

Dr. Daniel Wurbs

Abschätzung des wassererosionsbedingten, sedimentgebundenen P-Austrages in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



SACHSEN-ANHALT



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG



Forschungsvorhaben (03/2017 – 04/2018):	Entwicklung und Anwendung einer Methode zur feldblockbezogenen Abschätzung des wassererosionsbedingten und sedimentgebundenen P-Austrages in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts
Finanzierung:	Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt
Projektnehmer:	Institut für Geowissenschaften und Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (Fachgebiet Geoökologie und Physische Geographie)
Kooperationspartner:	Mitteldeutsches Institut für angewandte Standortkunde und Bodenschutz Halle (MISB) Geoflux GbR Halle
Projektpartner:	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)

Gliederung

1. Hintergrund und methodischer Gesamtansatz
2. Landesweite Ermittlung des Bodenabtrages
3. Ermittlung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden
4. Modellierung des Gewässeranschlusses potenziell erosionsgefährdeter Flächen
5. Modelltest und Verifizierung der Ergebnisse
6. Sediment- und P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts
7. Zusammenfassung und Verallgemeinerungen

Hintergrund (1/3)

- Höhe der aktuellen Nährstoffeinträge und Altbelastungen der Gewässer verhindern im Einzugsgebiet der Elbe (Sachsen-Anhalt) die Erreichung der Umweltziele der WRRL in vielen Fließgewässern
- 18% der Phosphoreinträge gelangen aus erosiven Bodenabträgen auf landwirtschaftlichen Flächen über diffuse Eintragspfade in die Oberflächengewässer Sachsen-Anhalts (1 - FZ JÜLICH 2014)
- Notwendigkeit der Umsetzung einer langfristig angelegten Nährstoffminderungsstrategie für Eintragspfad „Erosion“ im FG Elbe
- Detaillierte Kenntnis der landwirtschaftlichen Gewässeranschlussflächen, Sedimentfrachten und P-Einträge erforderlich
- Grundlage für Erarbeitung von Minderungsstrategien und Maßnahmenplänen

1) „Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt unter Anwendung der Modellkombination GROWA-WEKU-MEPhos (FZ JÜLICH 2014)“



Hintergrund (2/3)

- 2007: Ausweisung potenzieller Sedimenttransportpfade, Gewässeranschlussflächen und Ermittlung langjähriger potentieller Sedimenteintragsmengen in die Gewässer Sachsen-Anhalts^(1 – WURBS ET AL. 2007)
- 2017: Deutlich verbesserte Datengrundlagen (räumlich, inhaltlich)
 - **LVerGeo**: Digitales Geländemodell (1m-Raster) - aggregiert auf DGM5
 - **LHW**: Digitales Gewässernetz (DGN) und Wassereinzugsgebiete (WEG) im Maßstab 1 : 10 000 - unter Einbeziehung des DGM topologisch abgestimmt
 - **LLG**: Fortschreibung der Datengrundlagen zur Bestimmung der Erosionsgefährdung (R-Faktor 1981-2010, C-Faktor 2013-2017, K-Faktor)
 - **LAGB/ LLG**: Analytik für 715 Bodenproben aus Ap-Horizonten von Bodenschätzungs-Vergleichsstücken zur Ableitung der P_{Gesamt} -Gehalte für Oberböden
- Verbesserte Algorithmen der Reliefmodellierung und neue Modellansätze zur Ausweisung von Gewässeranschlussflächen

1) WURBS, D., STEININGER, M., KOSCHITZKI, T. & M. MÖLLER (2007): Bodenerosionsmodellierung und Ermittlung potentieller Gewässereinträge in Sachsen-Anhalt. – Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft Sachsen-Anhalt.

Hintergrund (3/3)

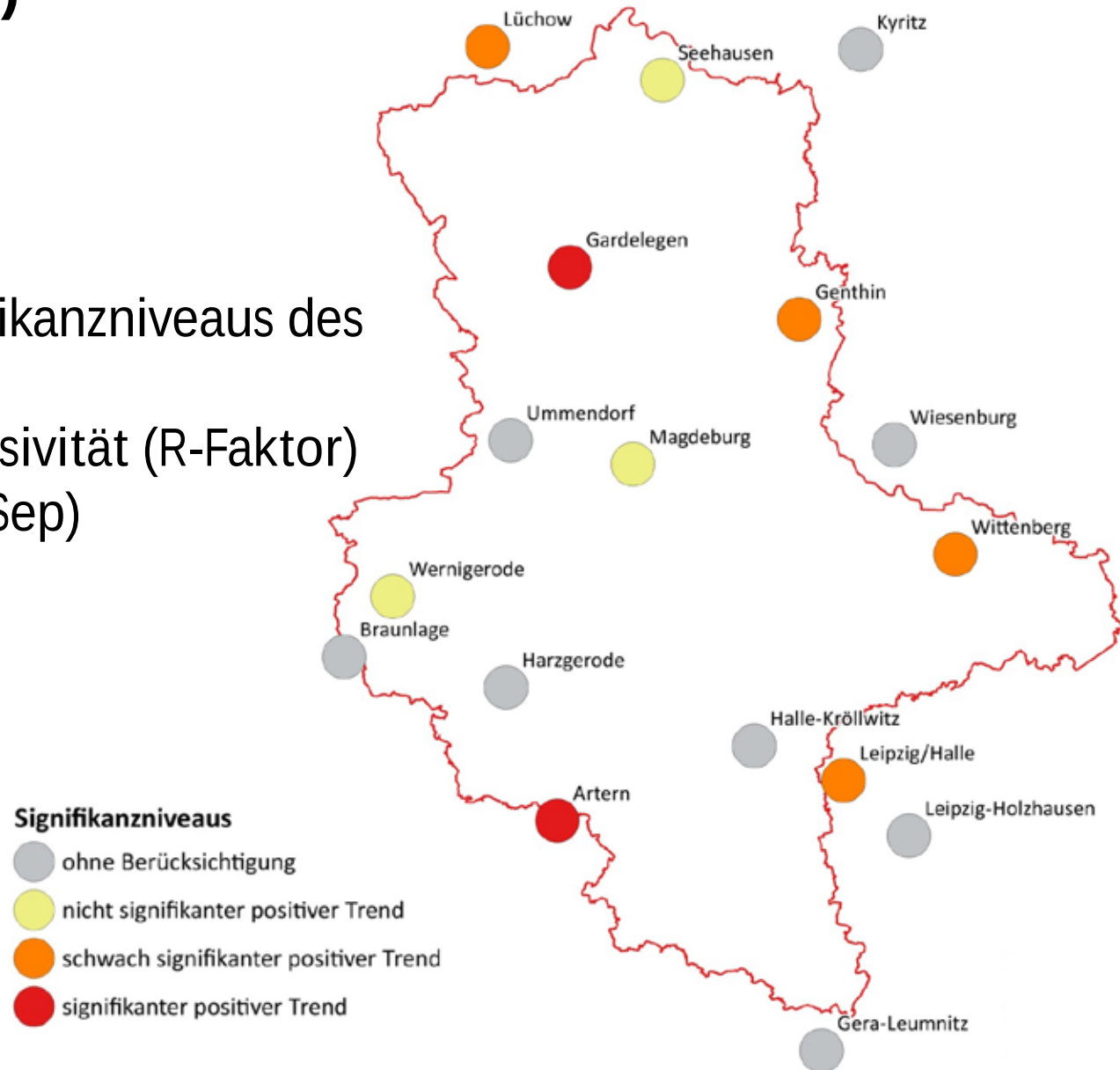
- Auswertungen von zeitlich hoch auflösenden Niederschlagsdaten zeigen (teils signifikanten) Trend des Anstieges der Niederschlagserosivität in Sachsen-Anhalt (1 – WURBS & STEININGER 2015)

1) WURBS, D. UND M.STEININGER (2015): Fortschreibung der Datengrundlagen und Bestimmung der potenziellen Erosionsgefährdung durch Wasser als Grundlage für die Einteilung der landwirtschaftlich genutzten Flächen nach dem Grad der Wassererosionsgefährdung. - Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt.

