Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Tag der Hydrologie 2025

Session A - Modellierung von Landmanagement und Klimawandel

20.03.2025

Modellbasierte Evaluierung von Maßnahmen zur Steigerung der Dürreresilienz des Landschaftswasserhaushalts

Sven Grantz, Paul Wagner, Jens Kiesel & Nicola Fohrer

KLIMAWERK WASSER:LANDSCHAFT

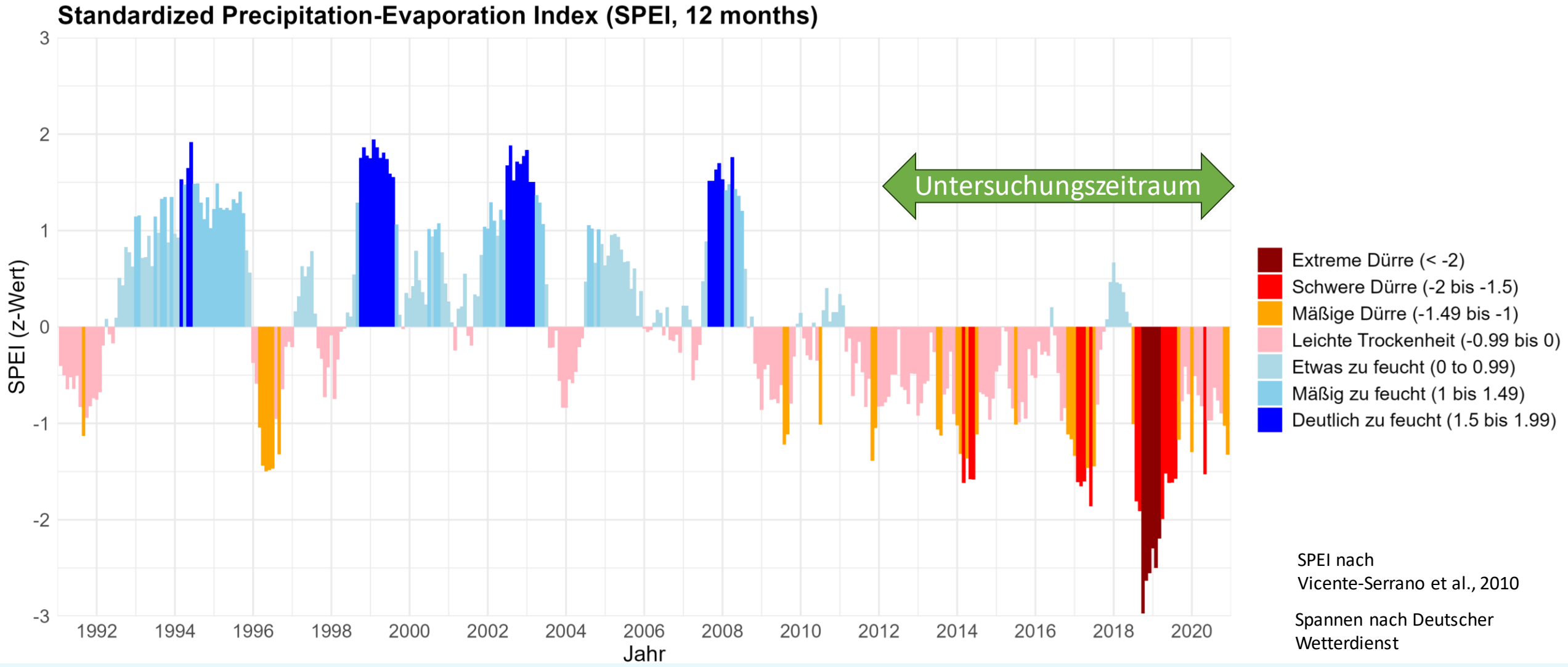
FONA Forschung für Nachhaltigkeit

WaX Wasser-Extremereignisse

GEFÖRDERT VOM Bundesministerium für Bildung und Forschung

INR

Entwicklung der klimatischen Wasserbilanz im oberen Lippeeinzugsgebiet



SPEI nach
Vicente-Serrano et al., 2010

Spannen nach Deutscher Wetterdienst

Auswirkungen von Dürren

Reduzierung land- und forstwirtschaftlicher Erträge

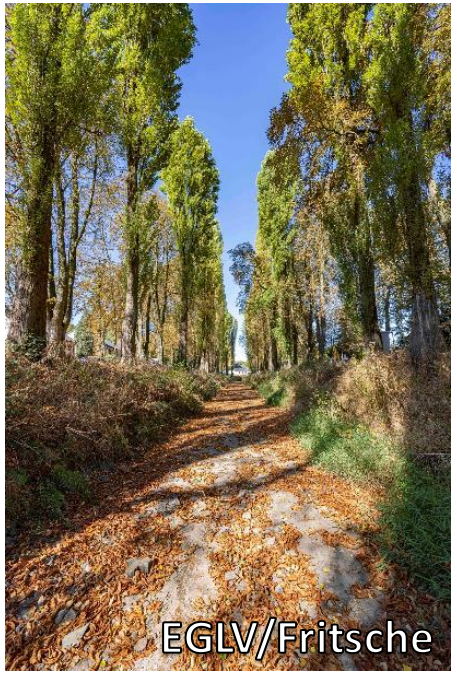
Vertrockneter Mais, 2018

Schäden im Haarener Wald, 2025

Drohende Versorgungsengpässe

Niedriger Wasserstand Talsperre Hullern, 2019

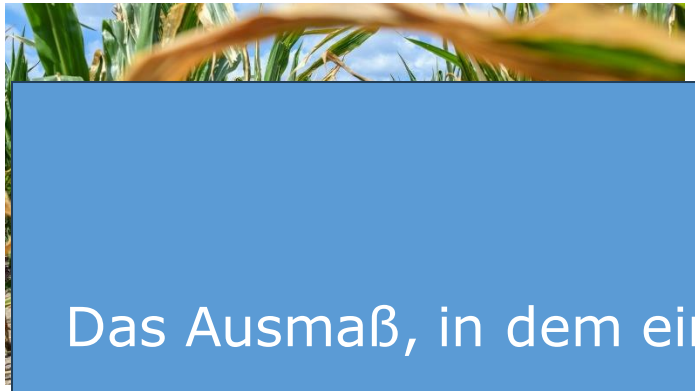
Degradierung von Ökosystemleistungen

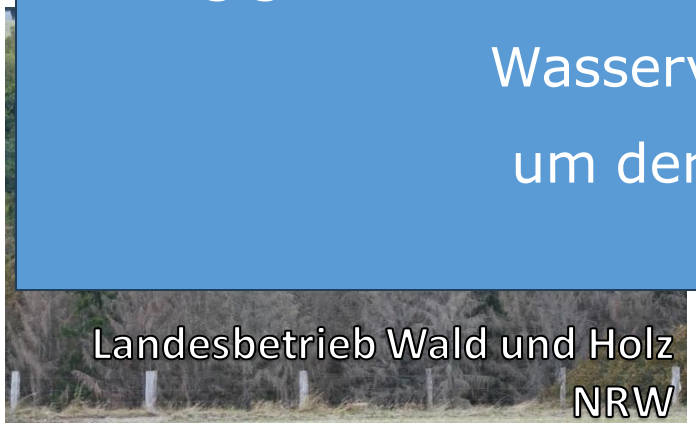


Trockengefallener Rotbach in Dinslaken, 2022

Auswirkungen von Dürren

Reduzierung land- und forstwirtschaftlicher Erträge





Schäden im Haarener Wald, 2025

Degradierung von Ökosystemleistungen

Trockengefallener Rotbach in Dinslaken, 2022

<u>Dürreresilienz</u>

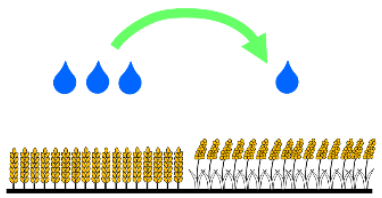
Das Ausmaß, in dem ein hydrologisches System die Wasserbedürfnisse der von ihm abhängigen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Systeme in Perioden knapper Wasserverfügbarkeit in ausreichendem Maße deckt, um deren Systemfunktionen aufrecht zu erhalten.

Talsperre Hullern, 2019

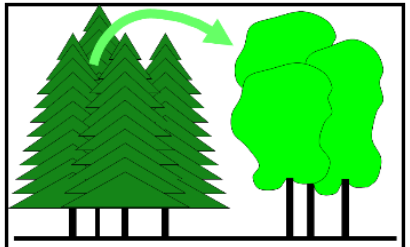
Definition: Dürreresilienz

- Das Ausmaß, in dem ein hydrologisches System die
- Deckung der Wasserbedürfnisse der von ihm abhängigen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Systeme
- in Perioden knapper Wasserverfügbarkeit in ausreichendem Maße deckt, um deren Systemfunktionen aufrecht zu erhalten.

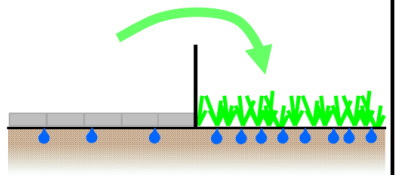
Wird der Landschaftswasserhaushalt durch eine angepasste Landbedeckung dürreresilienter?



Anpassung der Feldfrüchte



Landnutzungsänderung Nadel- zu Laubwald



Flächenentsiegelung und Erhöhung der Grundwasserinfiltration

Steigt die Wasserretention in den angepassten Flächen?
Verbessert sich der Bodenwasserhaushalt?

Ökohydrologische Modellierung der angepassten Flächen

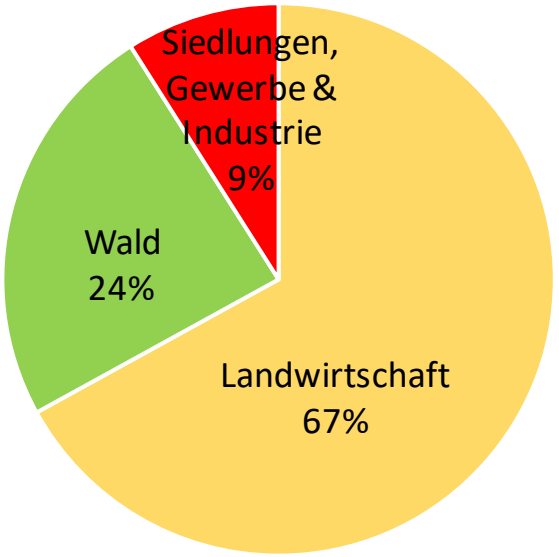
SWAT+
SOIL & WATER ASSESSMENT TOOL

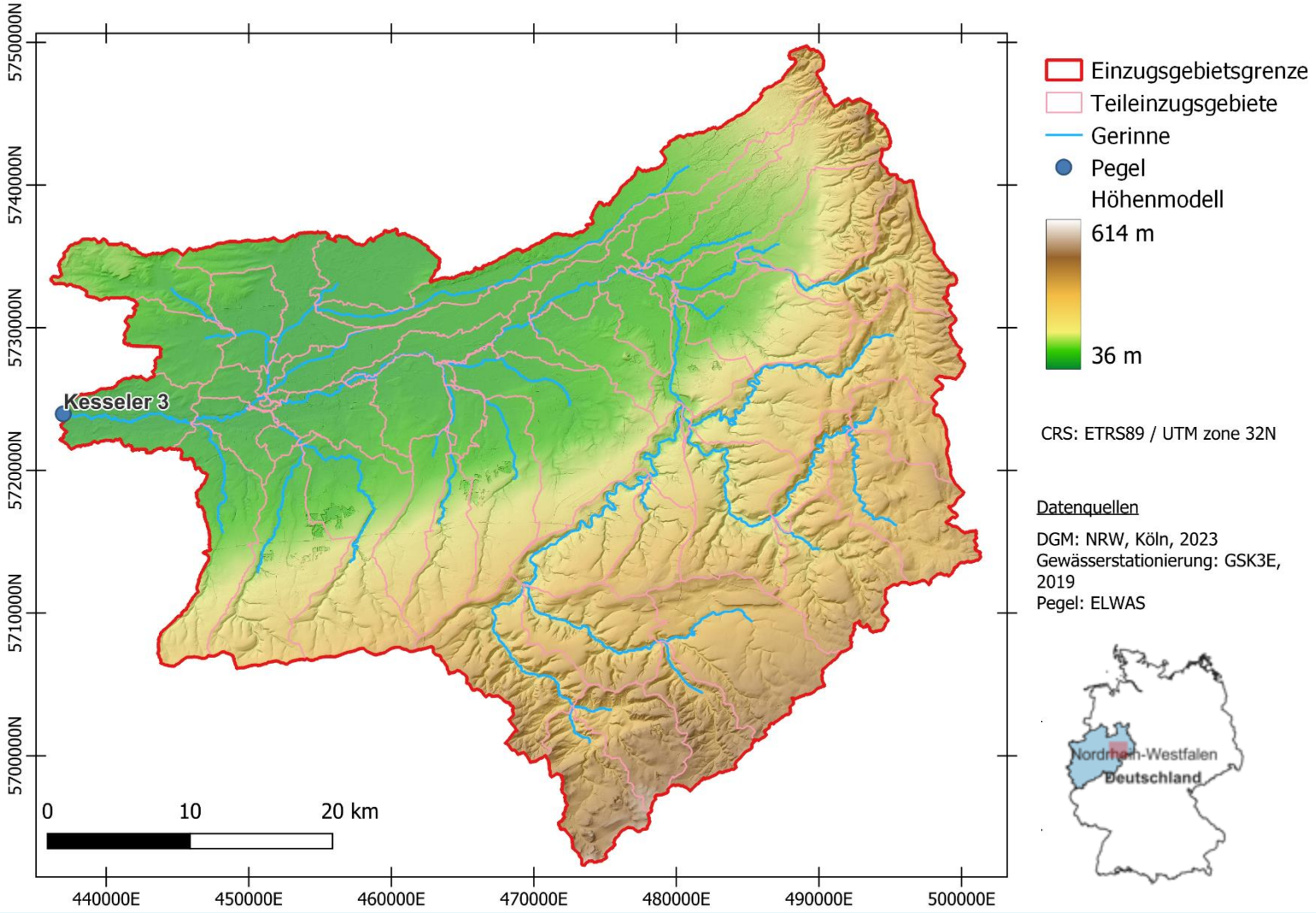
Das obere Einzugsgebiet der Lippe

Fläche: 1,983 km²

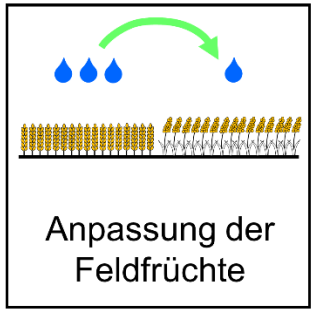
Abfluss (MQ) Kesseler 3:
22 m^3s^{-1} (1991-2020)

