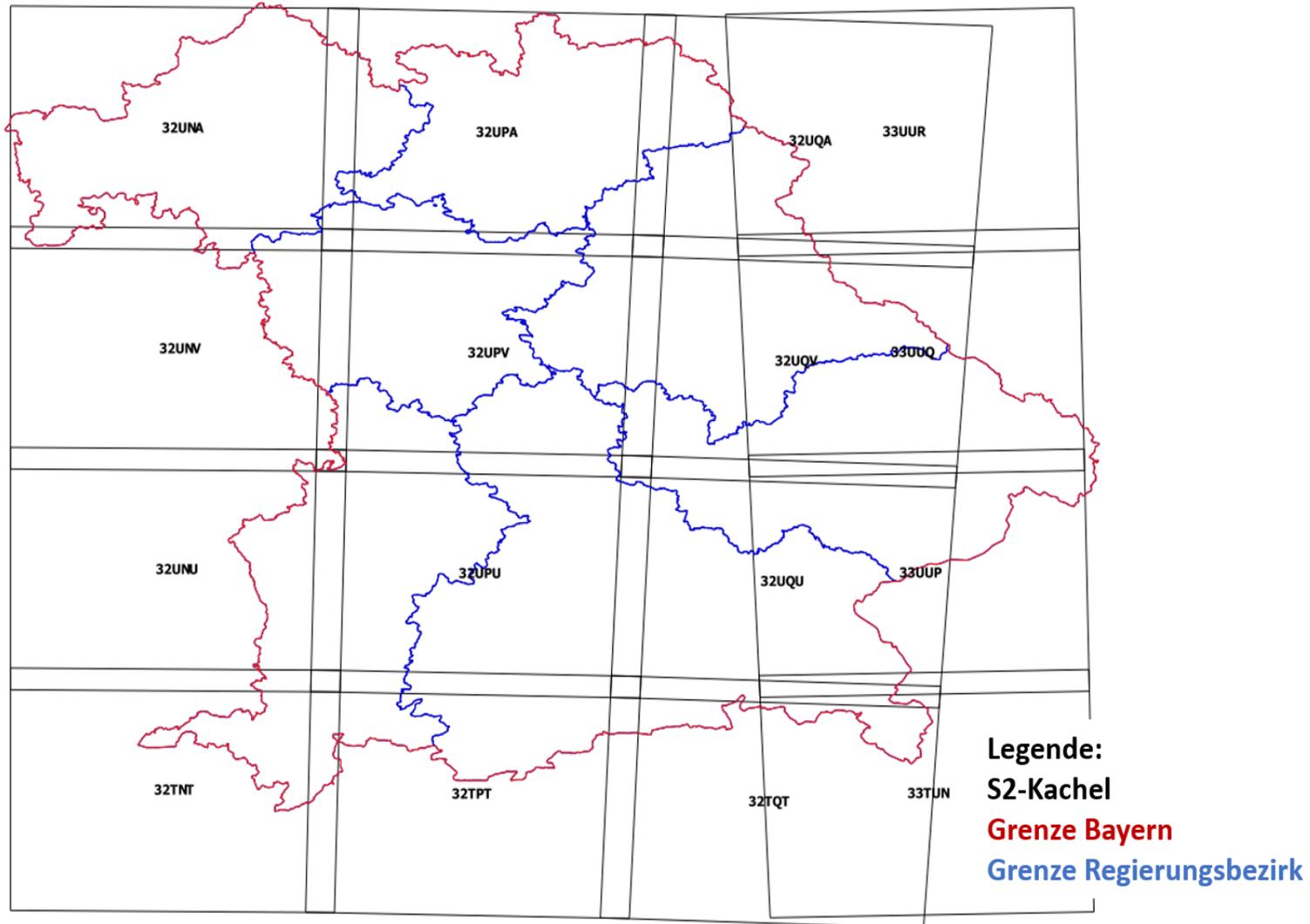
Lineare Interpolation und Glättung der diskreten LAI-Daten pro Pixel