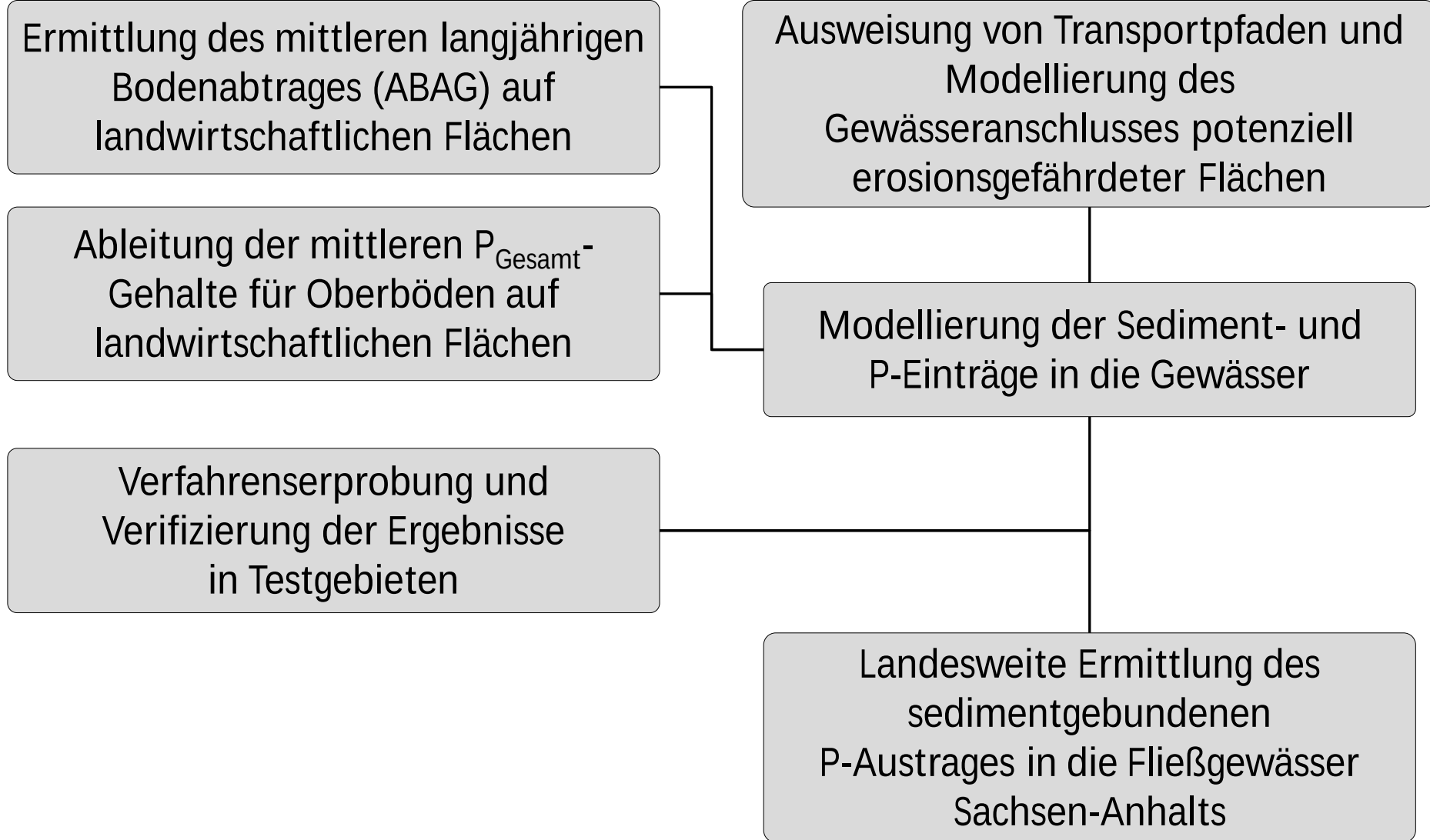


Hintergrund (3/3)

Trends und Signifikanzniveaus des
Anstiegs der
Niederschlagserosivität (R-Faktor)
1995-2014 (Mai-Sep)



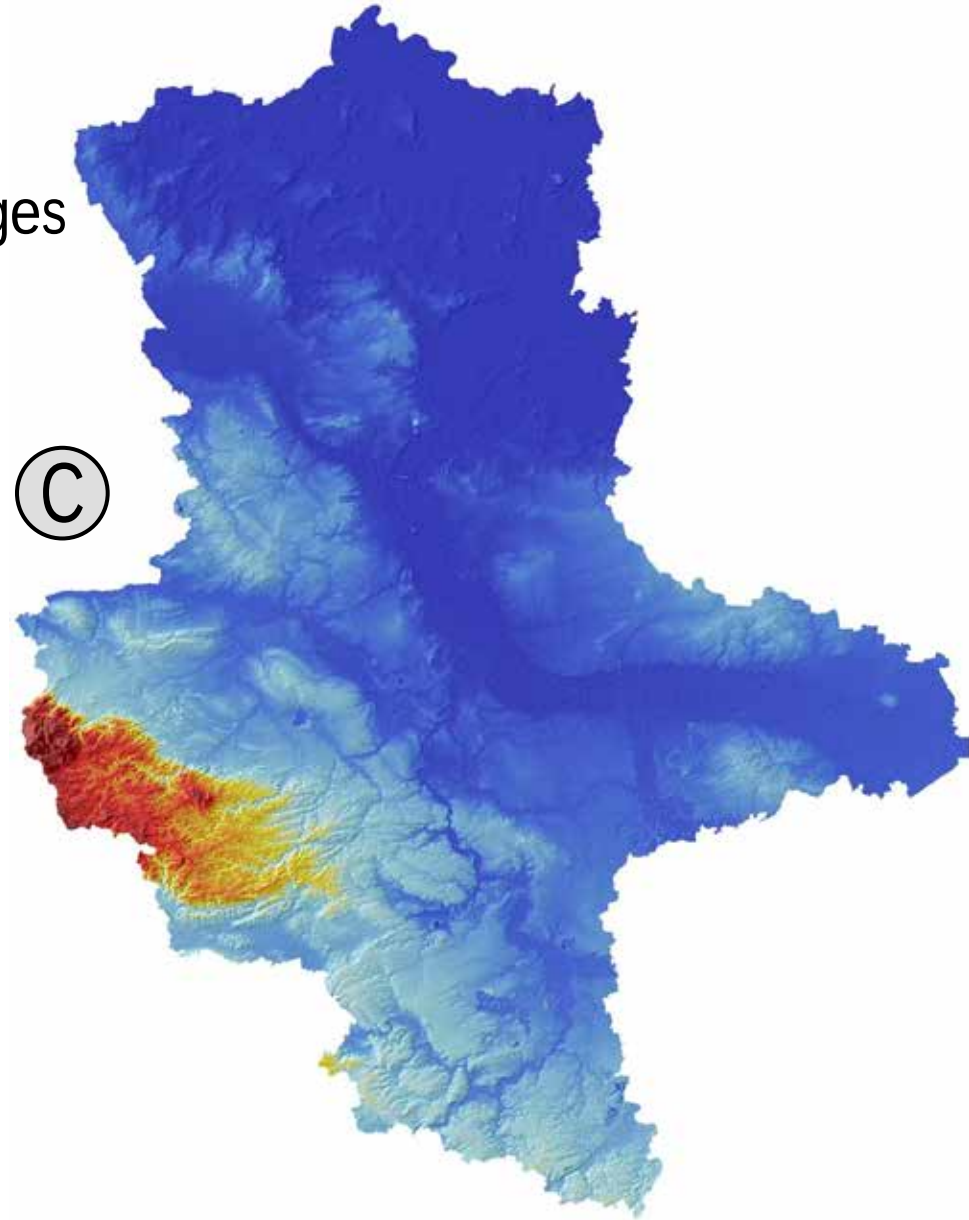
Methodischer Gesamtansatz



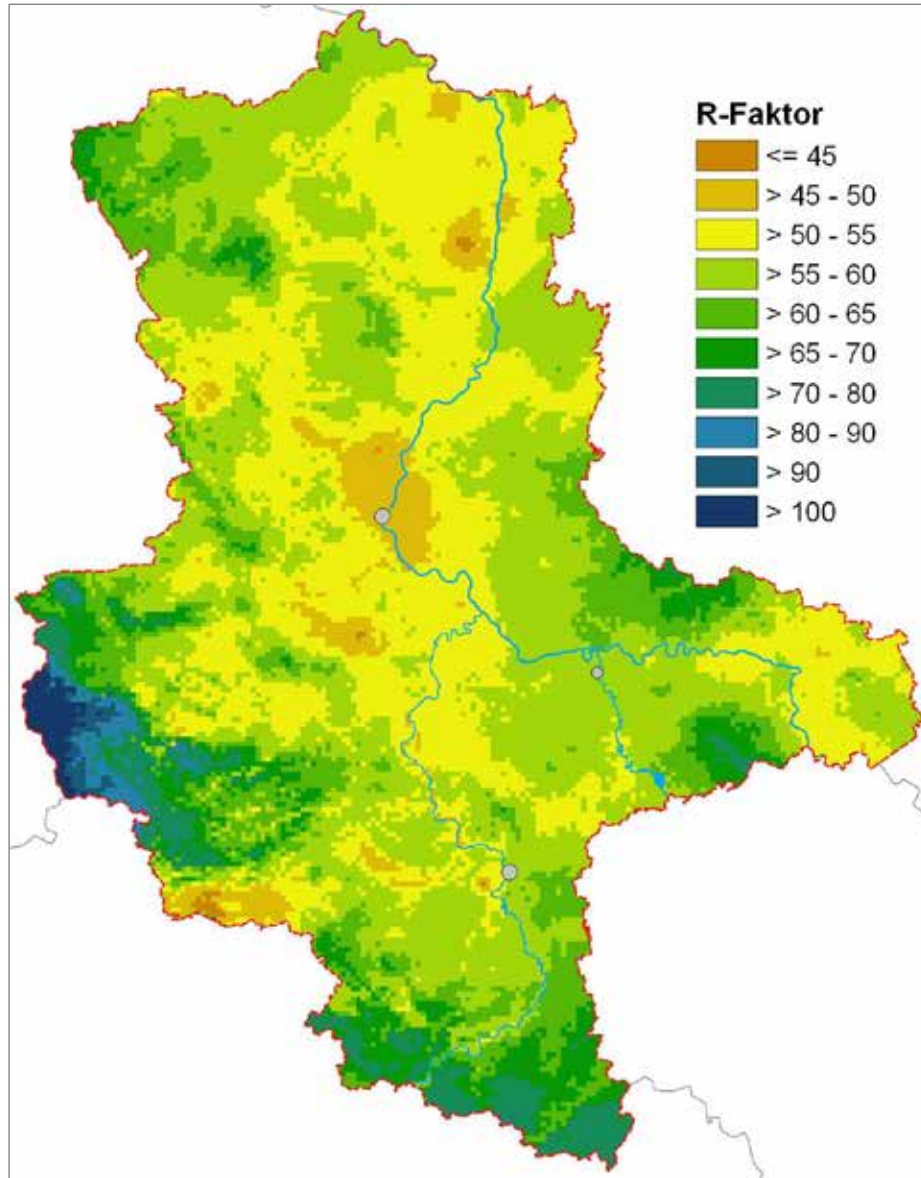
Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)