Landnutzung:





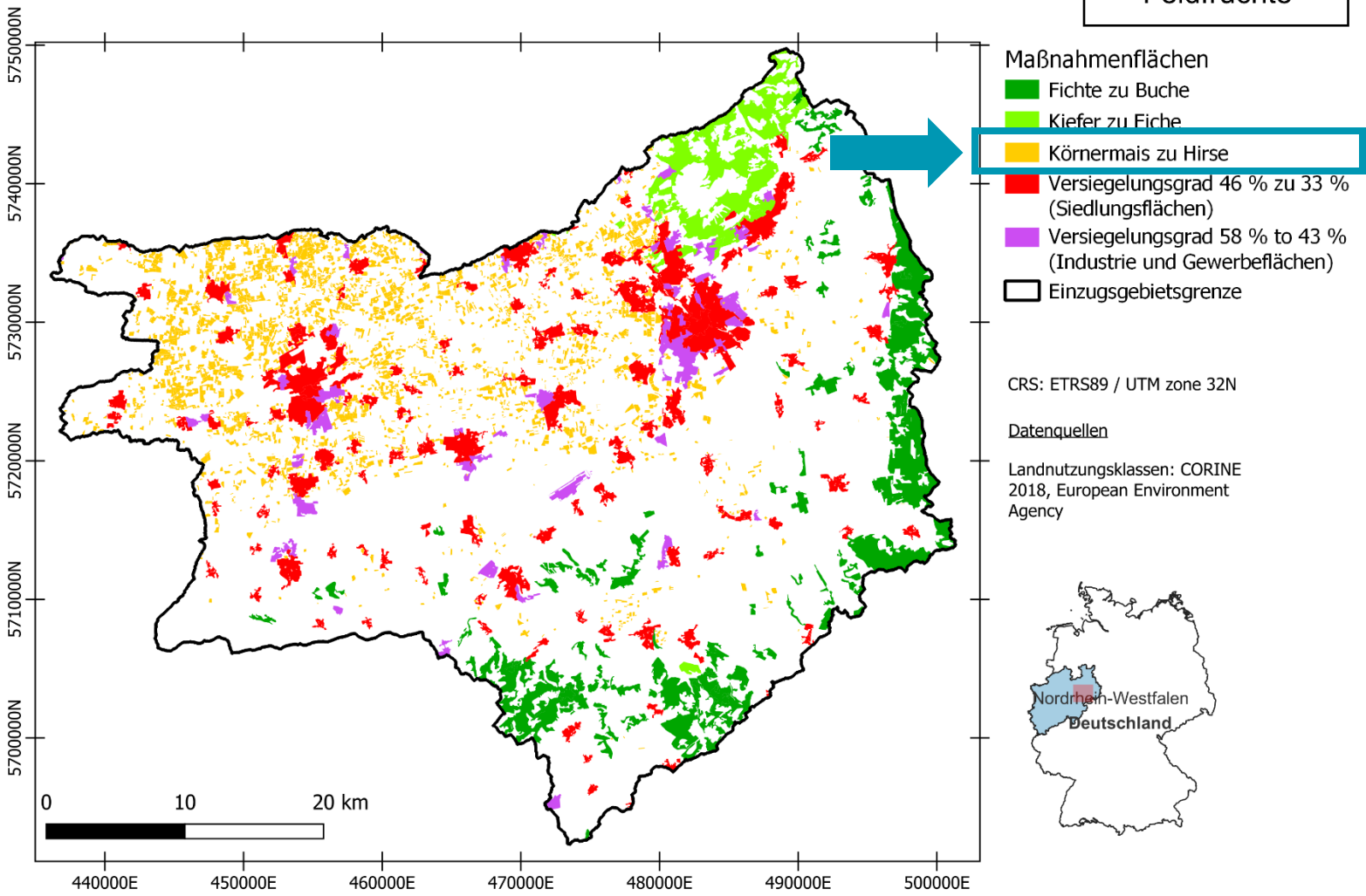
Anpassung auf Agrarflächen



Modellierte Maßnahme	Anbau von Hirse anstelle von Körnermais
Fläche	94.6 km²
Flächenanteil	6 %

Modellparametrisierung

- Parzellengenaue Landnutzungskarte auf Grundlage der InVeKoS-Datenbank von 2016-2022
- Regionalisierung von Landbewirtschaftungsparametern

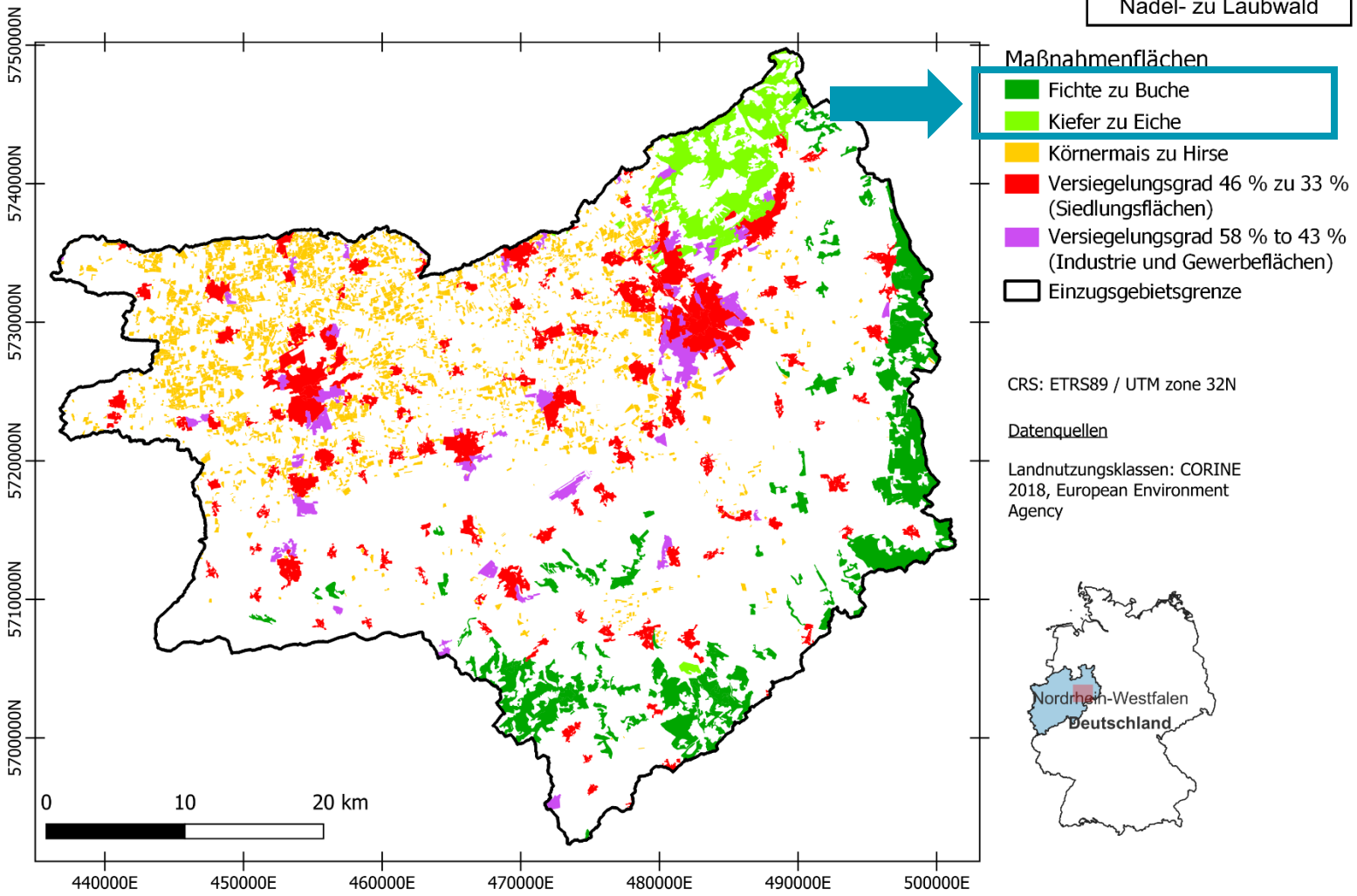


Anpassung auf Waldflächen

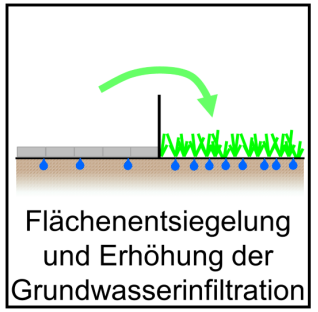
Modellierte Maßnahme	Änderung der dominanten Baumarten von Fichte zu Buche und Kiefer zu Eiche
Fläche	Fichte: 125 km² Kiefer: 49 km²
Flächenanteil	9 %

Modellparametrisierung

- Dominante Baumarten entspr. Thünen Waldatlas (Blickensdörfer et al., 2024)
- Angepasste Baumparameter (Müller, 2022)



Anpassung auf bebauten Flächen



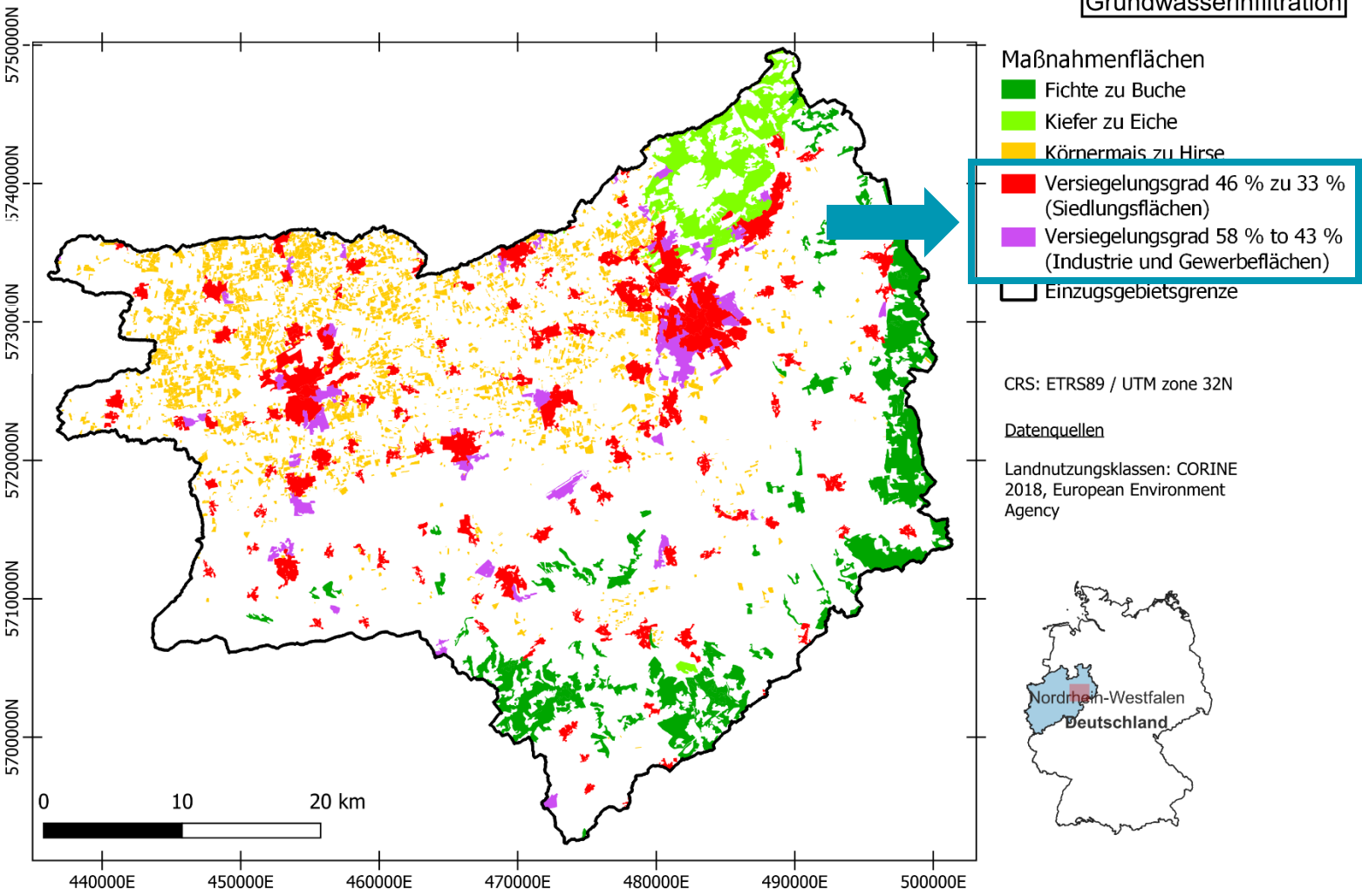
Modellierte Maßnahme Reduktion des Versiegelungsgrads in Siedlungen: - 13 pp
Industrie- und Gewerbeflächen: - 15 pp