Konvertierung in Zielformat

Harmonisierte LAI Zeitserie pro Pixel

# Bayern – Abdeckung mit Sentinel-2 Kacheln

## Aktueller Prozessierungsstand

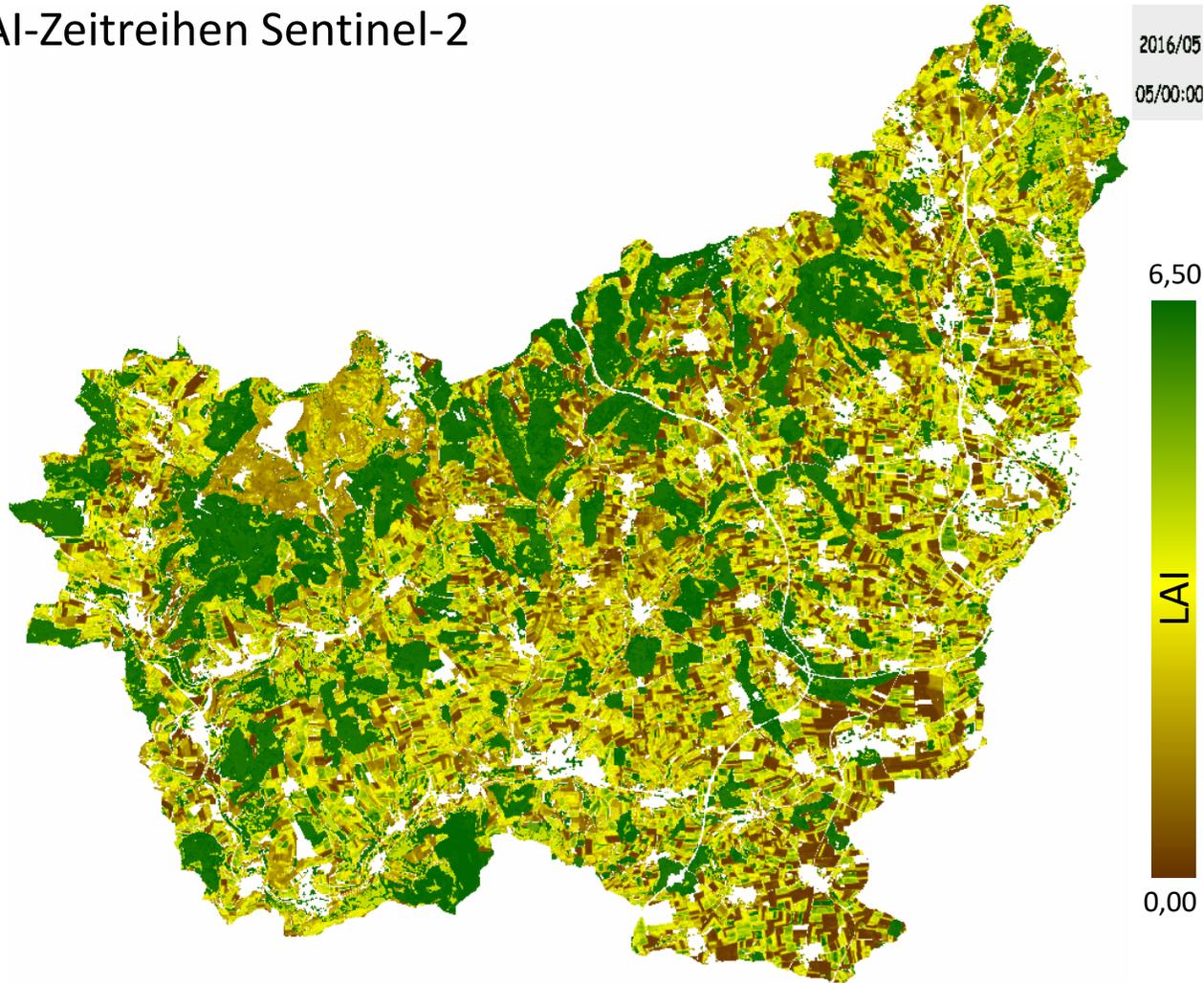


Zeitraum: Jan. 2016 bis Aug. 2020

Sentinel-2 Kachel	Prozessierte S2-Szenen	Prozessierte Datenmenge [GB]
32UNA	557	822.27
32UNV	560	908.37
32UNU	557	810.41
32TNT	778	784.54
32UPA	840	783.29
32UPV	842	766.90
32UPU	558	891.83
32TPT	559	1036.35
32UQA	562	924.35
32UQV	561	859.72
32UQU	559	790.80
32TQT	834	829.83