- Berechnung des langjährigen mittleren jährlichen Bodenabtrages
- Rasterweite 5m (Basis DGM5)

$$\textcircled{A} = \textcircled{R} \times \textcircled{K} \times \textcircled{S} \times \textcircled{L} \times \textcircled{C}$$



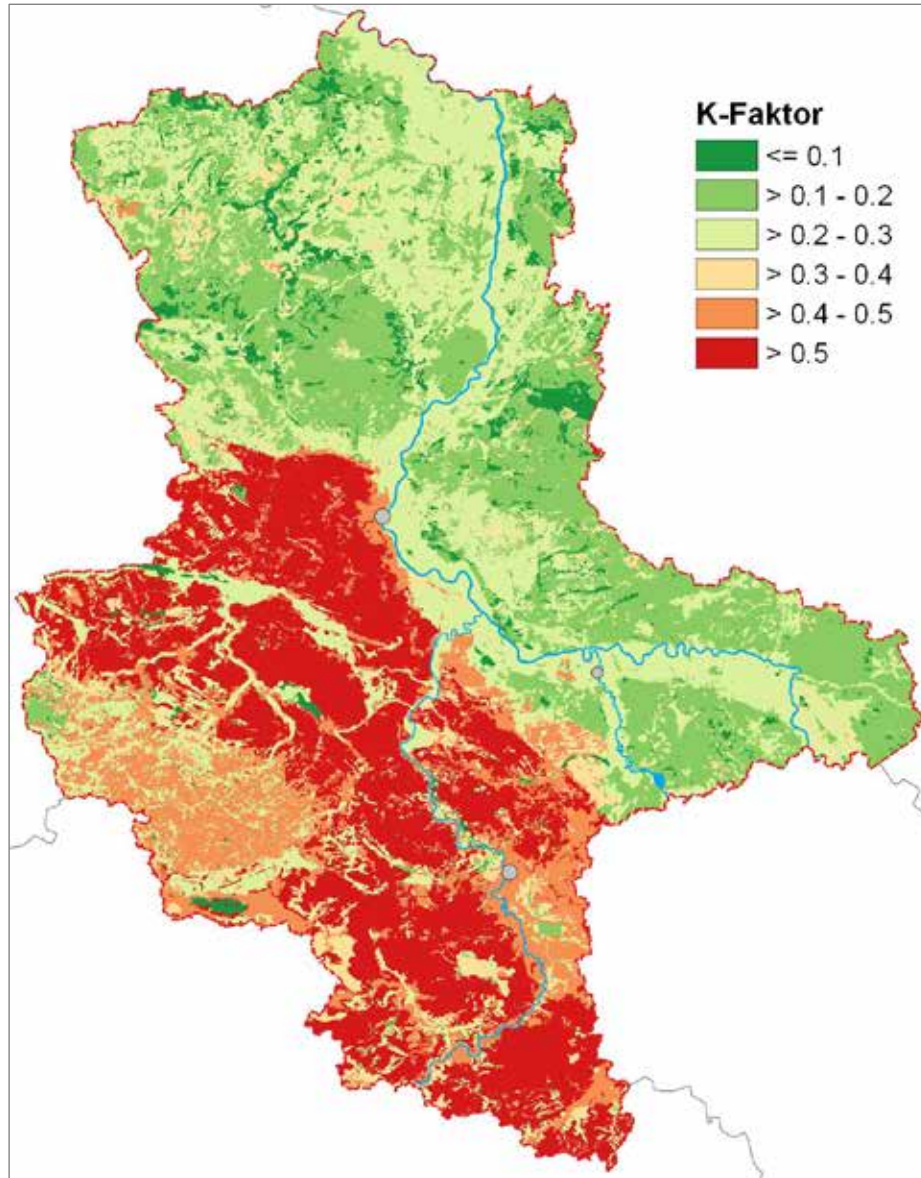
Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)



R-Faktor (Regenerosivität)

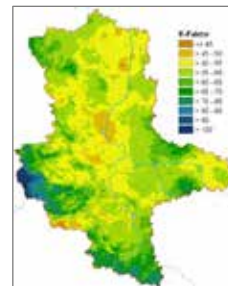
- Fortschreibung für
Bezugszeitraum 1981-2010
- Regressionsgleichung
 $R = 0,37 * N_{So} - 45,43$ ($r = 0,92$)
nach DIN 19708 (2017)

Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)

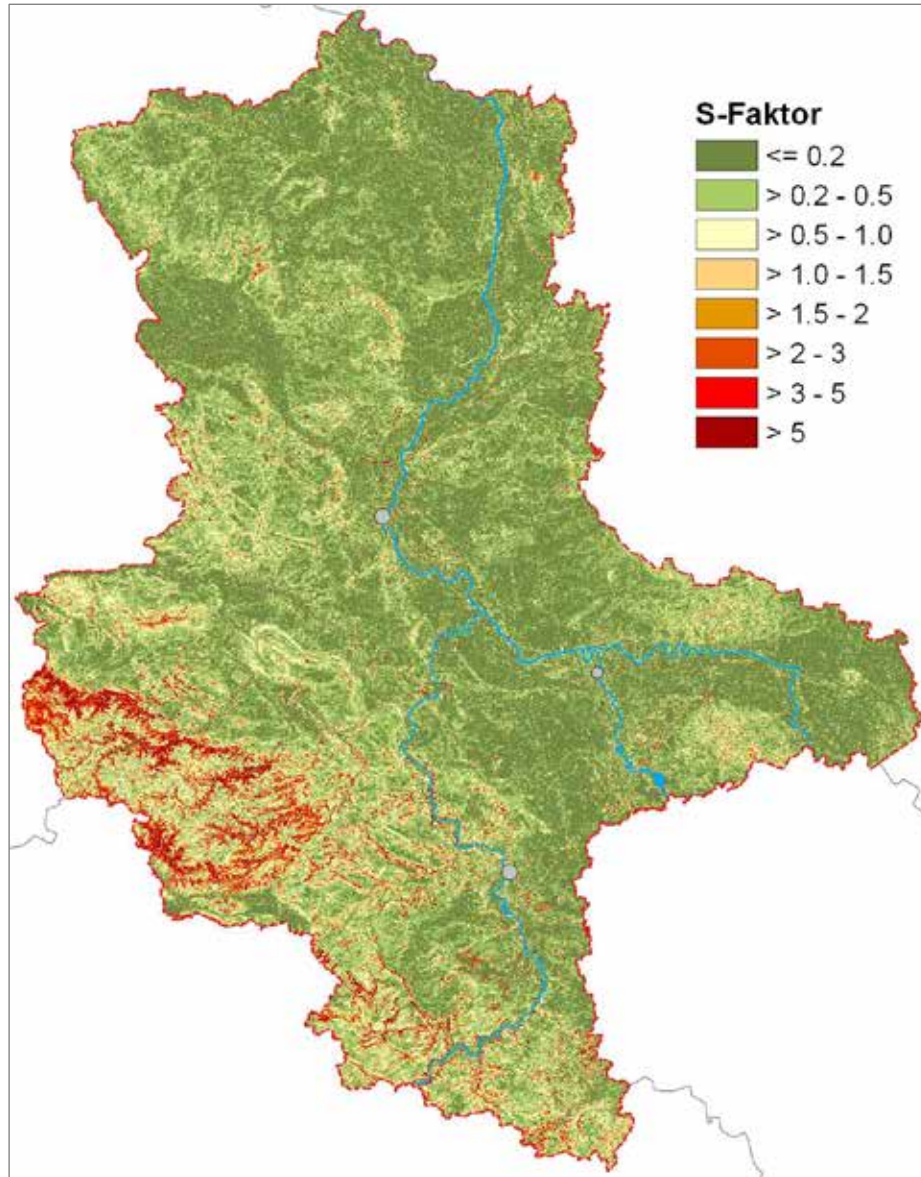


K-Faktor (Bodenerodierbarkeit)