Fläche 181 km²

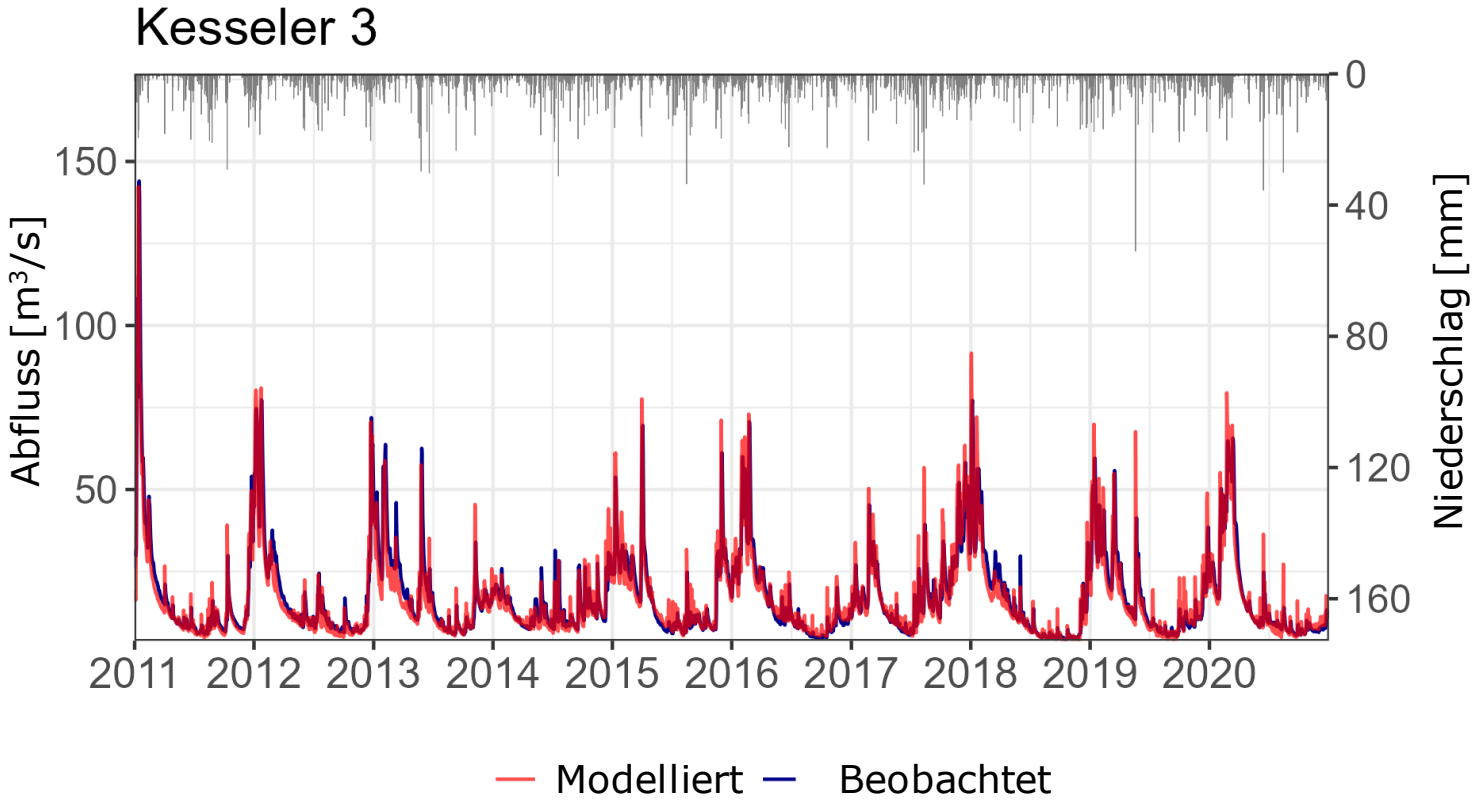
Flächenanteil 9 %

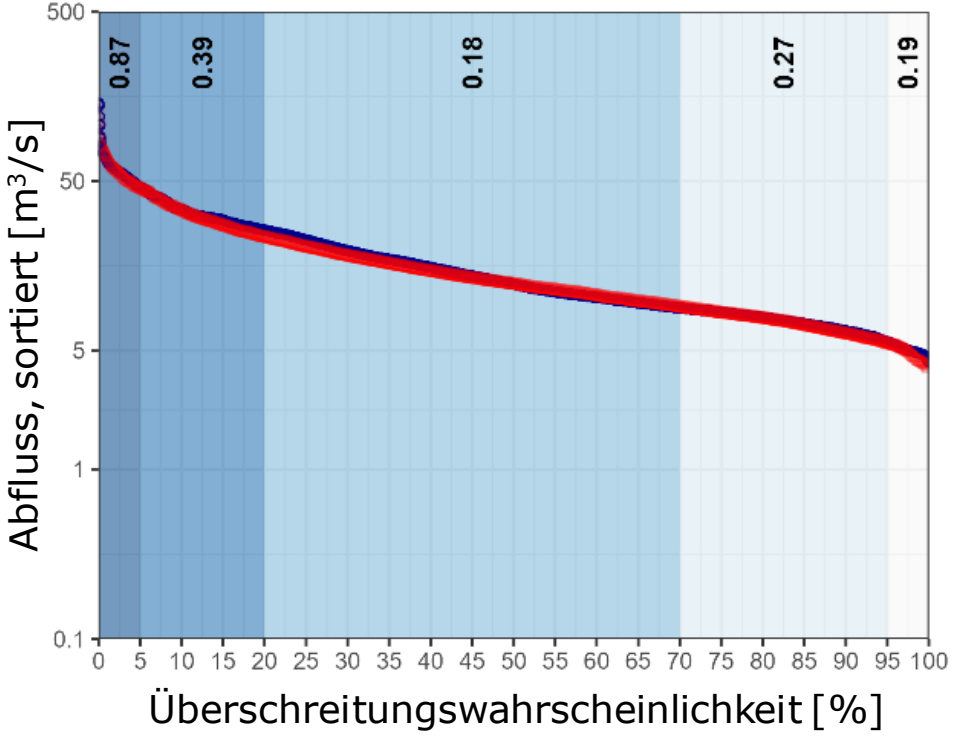
Modellparametrisierung

Regionalisierter Versiegelungsgrad n. 10 m Raster 2018 der European Environment Agency (EEA, 2020)



Modellkalibrierung und -güte

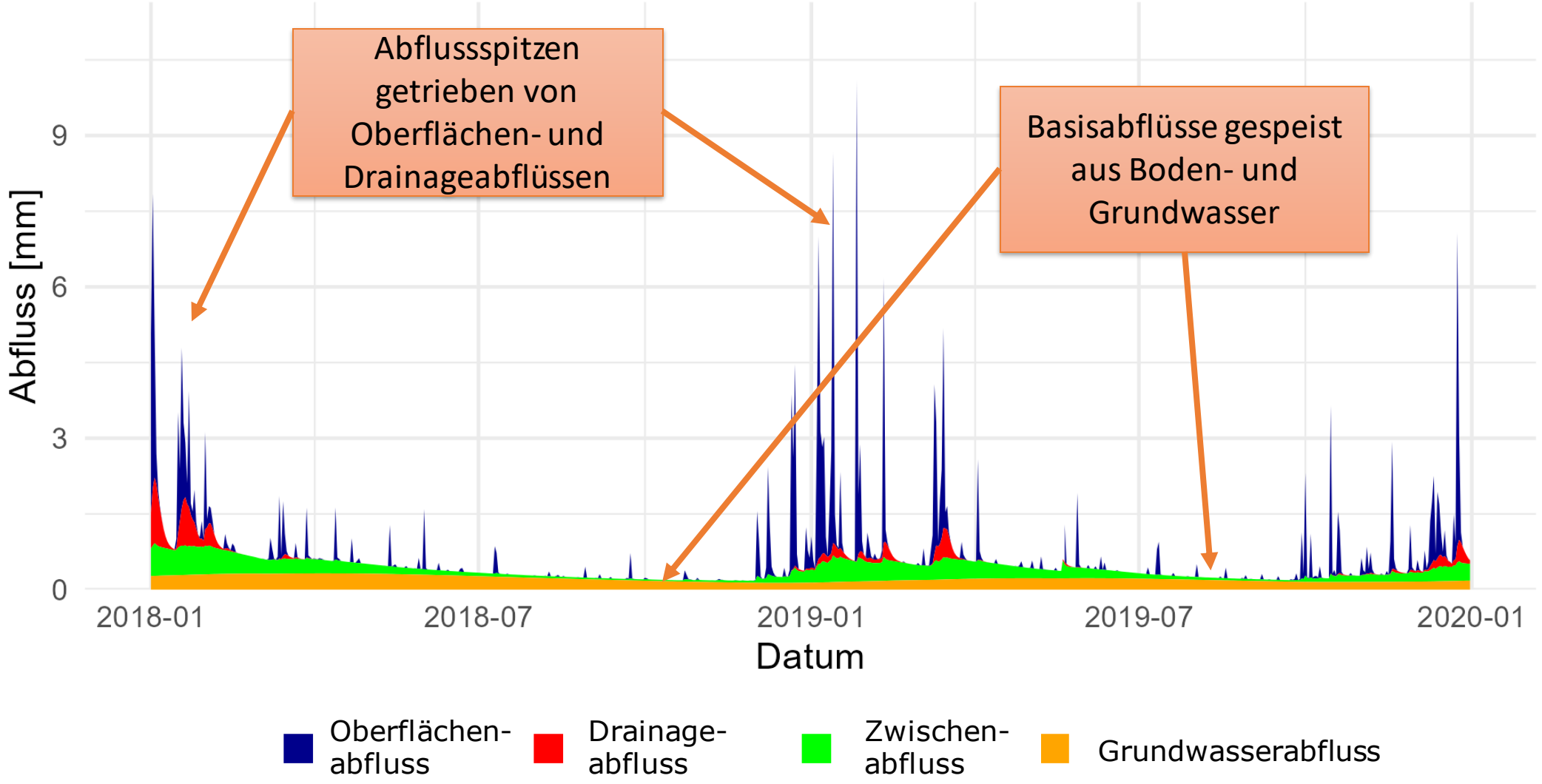




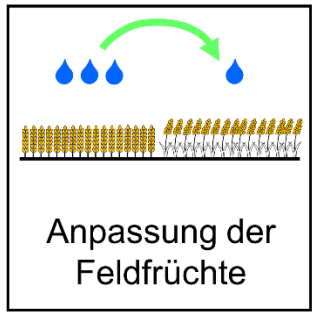
Prozentuale Abweichung (PBIAS):	-3.4
Kling-Gupta-Effizienz (modifiziert 2012):	0.90
Nash-Sutcliffe Effizienz:	0.83

Abflussdauerlinie (log. Skala) mit Angabe der Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler in den Segmenten
Segmentierung der Abflussdauerlinie nach Pfannerstill et al. 2014