33UUR	563	829.61
33UUQ	839	862.97
33UUP	832	820.87
33TUN	555	855.44
<b>Σ</b>	<b>10558</b>	<b>13.3 TB</b>

# Assimilation von Fernerkundungsdaten

LAI-Zeitreihen Sentinel-2



Harmonisierte LAI-Zeitreihe des  
Blattflächenindex für das Einzugsgebiet  
der Wern im Jahr 2016 (alle vollständigen  
Szenen)



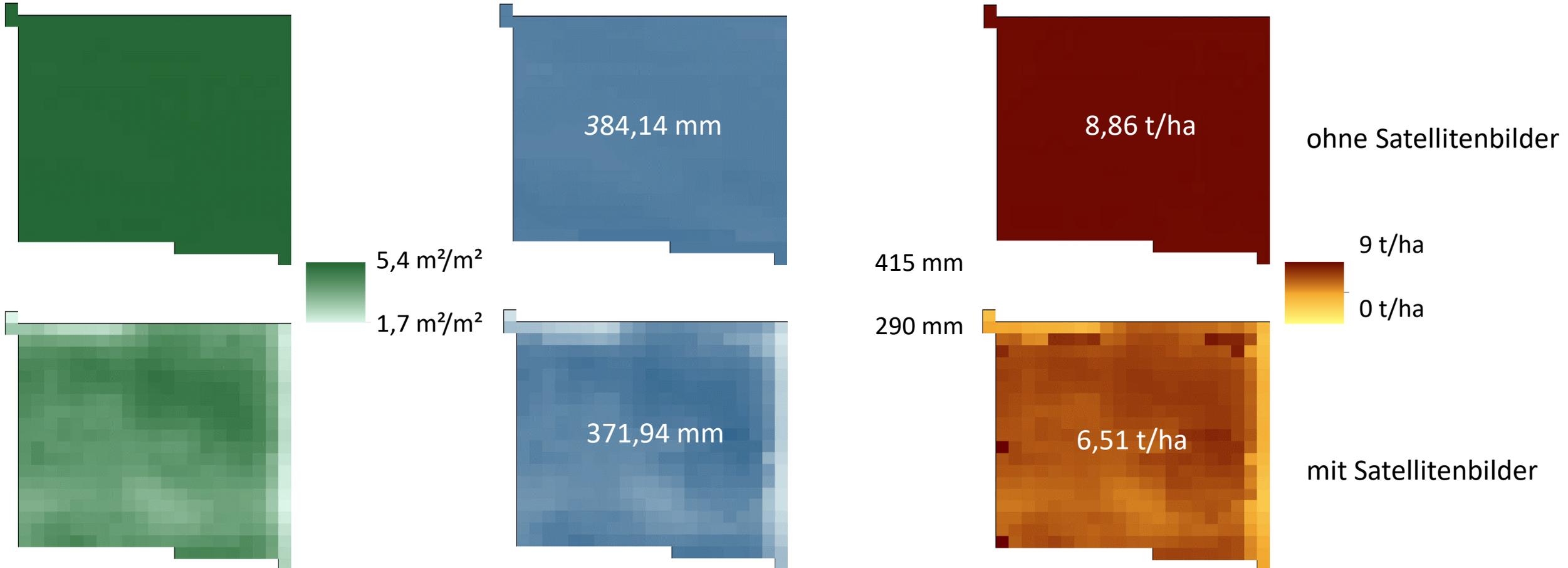
# Assimilation von Fernerkundungsdaten

Beispiel Winterweizenfeld

LAI 02.06.2016 [ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ]