- Neuberechnung 2015 auf Basis VBK50

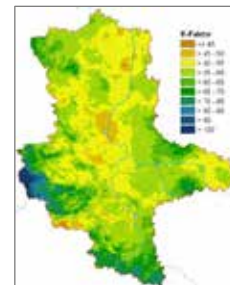
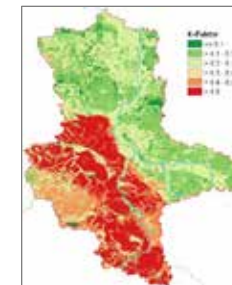


Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)

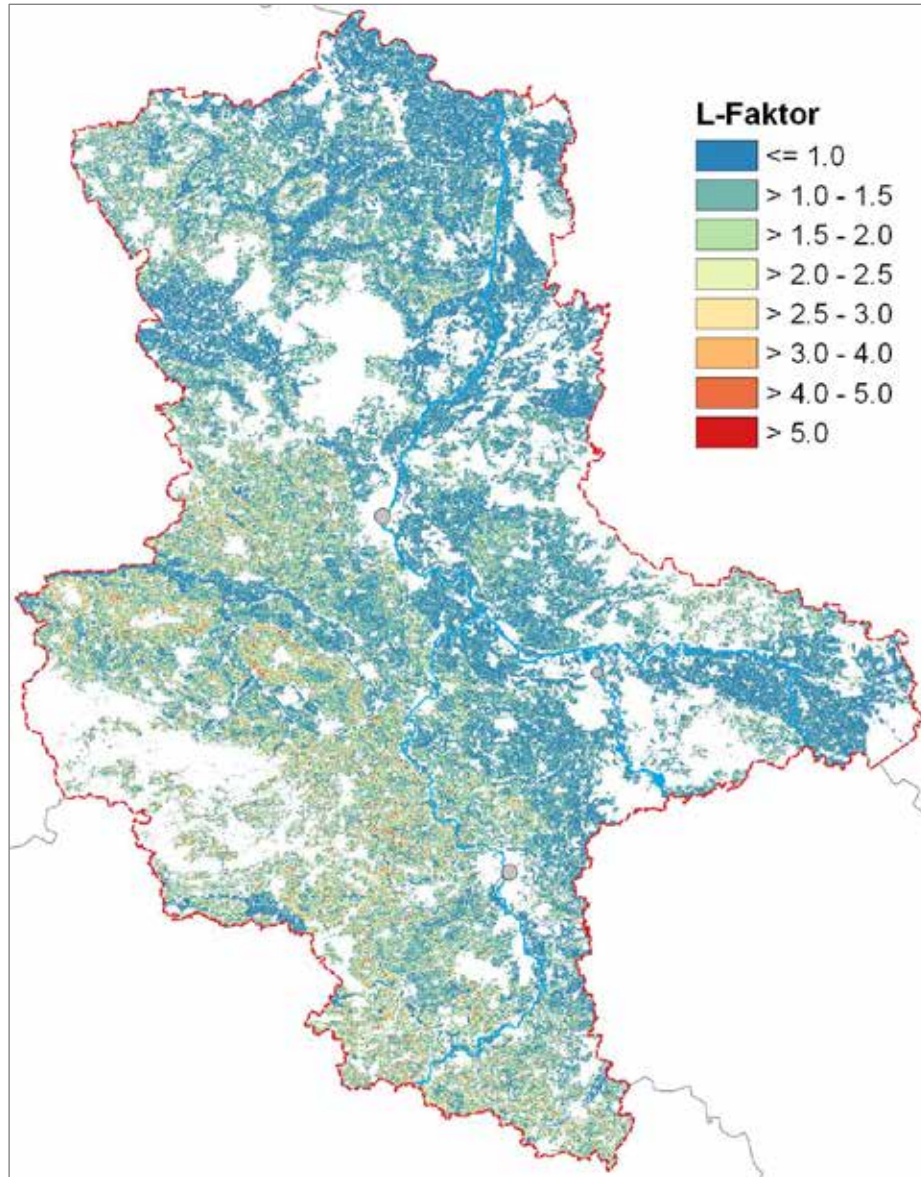


S-Faktor (Hangneigungsfaktor)

- Neuberechnung auf Basis DGM5

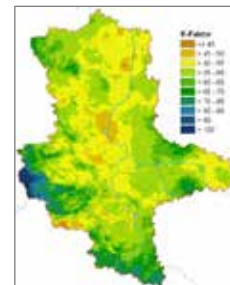
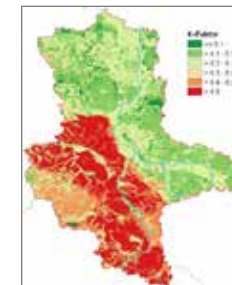
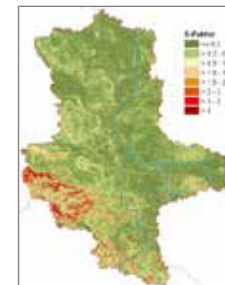


Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)

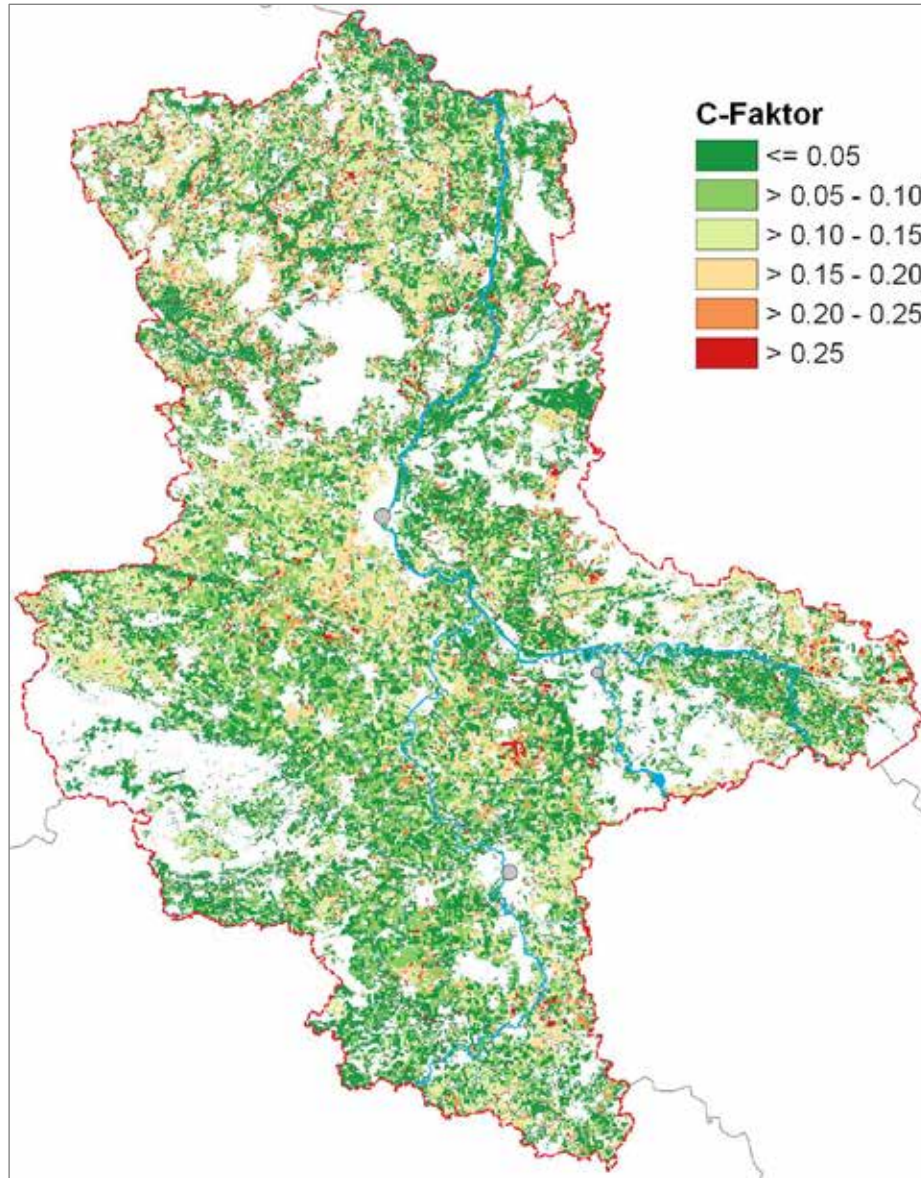


L-Faktor (Hanglängenfaktor)

- Neuberechnung auf Basis DGM5
- Raumbezug Feldblöcke (Barrierefunktion)

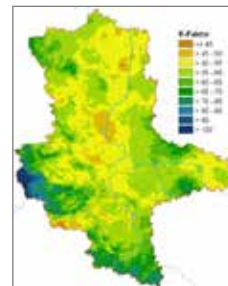
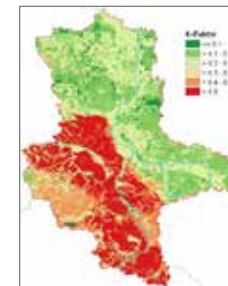
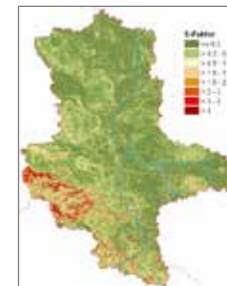
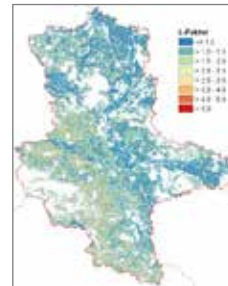


Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)

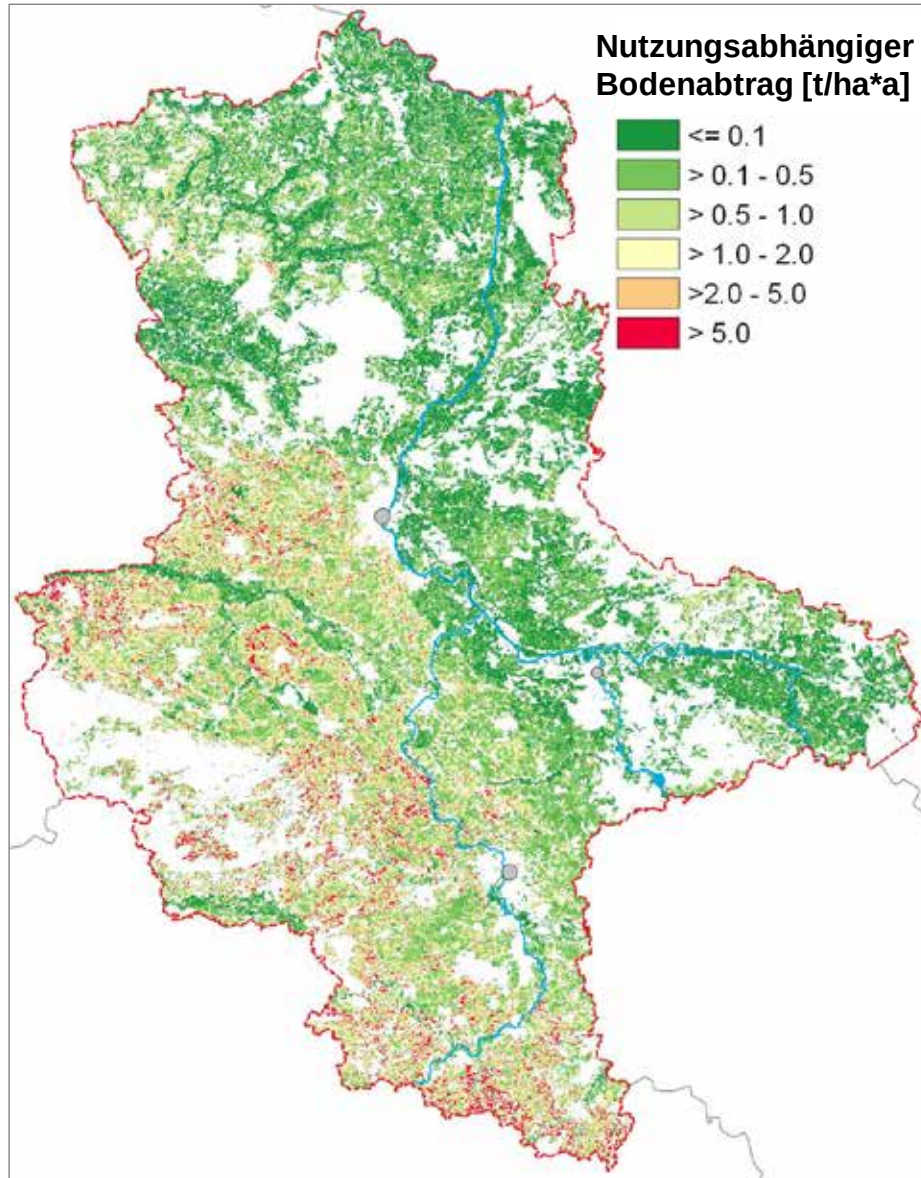


C-Faktor (Bodenbedeckungs- und -bewirtschaftungsfaktor)

- Neuberechnung für mittleren Zeitraum 2013-2017
- Raumbezug Ackerschlag

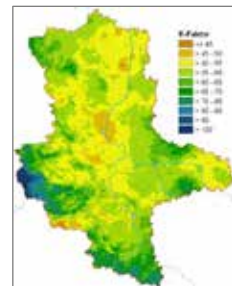
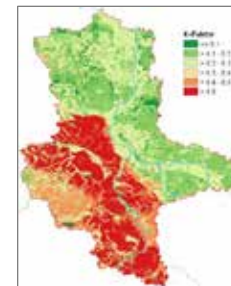
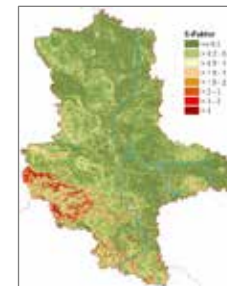
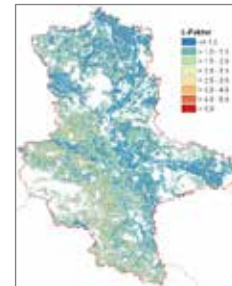
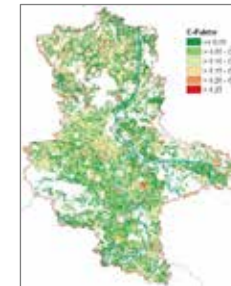


Ermittlung des Bodenabtrages (ABAG)



Berechnung des Bodenabtrages

- Natürliche ($R \cdot K \cdot L \cdot S$) und nutzungsabhängige Erosionsgefährdung ($C \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S$)
- Abtrag in $[t/(ha \cdot a)]$ und $[t/(Zelle \cdot a)]$
- Raumbezug Feldblöcke



Ermittlung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden

Auswertung und Analyse

- Dr. Michael Steininger – MISB Halle



Datenherkunft

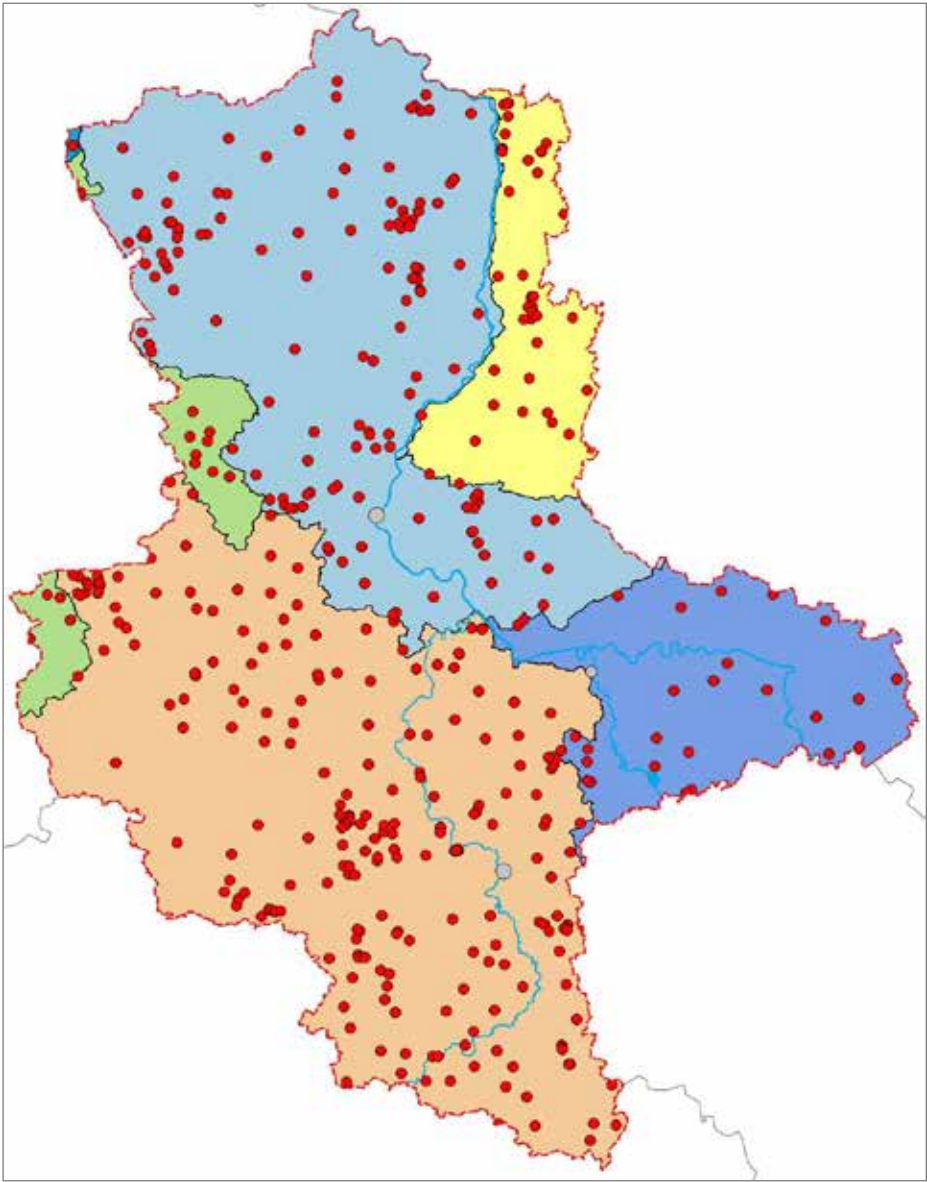
- 715 gestörte Bodenproben aus Ap-Horizonten von Bodenschätzungs-Vergleichsstücken Sachsen-Anhalts
- komplette bodenkundliche Kennzeichnung nach KA5
- Ansprache nach Bodenschätzung