Dynamik der Abflusskomponenten



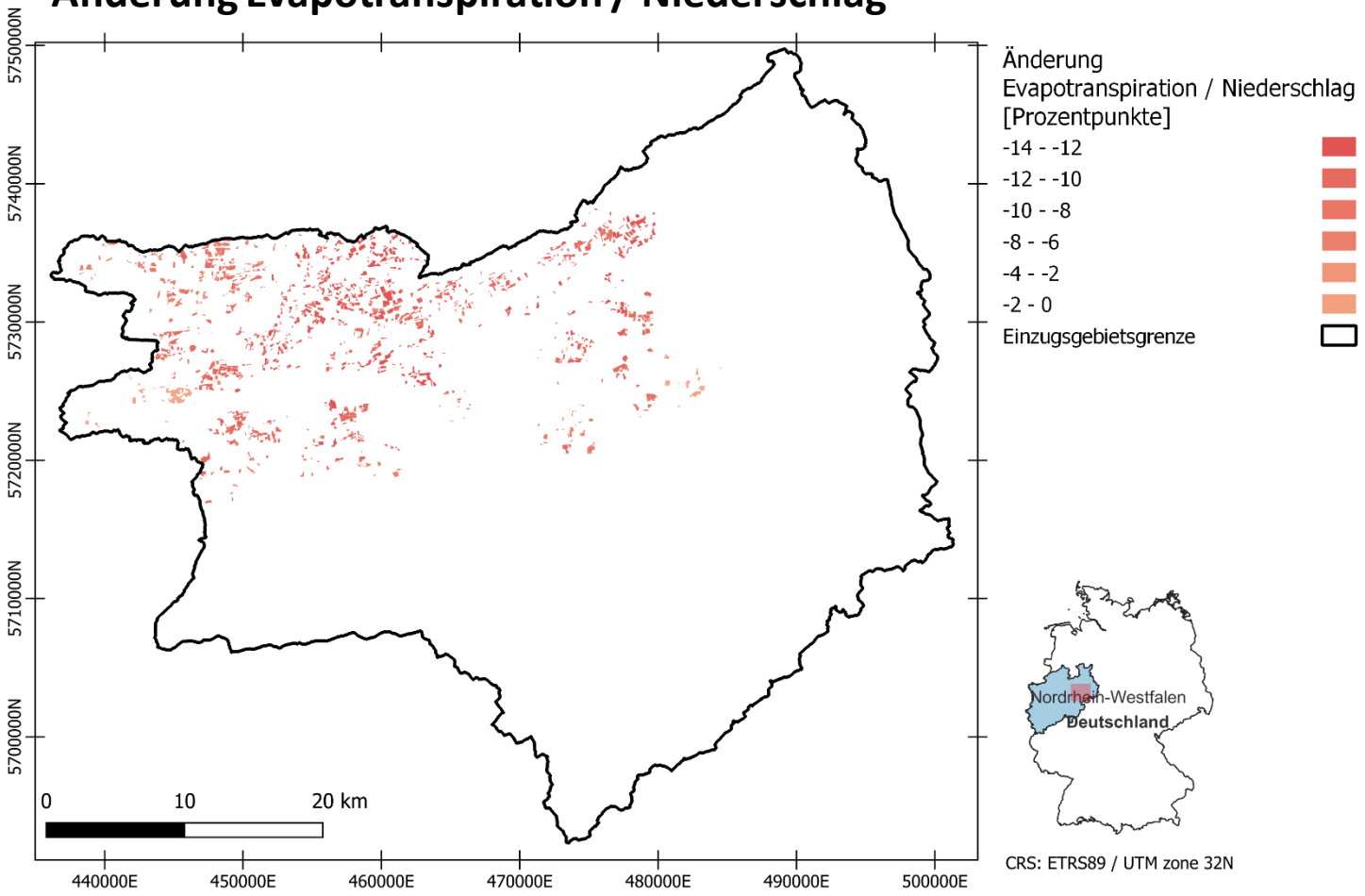
Retentionswirkungen



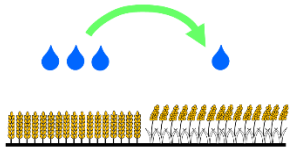
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	663 mm	
Evapotranspiration	89 % **-12 PP**	
Oberflächenabfluss	0 % **+0 PP**	
Drainageabfluss	0 % **+3 PP**	
Lateraler Abfluss	4 % **+2 PP**	
Grundwasser-neubildung	9% **+5 PP**	

Änderung Evapotranspiration / Niederschlag



Retentionswirkungen

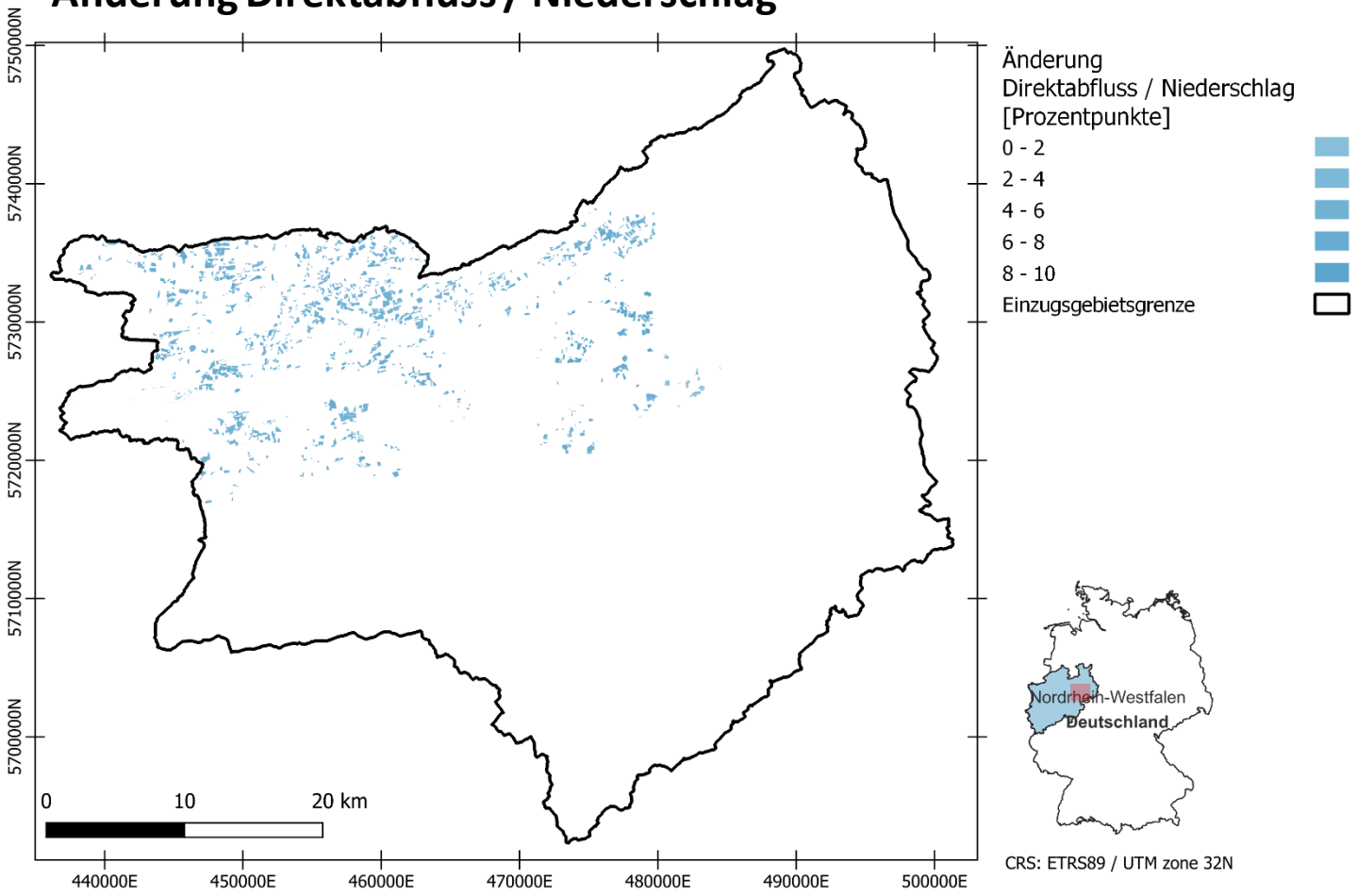


Anpassung der Feldfrüchte

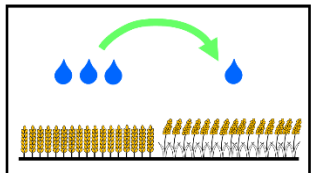
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	663 mm
Evapotranspiration	89 % **-12 PP**
Oberflächenabfluss	0 % **+0 PP**
Drainageabfluss	0 % **+3 PP**
Lateraler Abfluss	4 % **+2 PP**
Grundwasser-neubildung	9% **+5 PP**

Änderung Direktabfluss / Niederschlag



Retentionswirkungen

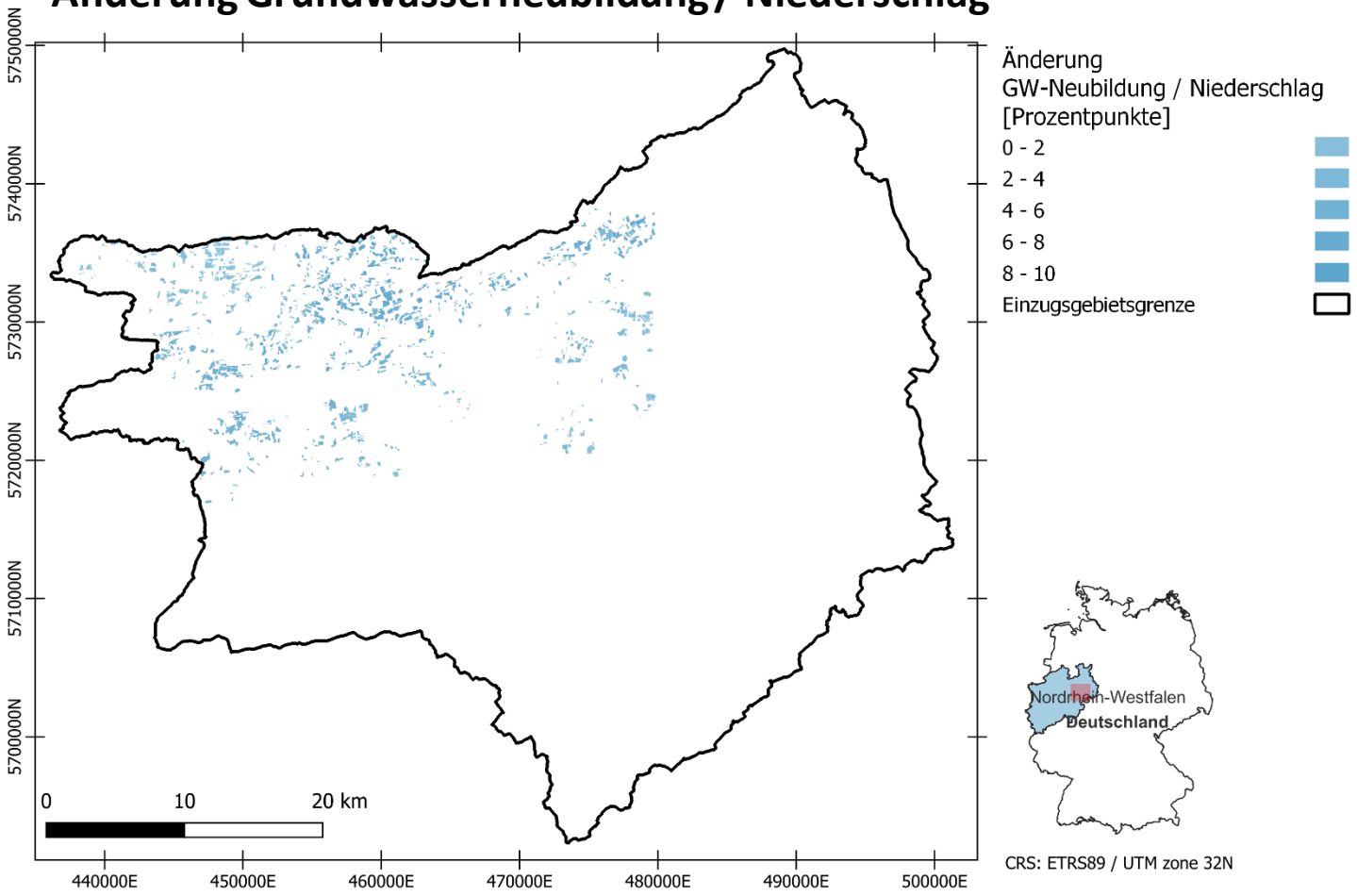


Anpassung der Feldfrüchte

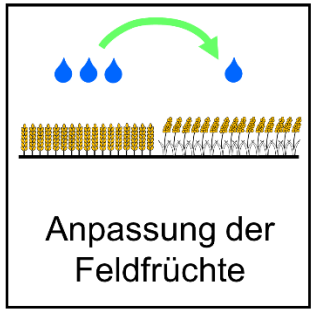
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

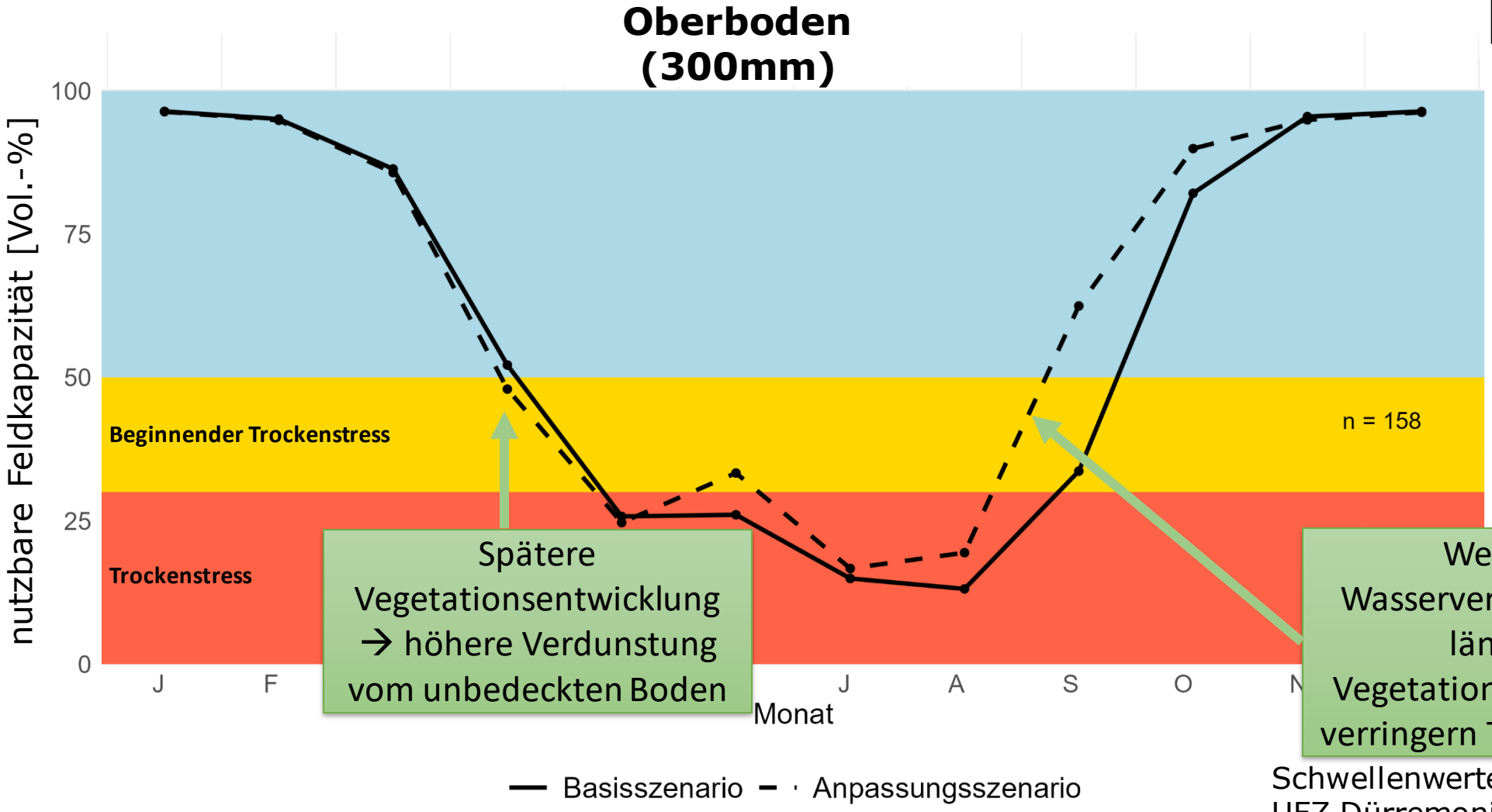
Niederschlag	663 mm
Evapotranspiration	89 % **-12 PP**
Oberflächenabfluss	0 % **+0 PP**
Drainageabfluss	0 % **+3 PP**
Lateraler Abfluss	4 % **+2 PP**
Grundwasser-neubildung	9% **+5 PP**