Jahressumme Evapotranspiration [mm]

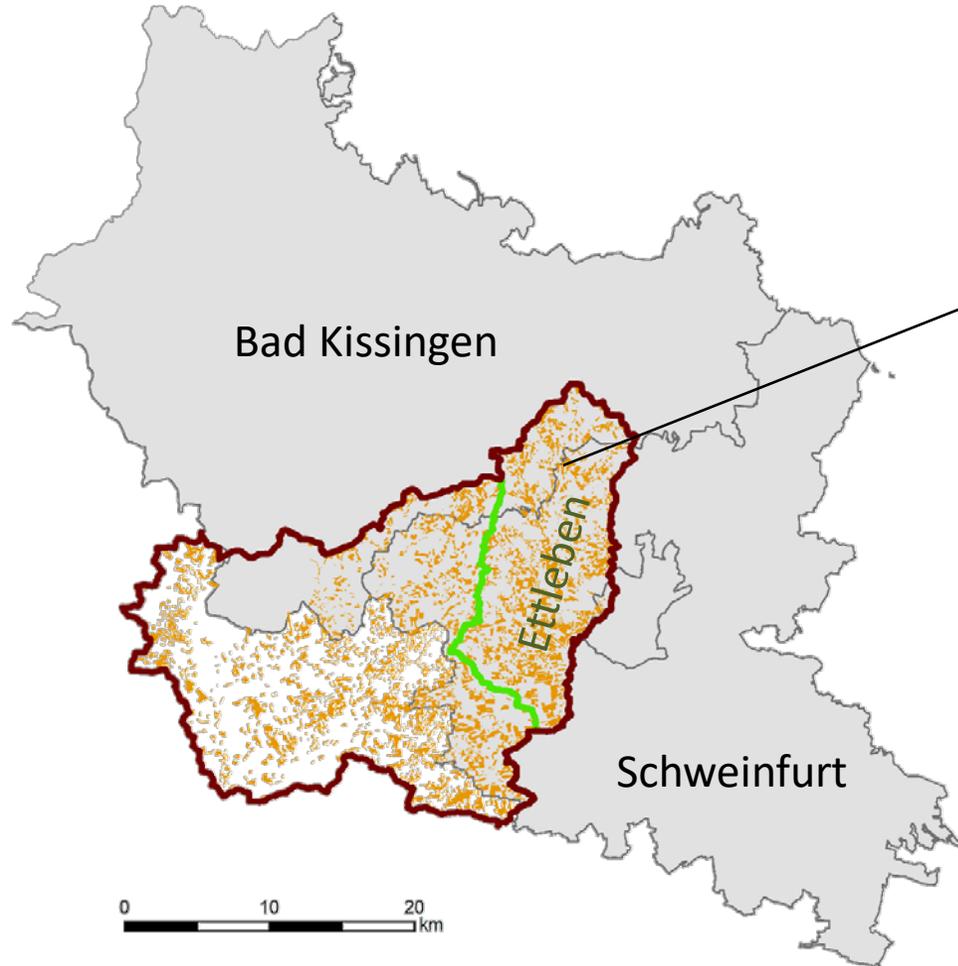
Ertrag [t/ha]