Analytik - LAGB

- Körngrößenverteilung nach Köhn
- Humus, Carbonat
- pH-Werte (H_2O , KCl, CaCl_2)

Analytik - LLG

- P_{gesamt} ; P (CAL)
- pH-Wert (CaCl_2)



Lage der Probenpunkte

Koordinierungsräume

-  Havel
-  Mittlere Elbe/ Elde
-  Mulde-Elbe-Schwarze Elster
-  Saale
-  Tideelbe
-  Weser
-  Lage Probenpunkte



Ableitung P_{Ges} -Gehalte für Oberböden ackerbaulich genutzter Standorte

1) Multiple Korrelationen $P_{\text{ges}} = f(P(\text{CAL}), \text{Sand}, \text{Ton}, \text{pH-Wert}, \text{Humus})$

- **Standortdifferenzierung nach ...**

- Entstehung (Al, D, Lö, V) mit $r=0,57$ bis $0,73$
- Bodengruppe Düngung (BG1 bis 5) mit $r=0,55$ bis $0,77$
- Bodenartenhauptgruppe des Oberbodens (s, l, u, t) mit $r = 0,45$ bis $0,58$

- **Übertragung in die Fläche nicht möglich**

- Ursache: Ableitung der Korngrößen und des Humusgehaltes aus den Unterlagen der Bodenschätzung unsicher



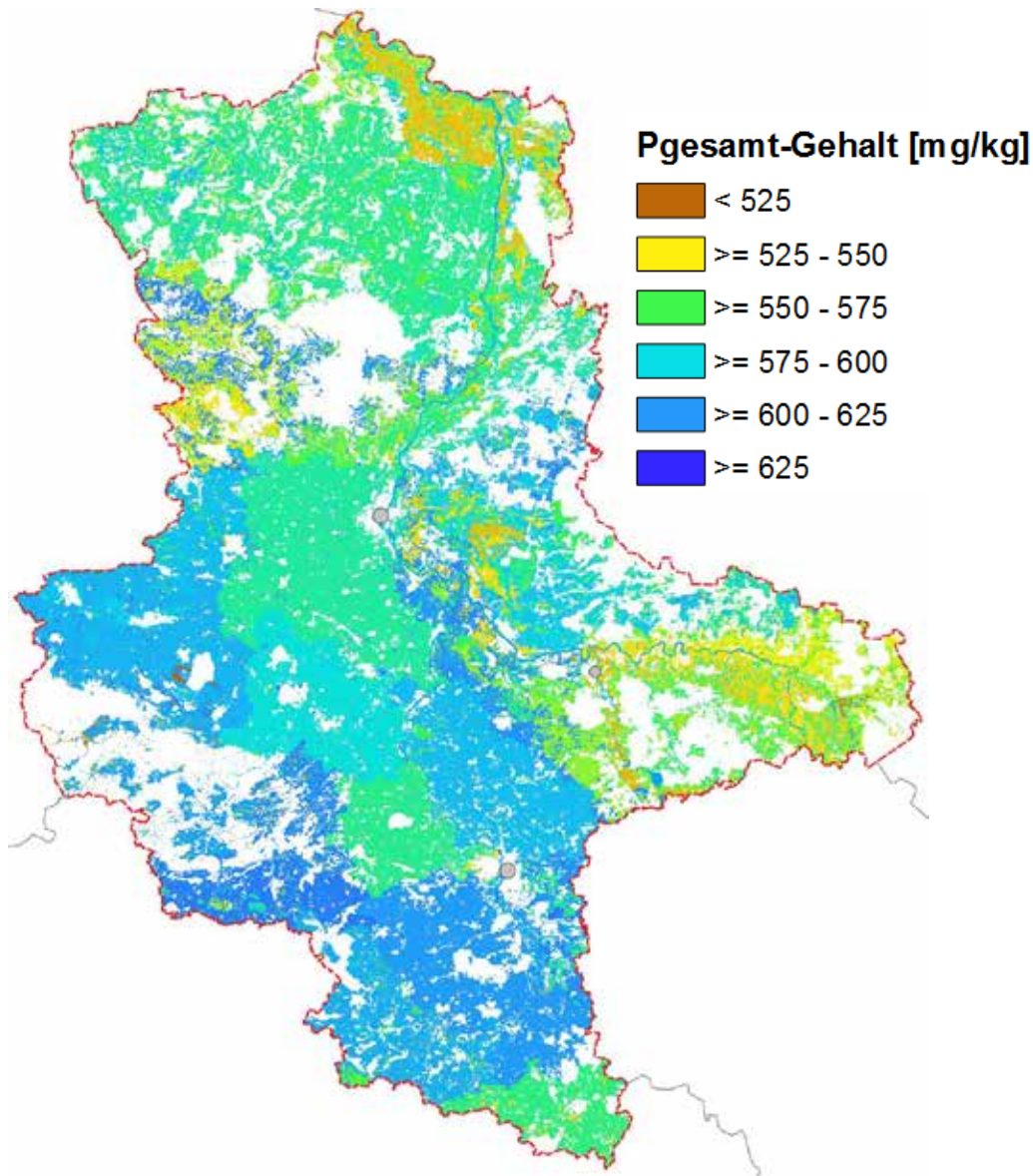
Ableitung P_{Ges} -Gehalte für Oberböden ackerbaulich genutzter Standorte

2) Ansatz wie in den Bundesländern Sachsen oder Hessen

- Zuweisung statistischer Maßzahlen zu Substraten
- Kombination aus Entstehung und Bodengruppe Düngung
- Übertragung in die Fläche durch Verschnitt der Karte der Bodenentstehung mit der Karte der Bodengruppe Düngung

Entstehung	Bodengruppe	Median	MW	Max.	75%	25%	Min.
AI	1	379	433	719	547	316	258
	2	498	517	849	628	398	232
	3	367	402	670	443	329	297
	4	672	710	1240	817	541	448
	5	763	844	1810	975	689	51
D	1	539	573	1530	648	425	46
	2	449	505	1300	593	376	160
	3	481	518	1120	546	406	233
	4	428	468	1040	539	362	181
	5	416	447	700	500	388	239
Lö	1	keine Standorte in LSA					
	2	548	600	813	770	514	356
	3	460	459	565	489	448	300
	4	543	601	8680	606	458	206
	5	keine Standorte in LSA					
V	1	613	613	618	615	610	607
	2	652	693				
	3	678	721	911	747	652	615
	4	629	738	1810	877	532	385
	5	690	702	1080	737	643	523

Gewählter Kennwert: Median, da außer Lö (BG 2) und Lö (BG 3) keine Normalverteilung vorliegt



Vergleich mit Studie Fz JÜLICH (2014):

- Geringere P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden als Ergebnis der Auswertung der Analytik

Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

- Ansatz zur Ermittlung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen auf Grundlage von ...
 - 1) Ansatz des Modelles MODIFFUS in der Schweiz (HÜRDLER ET AL. 2015)
 - 2) Modellansatz MOGWAF (BUG 2011)
 - 3) Weiterentwicklungen und Erprobungen in Flurbereinigungsgebieten in Sachsen-Anhalt (STEININGER & WURBS 2016)