Änderung Grundwasserneubildung / Niederschlag



Änderungen des Bodenwassergehalts





Spätere Vegetationsentwicklung → höhere Verdunstung vom unbedeckten Boden

Weniger Wasserverbrauch und längere Vegetationsbedeckung verringern Trockenstress

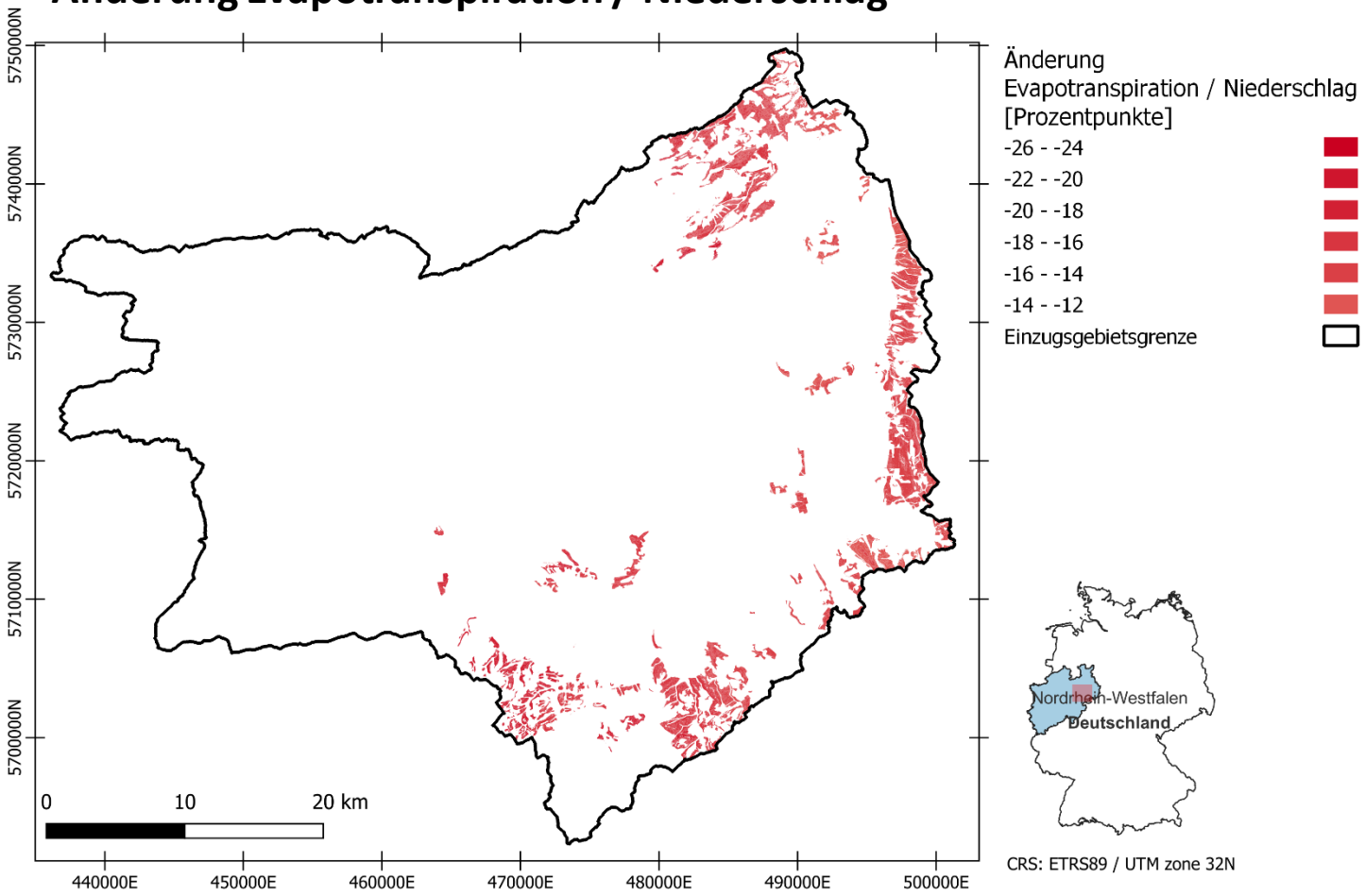
Schwellenwerte nach UFZ Dürremonitor Deutschland

Retentionswirkungen

Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag		839 mm
Evapotranspiration	↓	67 % **-16 PP**
Oberflächenabfluss	→	1 % **+0 PP**
Lateraler Abfluss	↗	22 % **+9 PP**
Grundwasser-neubildung	↑	9% **+4 PP**

Änderung Evapotranspiration / Niederschlag

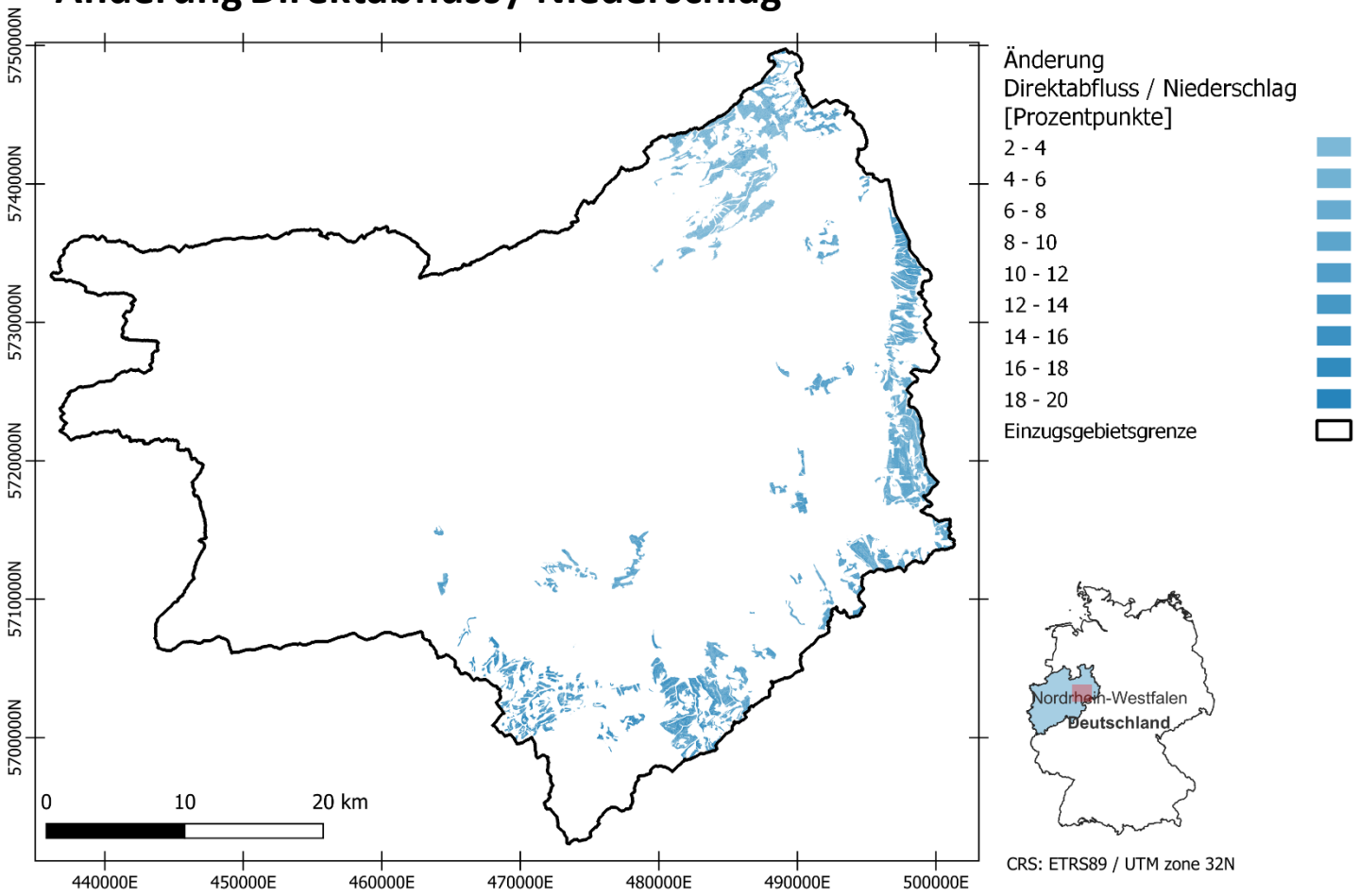


Retentionswirkungen

Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	839 mm
Evapotranspiration	67 % **-16 PP**
Oberflächenabfluss	1 % **+0 PP**
Lateraler Abfluss	22 % **+9 PP**
Grundwasser-neubildung	9% **+4 PP**