# Assimilation von Fernerkundungsdaten

## Winterweizen im EZG Ettleben

EZG Ettleben mit 46 km<sup>2</sup> Winterweizen



### Ertragsstatistik

### Modellergebnis

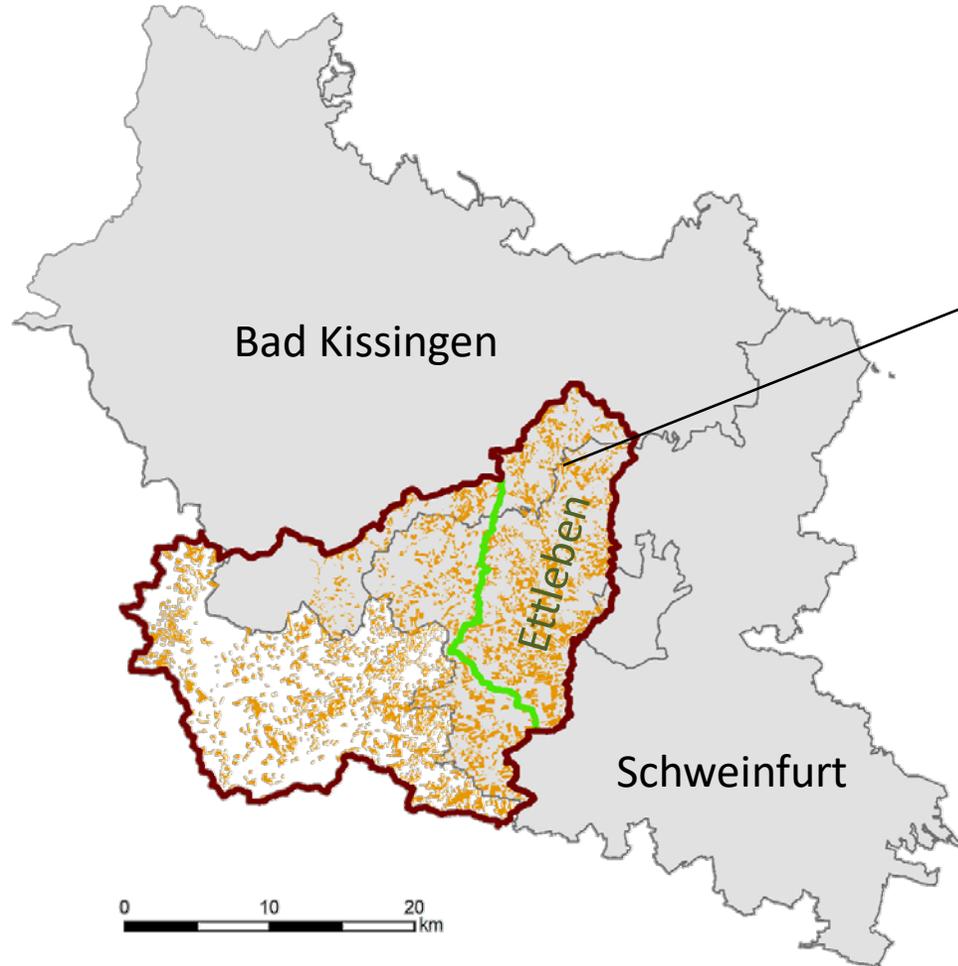
	Bad Kissingen	Schweinfurt	Weizen ohne Satellitenbilder	Weizen mit Satellitenbilder
Summe Evapotrans. [mm]			502,92	460,33
Ertrag [t/ha] 2016	7,24	7,77	8,72	7,56

Ertragsstatistik © Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2019.

# Assimilation von Fernerkundungsdaten

Winterweizen im EZG Ettleben

EZG Ettleben mit 24 Landnutzungen



	<i>Messdaten</i>		<i>Modellergebnis</i>	
	Ettleben	Ettleben ohne Satellitenbilder	Ettleben mit Satellitenbilder	
Summe Niederschlag [mm]	601,44			
Summe Evapotrans. [mm]		502,55	470,71	
Abfluss [mm]	<b>92,75</b>	<b>98,90</b>	<b>130,74</b>	

Gemessener Abfluss © Bayerisches Landesamt für Umwelt, [www.gkd.bayern.de](http://www.gkd.bayern.de), 2020.

# Assimilation von Fernerkundungsdaten

## Fazit und Ausblick

Die Assimilation von Fernerkundungsdaten beeinflusst die Entstehung von heterogenen Mustern auf Feldebene und auch die Ergebnisse (z.B. Gesamtverdunstung, Ertrag) auf EZG-Ebene.

- Weitere Analysen auf Feldebene
- Einbindung von LAI Zeitreihen aus verbessertem Prozessierungs-Workflow