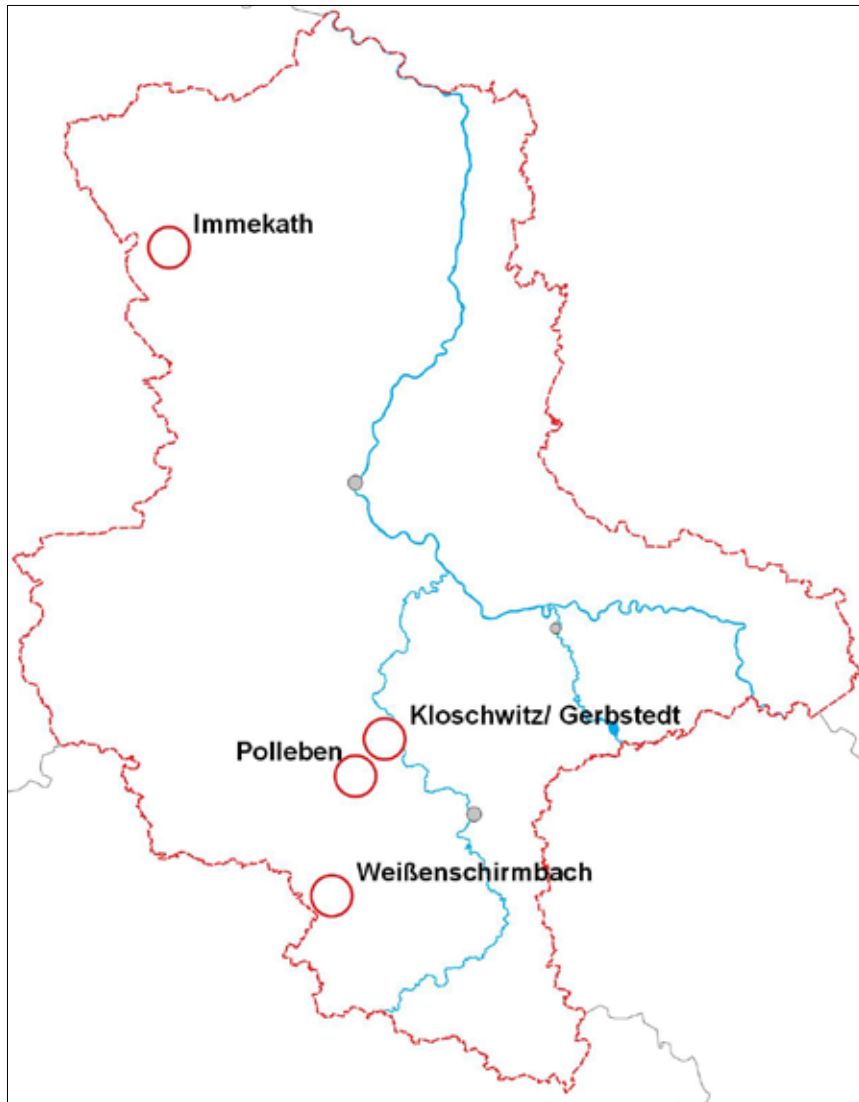
1) Hürdler, J., Prasuhn, V. & E. Spiess (2015): Abschätzung diffuser Stickstoff- und Phosphoreinträge in die Gewässer der Schweiz. Bericht. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU).

2) Bug, J. (2011): Modellierung des Gewässeranschlusses von erosionsaktiven Flächen. - Naturschutz und Landschaftsplanung 43(3):77-84.

3) Steininger, M. & D.Wurbs (2016): Problem-, Situations- und Risikoanalyse und Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen im Rahmen A0-E-Wa für verschiedene Untersuchungsgebiete. – Abschlussberichte (unveröff.)



Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

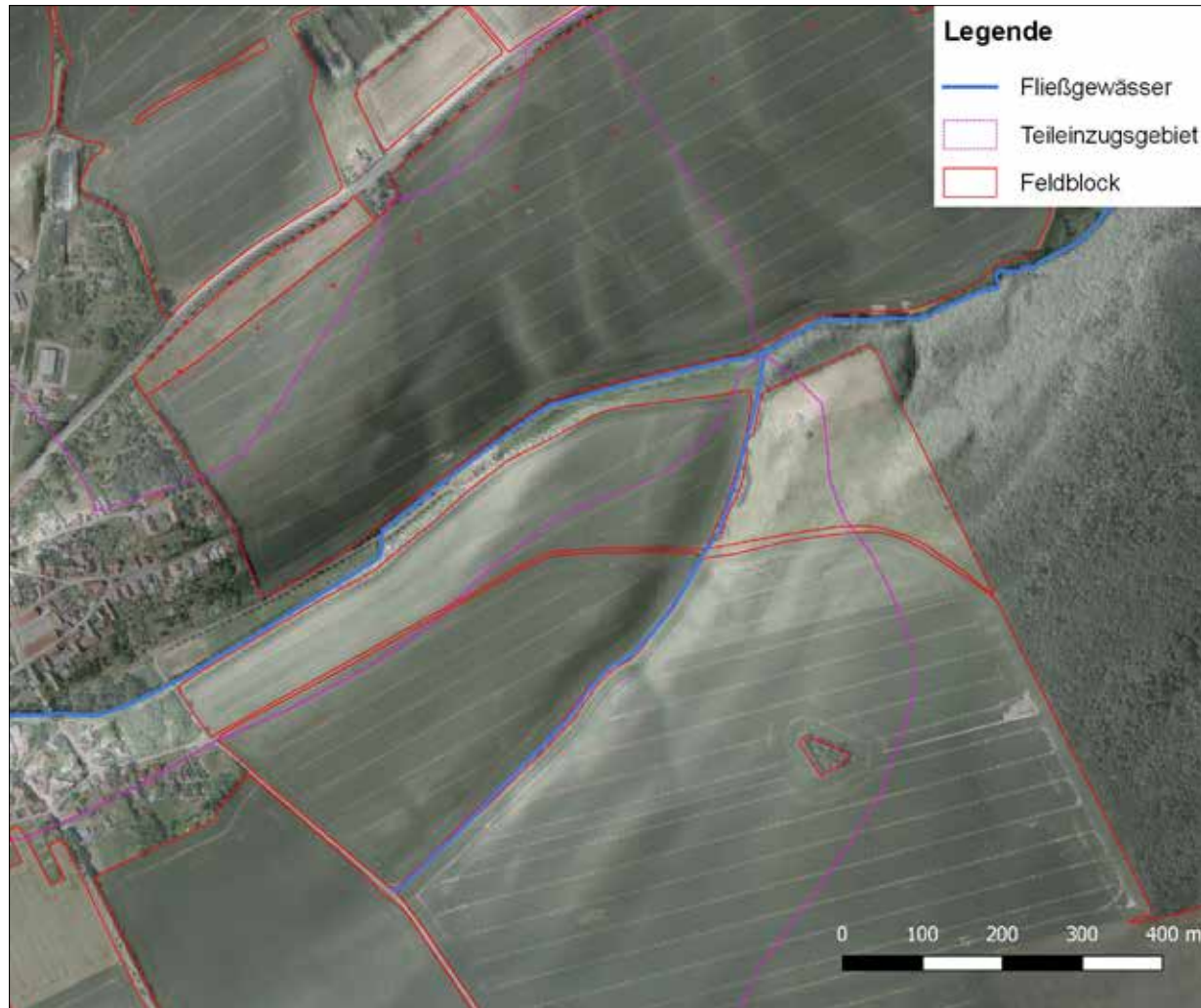


3) Weiterentwicklungen und Erprobungen in Flurbereinigungsgebieten in Sachsen-Anhalt (STEININGER & WURBS 2016)

3) Steininger, M. & D.Wurbs (2016): Problem-, Situations- und Risikoanalyse und Erarbeitung von Maßnahmenvorschlägen im Rahmen A0-E-Wa für verschiedene Untersuchungsgebiete. – Abschlussberichte (unveröff.)

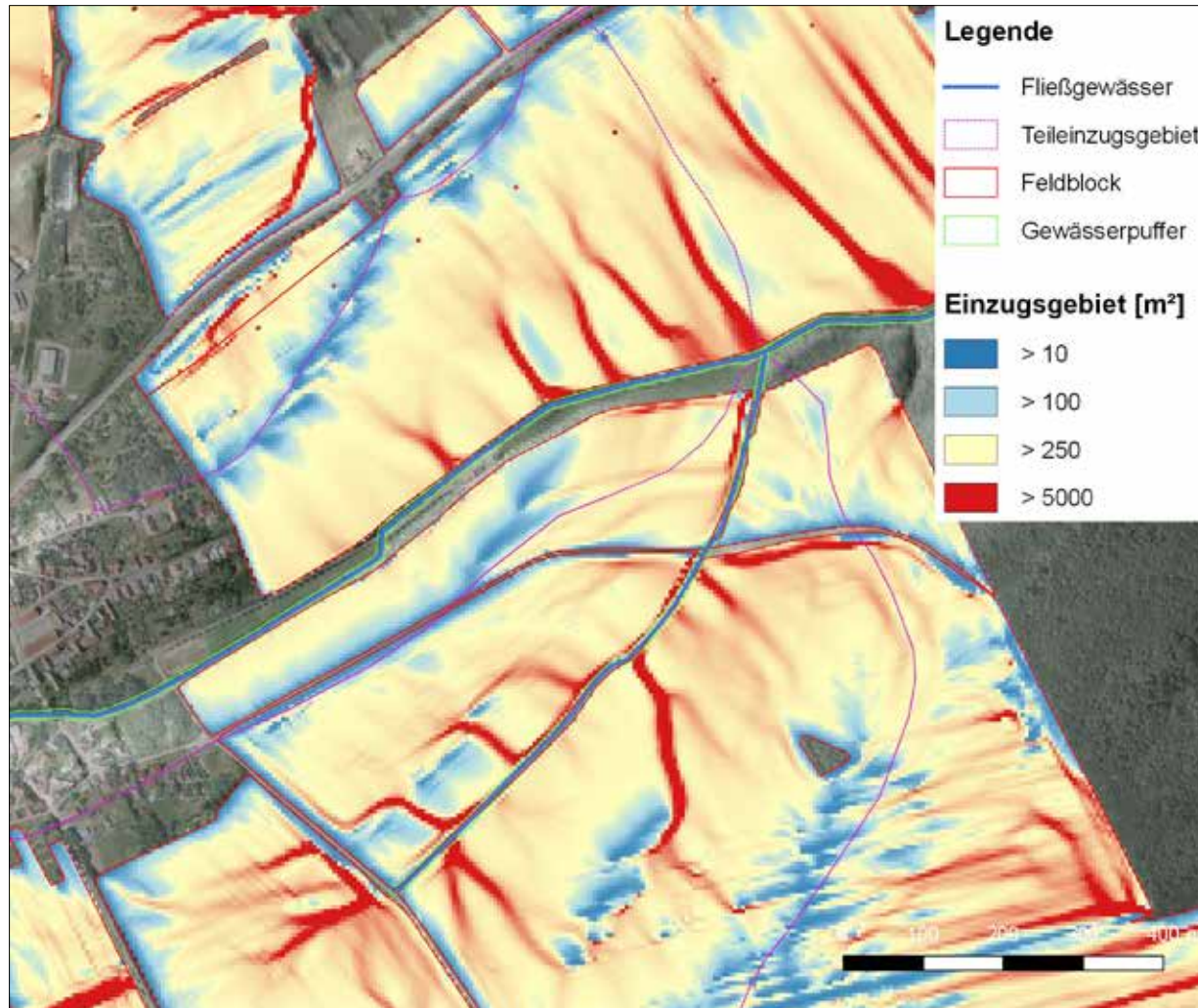
Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