Änderung Direktabfluss / Niederschlag

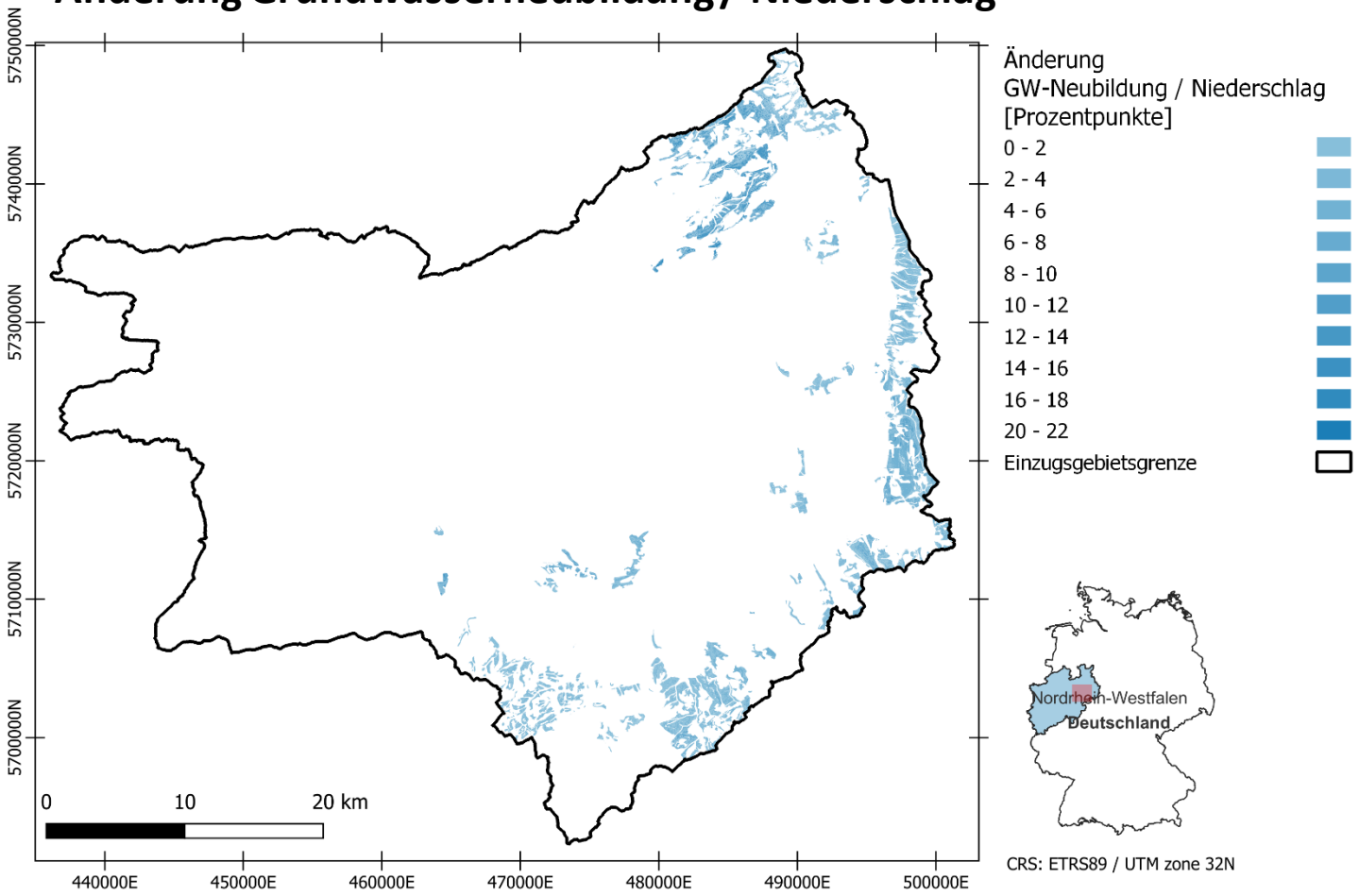


Retentionswirkungen

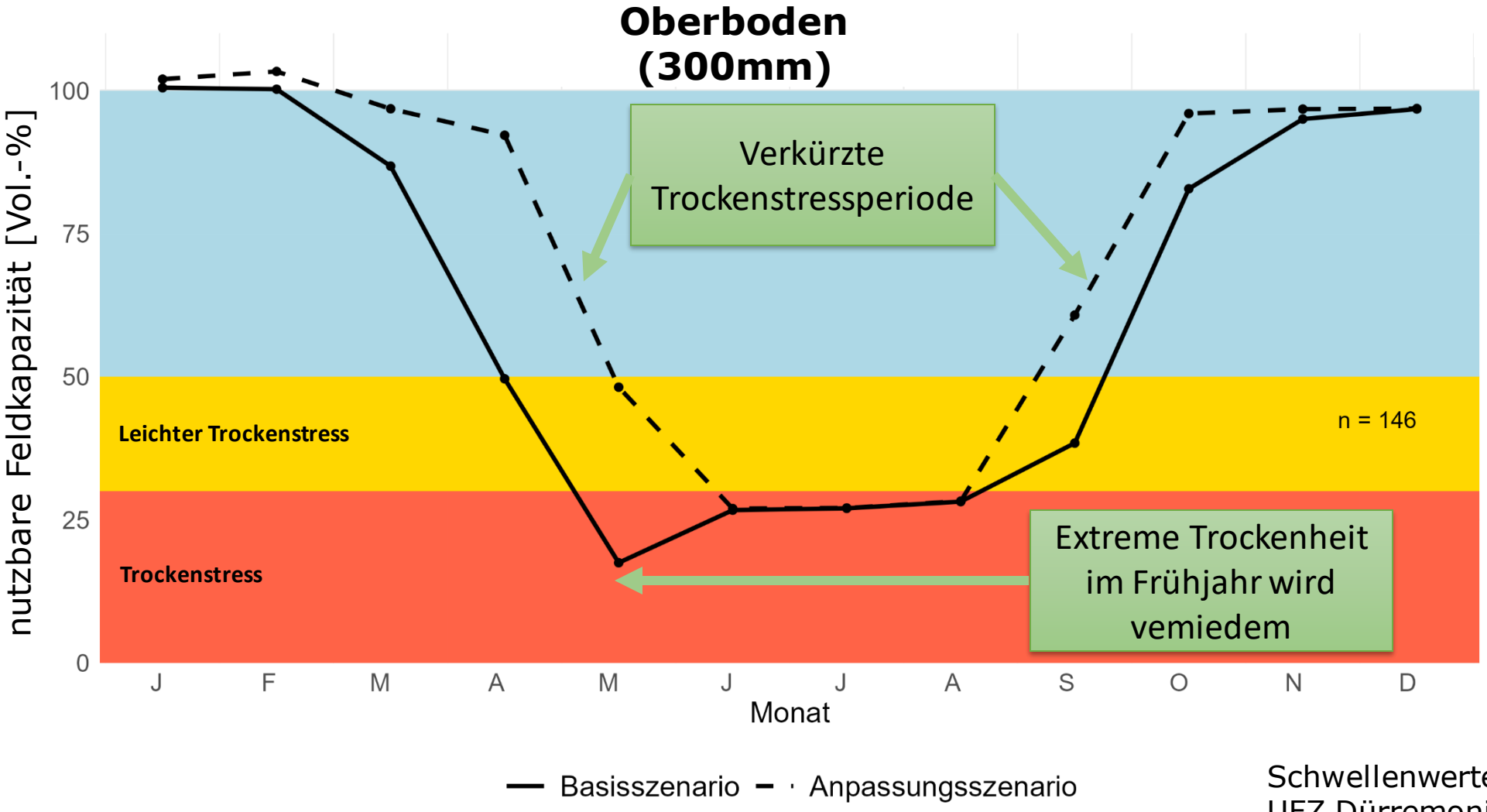
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	839 mm
Evapotranspiration	67 % **-16 PP**
Oberflächenabfluss	1 % **+0 PP**
Lateraler Abfluss	22 % **+9 PP**
Grundwasser-neubildung	9% **+4 PP**

Änderung Grundwasserneubildung / Niederschlag

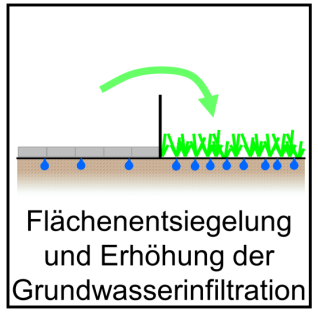


Änderungen des Bodenwassergehalts



Schwellenwerte nach
UFZ Dürremonitor Deutschland

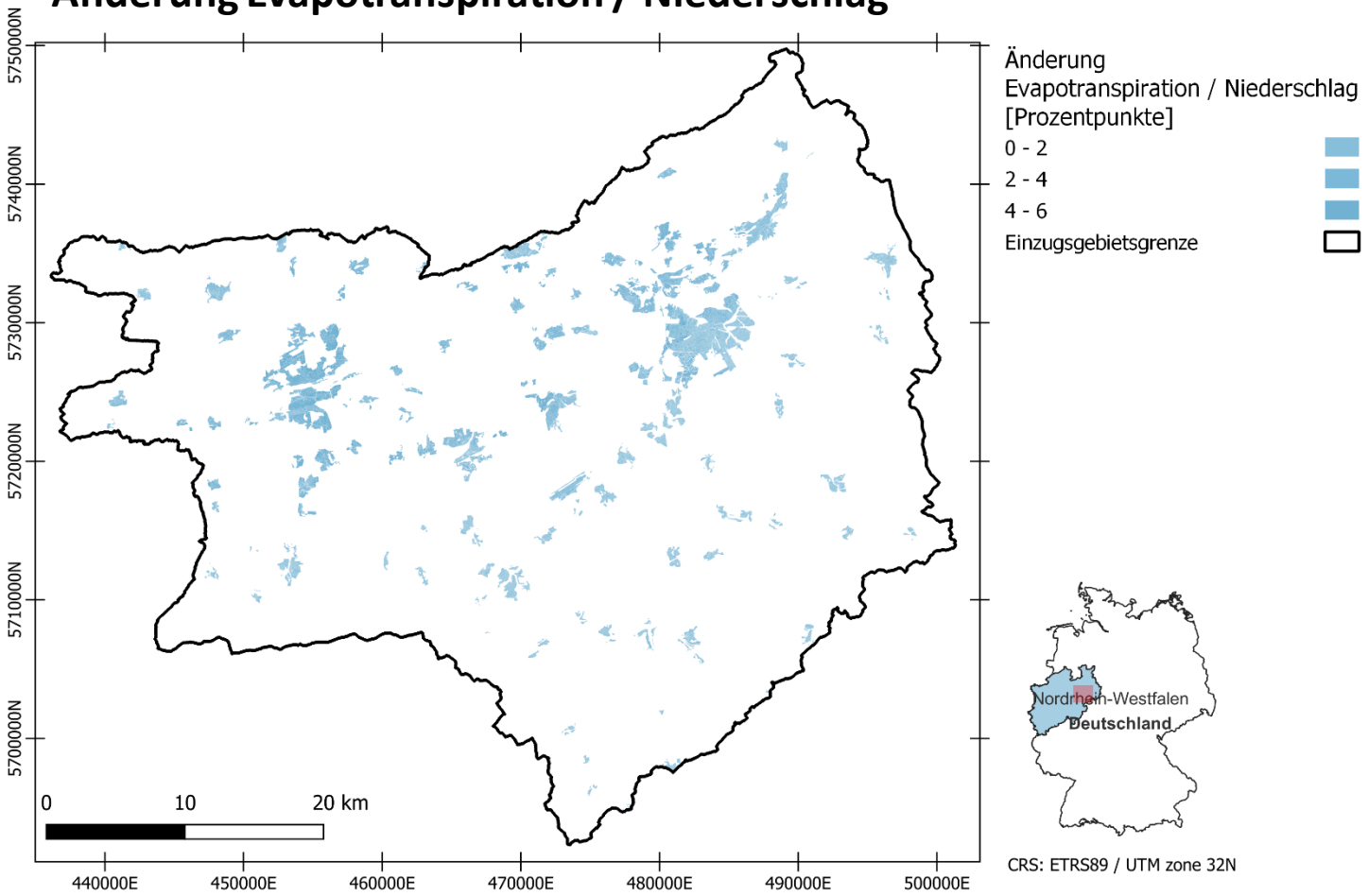
Retentionswirkungen



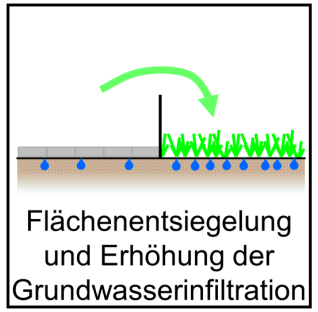
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	676 mm
Evapotranspiration	72 % **+2 PP**
Oberflächenabfluss	24 % **-4 PP**
Lateraler Abfluss	0 % **+0 PP**
Grundwasser-neubildung	4 % **+1 PP**

Änderung Evapotranspiration / Niederschlag



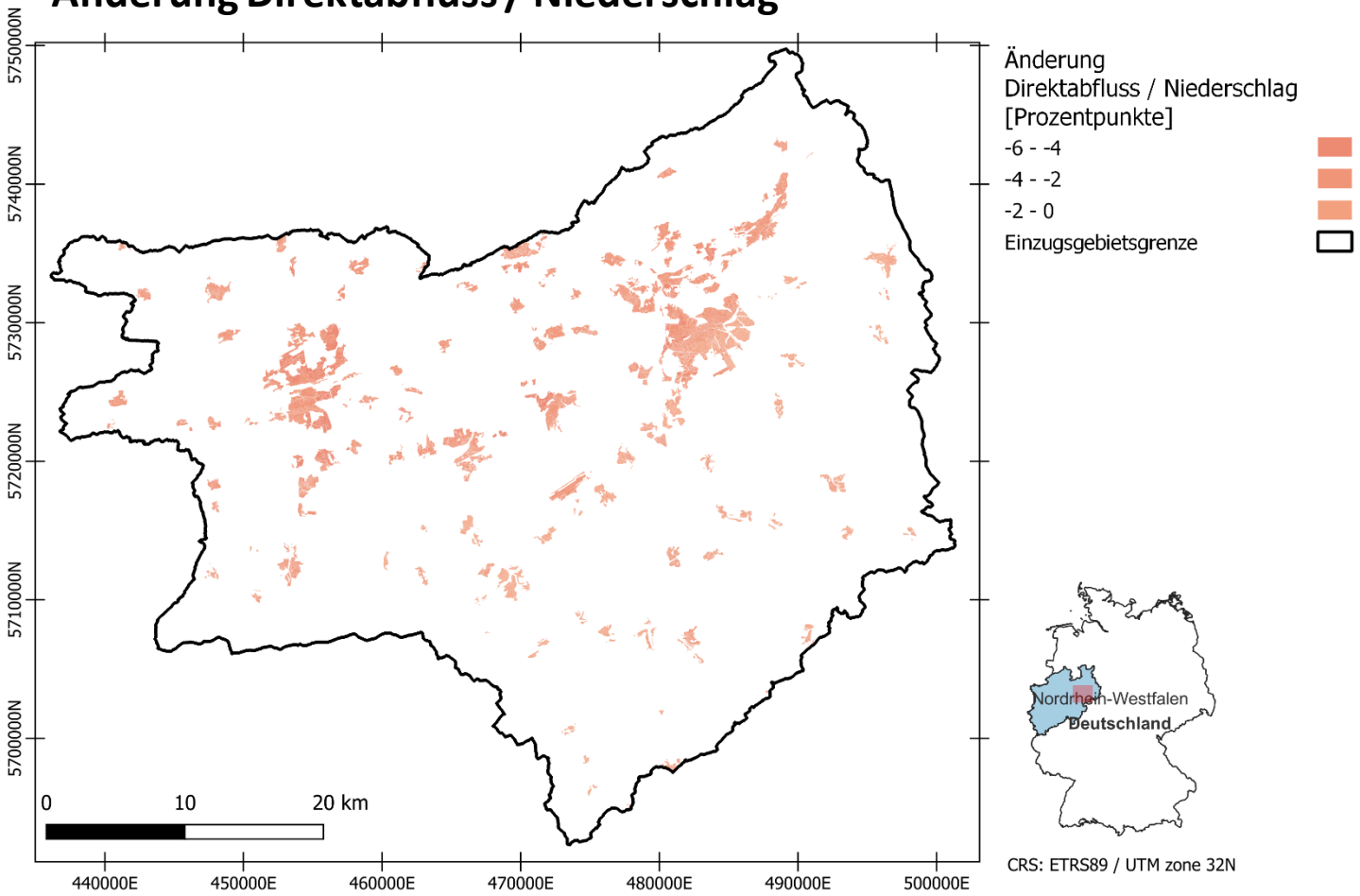
Retentionswirkungen



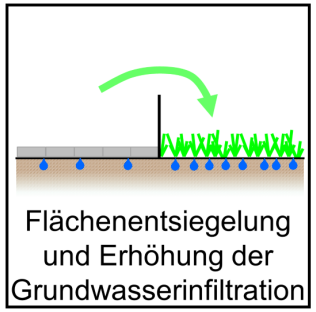
Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	676 mm
Evapotranspiration	72 % **+2 PP**
Oberflächenabfluss	24 % **-4 PP**
Lateraler Abfluss	0 % **+0 PP**
Grundwasser-neubildung	4 % **+1 PP**

Änderung Direktabfluss / Niederschlag



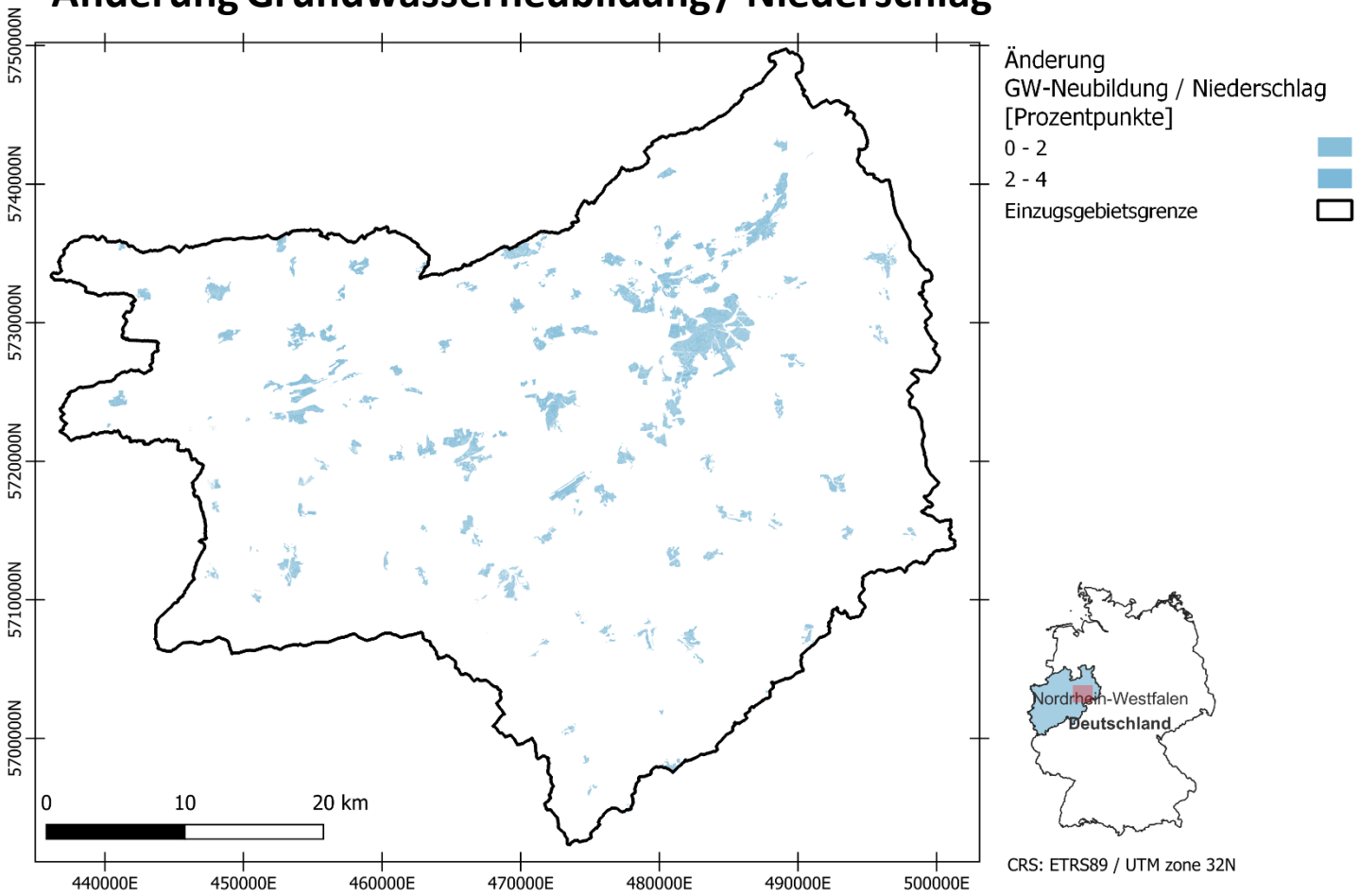
Retentionswirkungen



Veränderung des Anteils der Wasserbilanzkomponenten am Niederschlag 2011 - 2020

Niederschlag	676 mm
Evapotranspiration	72 % **+2 PP**
Oberflächenabfluss	24 % **-4 PP**
Lateraler Abfluss	0 % **+0 PP**
Grundwasser-neubildung	4 % **+1 PP**

Änderung Grundwasserneubildung / Niederschlag



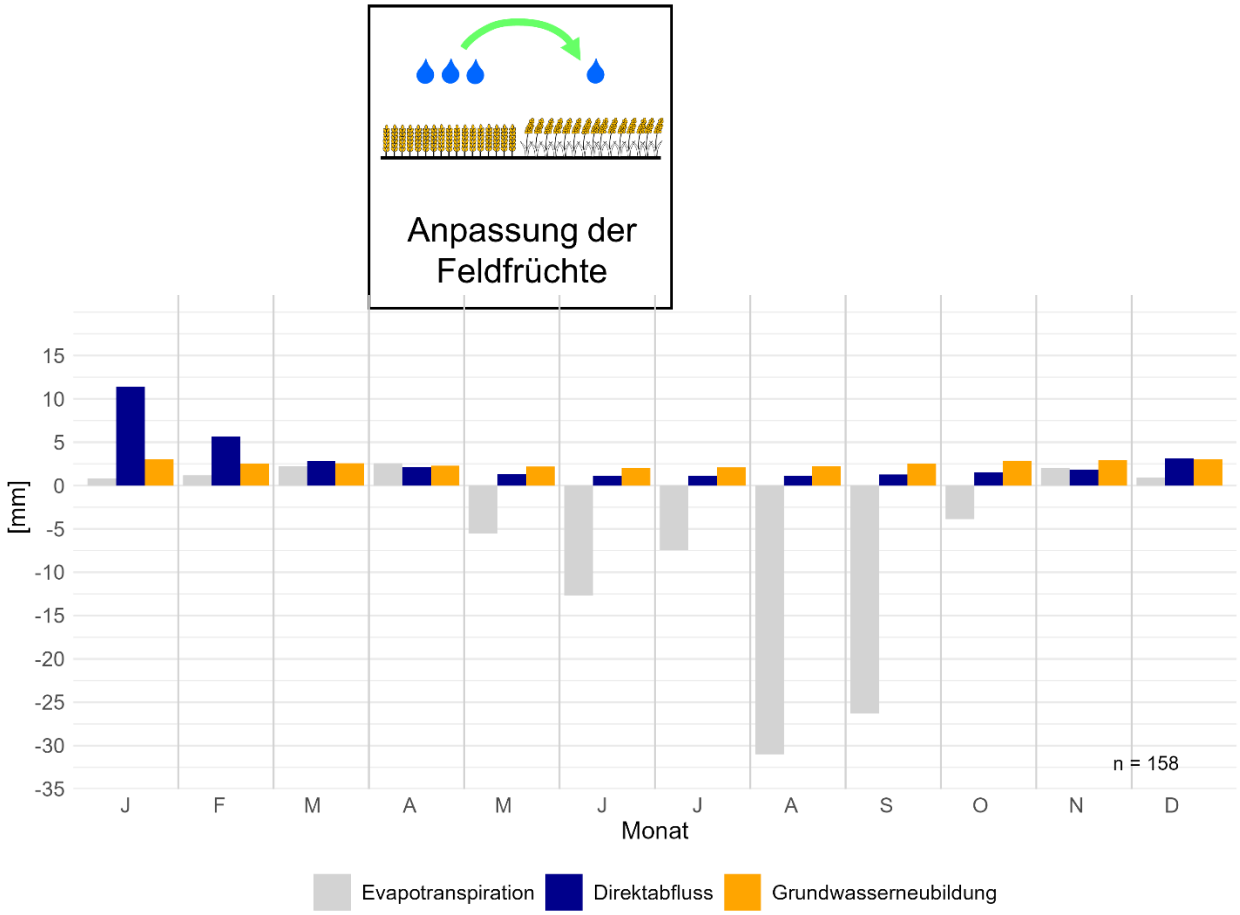
Fazit

- Landbedeckungssänderungen können den Wasserrückhalt in der Landschaft erhöhen
  - Evapotranspiration von Agrar- und Waldflächen wird stark reduziert
  - Oberflächenabfluss von bebauten Gebieten wird reduziert
  - Langsam reagierende Speicher Grundwasser und Bodenwasser werden gestärkt
- Dürreresilientere Pflanzen entziehen dem Boden weniger Wasser, wodurch Trockenstress vermieden werden kann
- In bebauten Gebieten dient die Erhöhung der Evapotranspiration zur Vermeidung von Hitzestress
- Schneller Drainageabfluss steigt auf Agrarflächen >> steuerbare Drainagen als komplementäre Maßnahme?

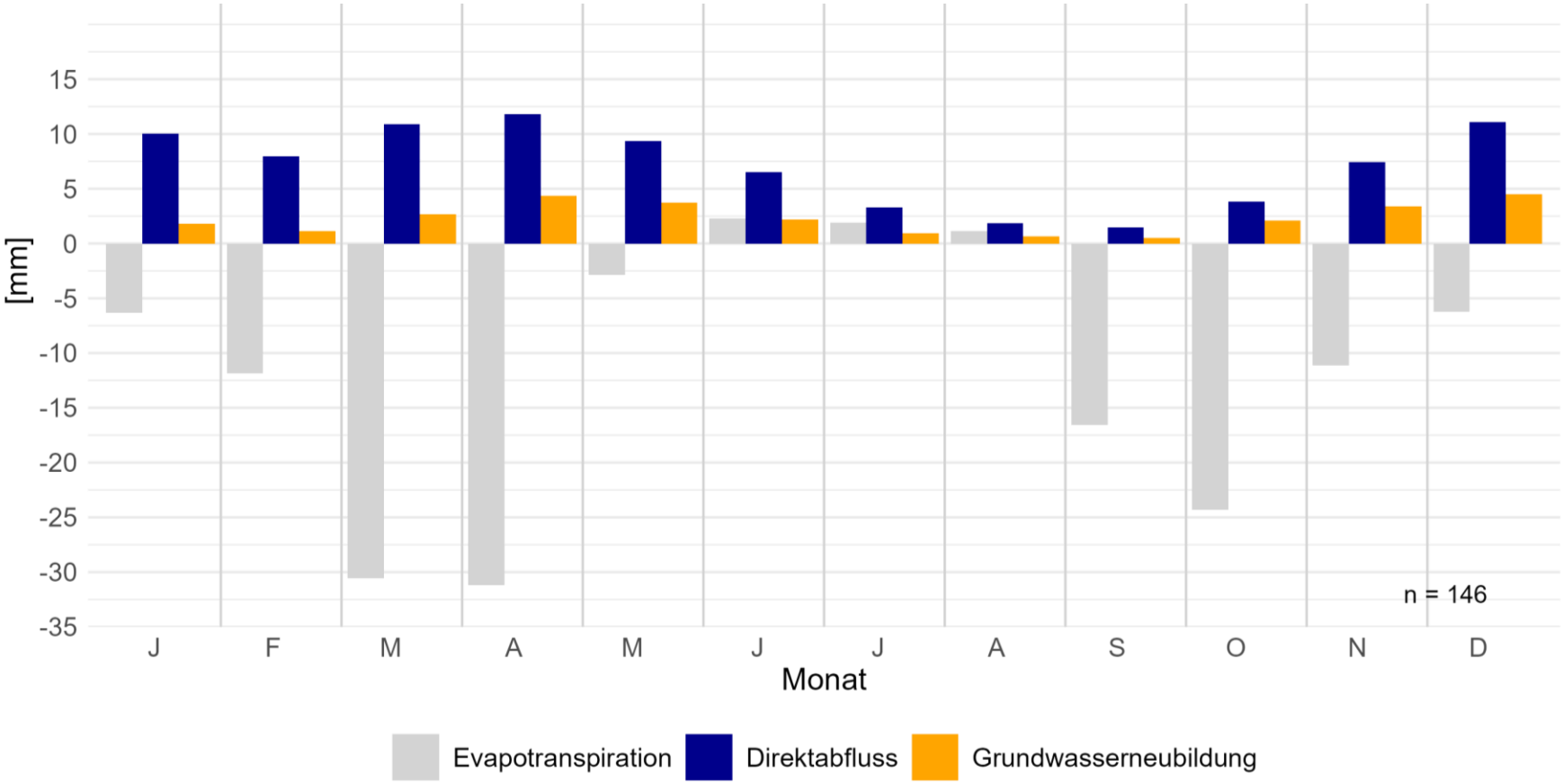
Vielen Dank für Ihr Interesse mit
einem positiven Ausblick!
Günter Bockwinkel

Backup: Änderungen im Jahresverlauf

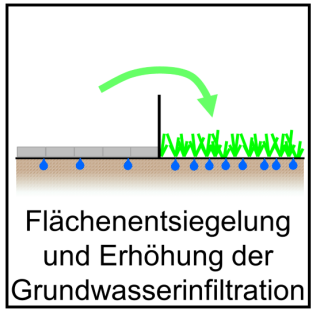
Änderungen im Jahresverlauf

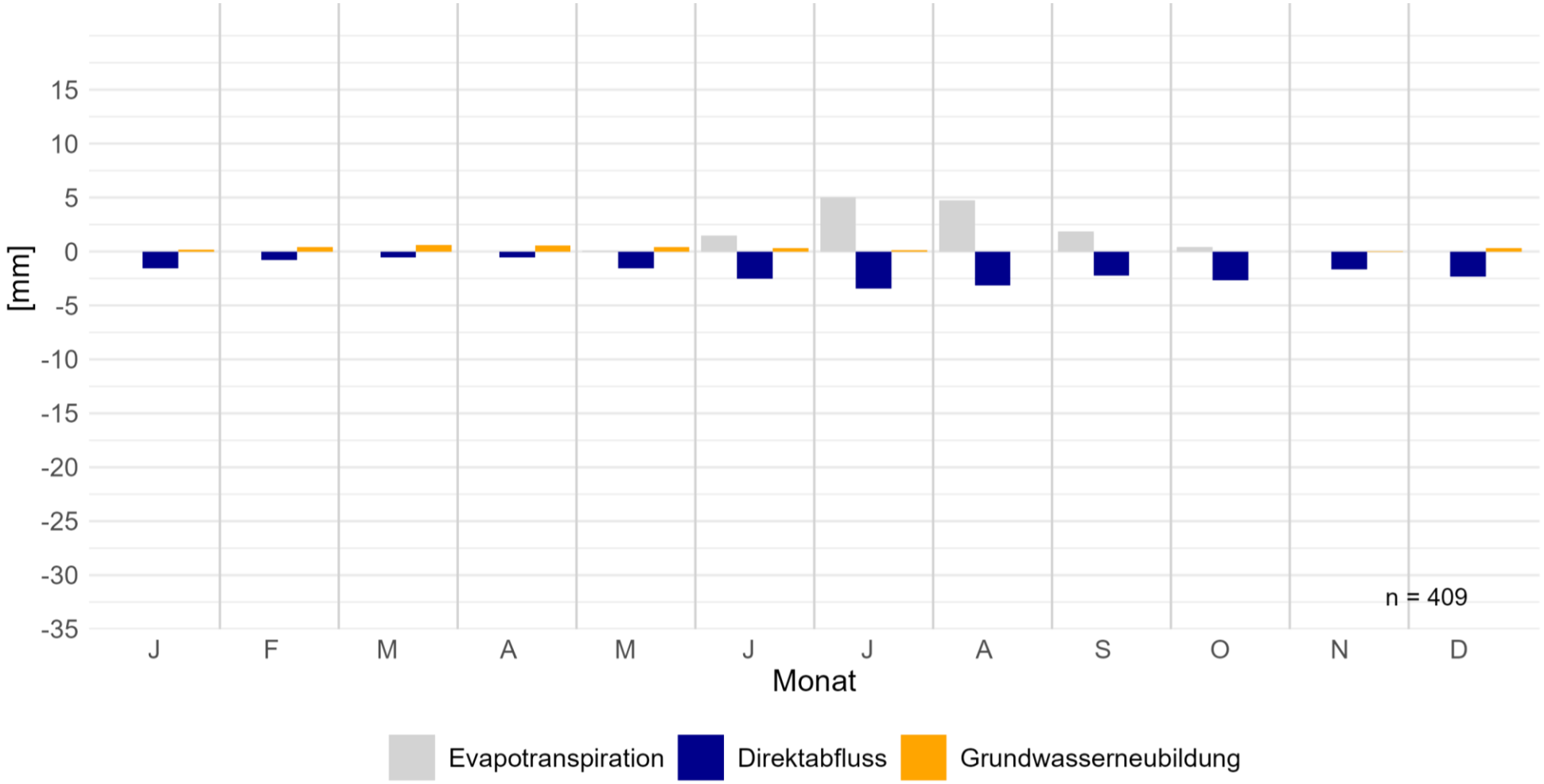


Änderungen im Jahresverlauf



Änderungen im Jahresverlauf





Backup: Parametrisierung

Modellparametrisierung: Landwirtschaft

Anpassung der Feldfrüchte

- Detaillierte Landnutzungskarte und Identifizierung gängiger Fruchtfolgen
  Datenbank landwirtschaftlich genutzter Parzellen (InVeKoS) von 2016-2022

- Landbewirtschaftungsparameter auf Basis von Literatur (KTBL, 2009) und Experteninterviews mit der regionalen Landwirtschaftskammer (2024)

- Für Hirse (*Sorghum bicolor* LM) basierend auf Feldversuchen (Bayerisches LfL, 2024)

Kulturlandschaft im Lippeeinzugsgebiet, 2024

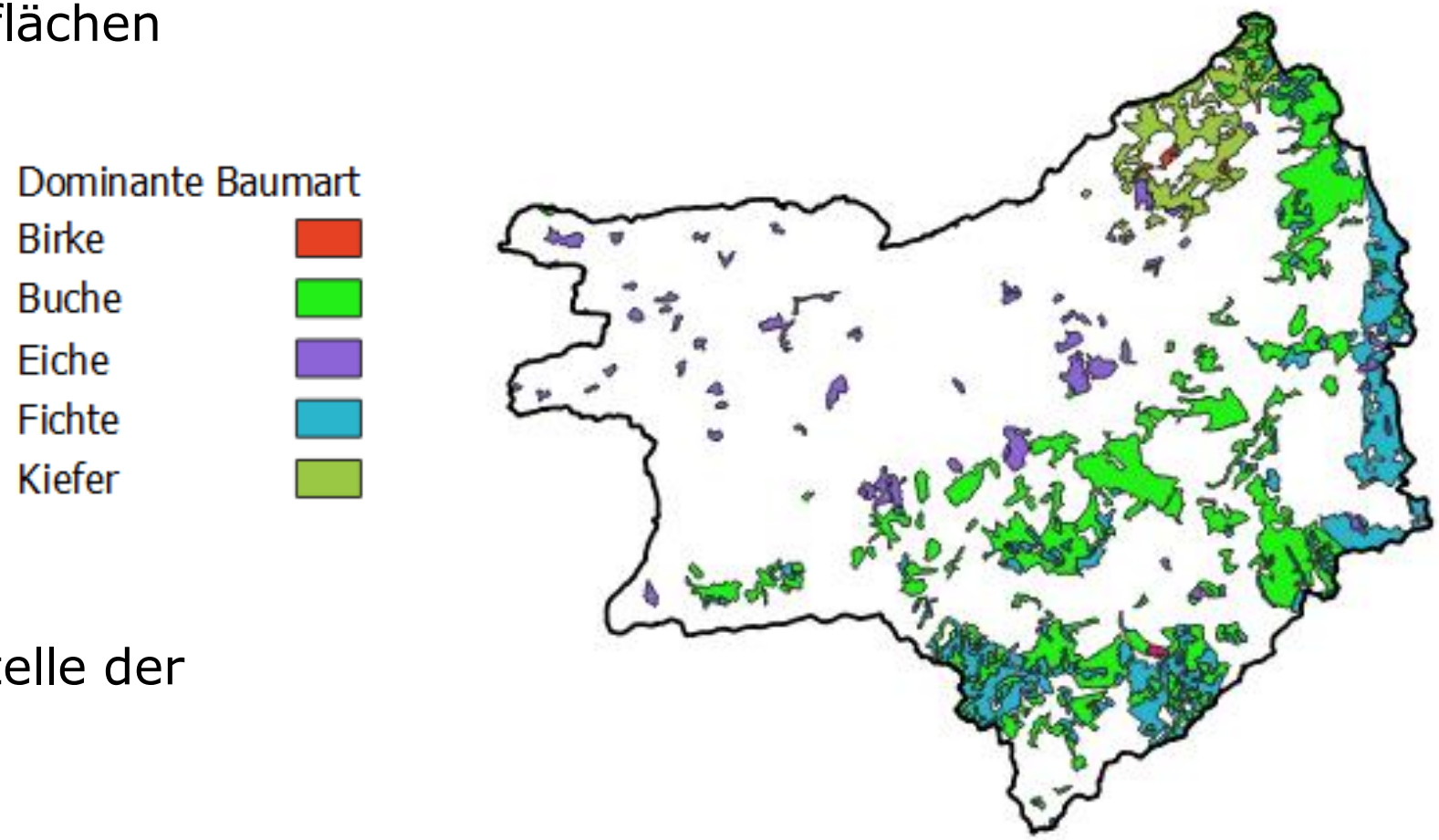
Feldversuche mit Sorghumhirse

Parametrisierung: Waldflächen

Landnutzungsänderung
Nadel- zu Laubwald

Dominante Baumarten auf Waldflächen (CORINE 2018) identifiziert

Thünen Waldatlas, Blickensdörfer et al., 2024

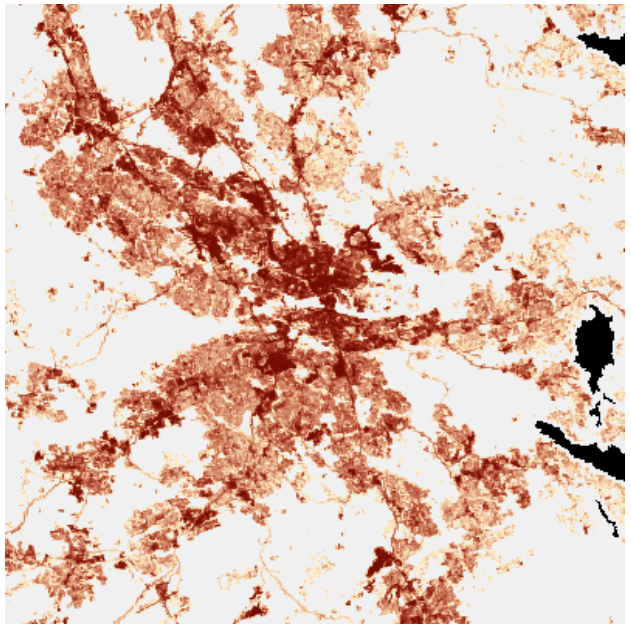


Angepasste Baumparameter anstelle der SWAT+ Standardparameter

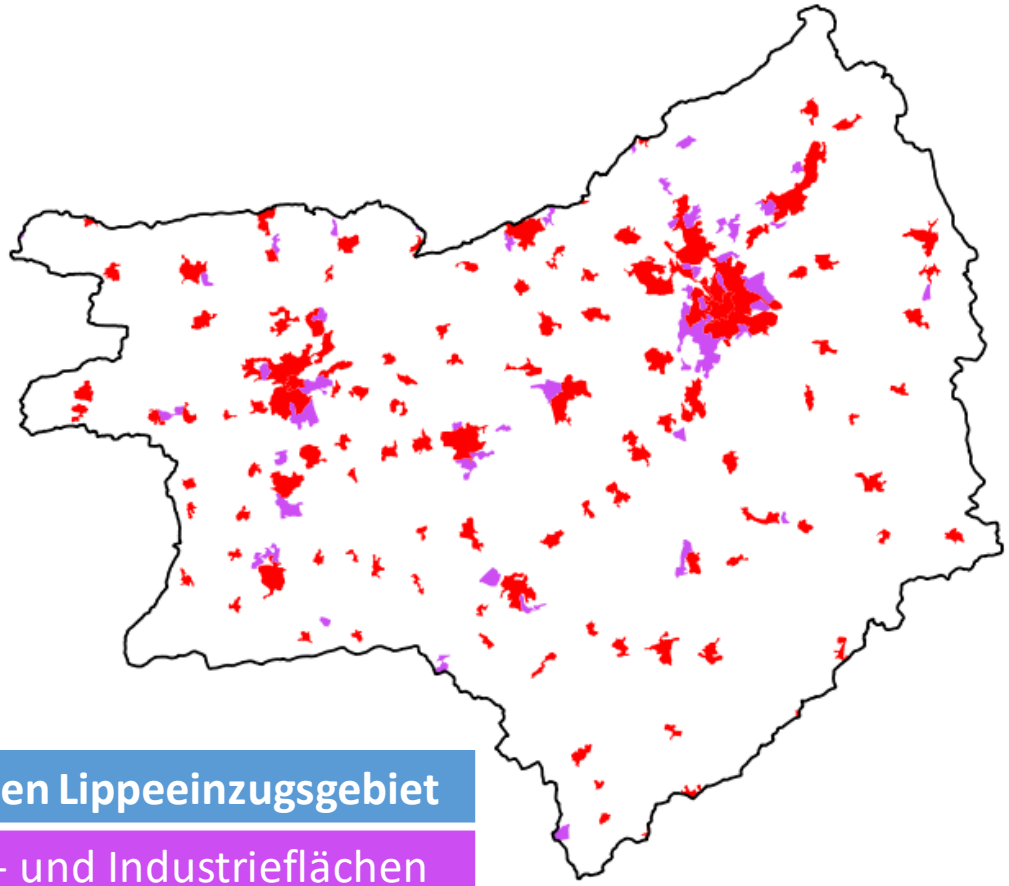
Müller, 2022

Parametrisierung: Versiegelte Flächen

Flächenentsiegelung und Erhöhung der Grundwasserinfiltration



10 m Raster 2018 der European Environment Agency (EEA, 2020)



Durchschnittlicher Versiegelungsgrad im oberen Lippeeinzugsgebiet	
Siedlungsflächen	Gewerbe- und Industrieflächen
46 %	58 %