- Ausweisung primärer & sekundärer Fließwege (Gewässer & Tiefenlinien)



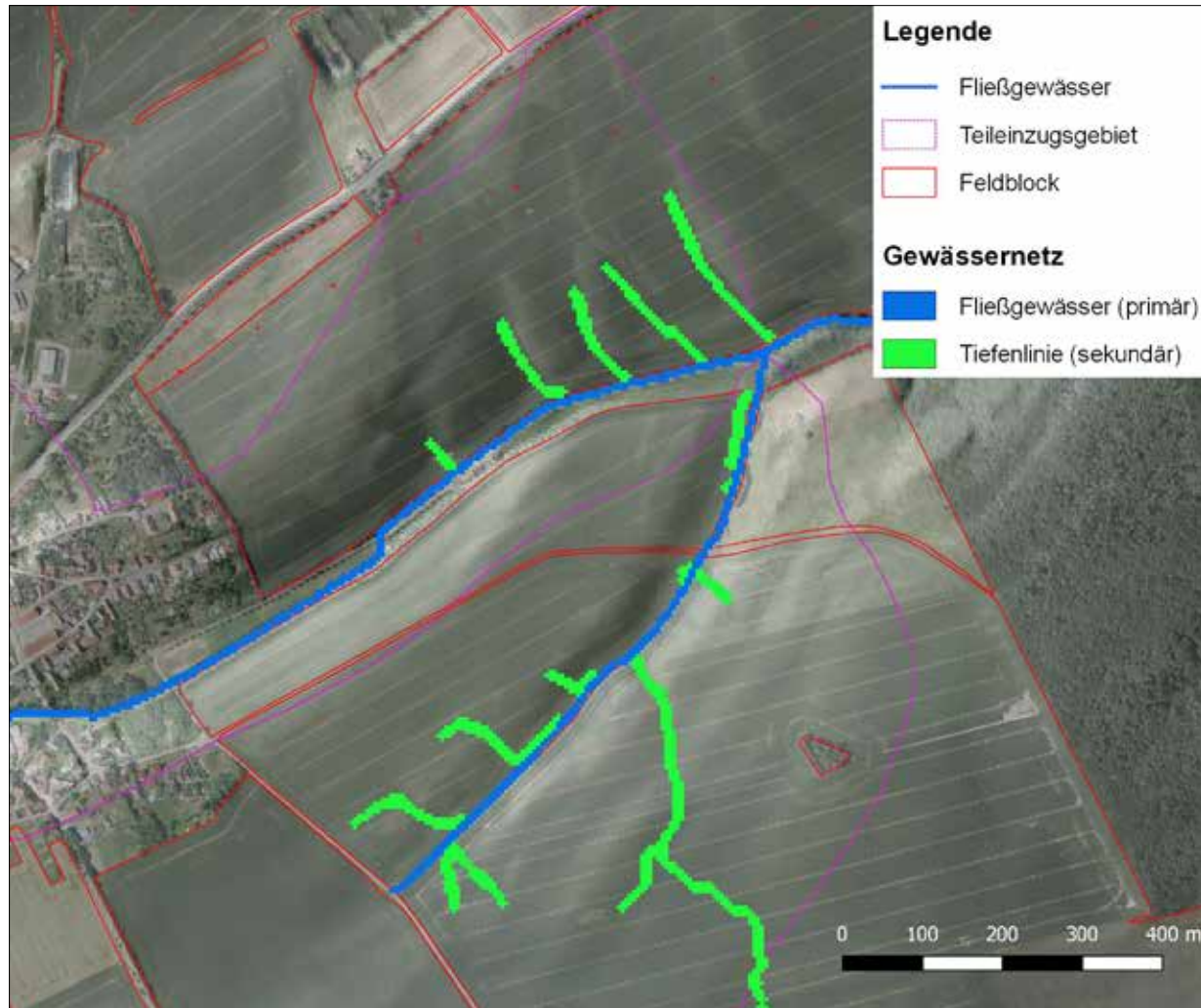
Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

- Ausweisung primärer & sekundärer Fließwege (Gewässer & Tiefenlinien)



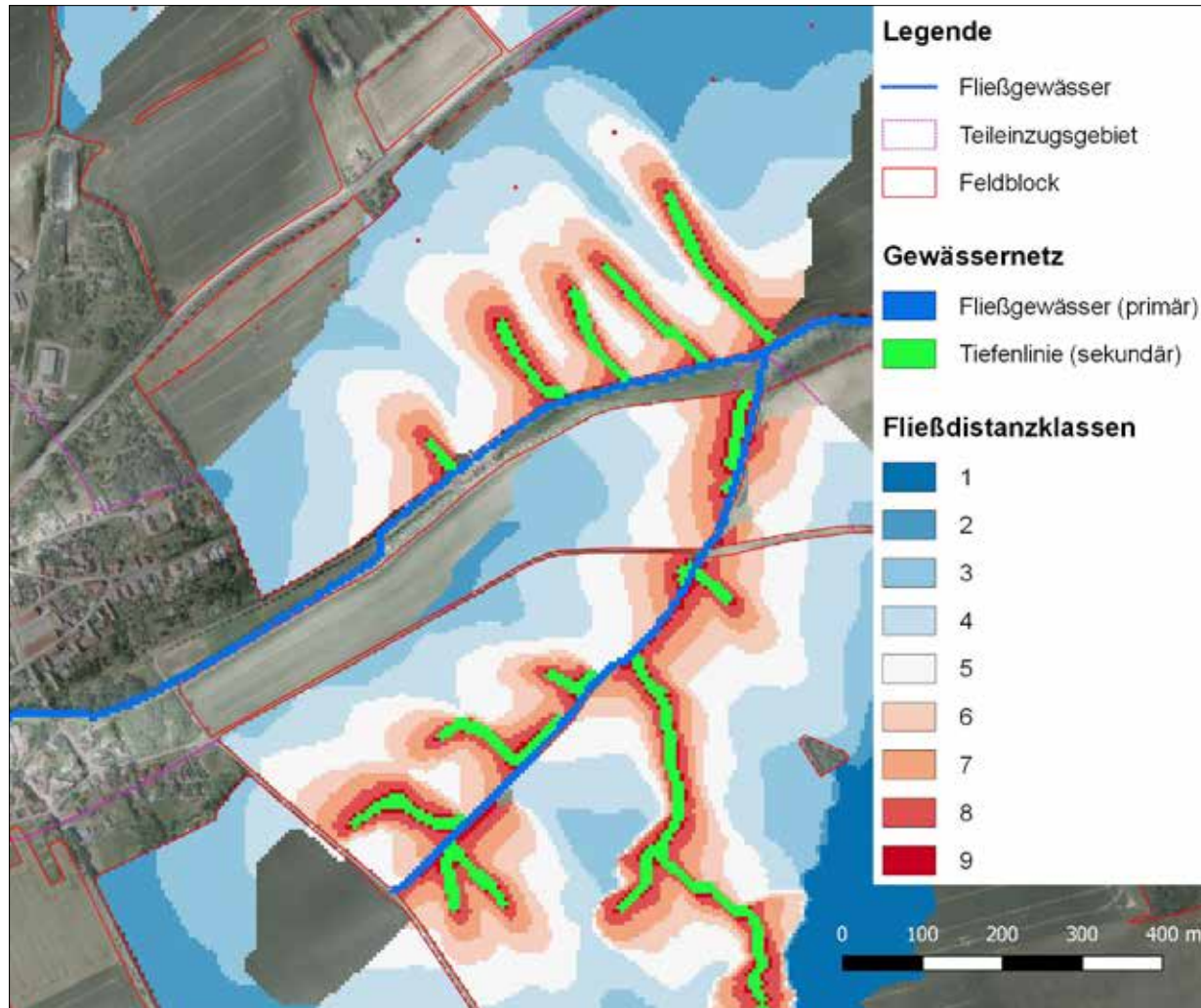
Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

- Ausweisung primärer & sekundärer Fließwege (Gewässer & Tiefenlinien)



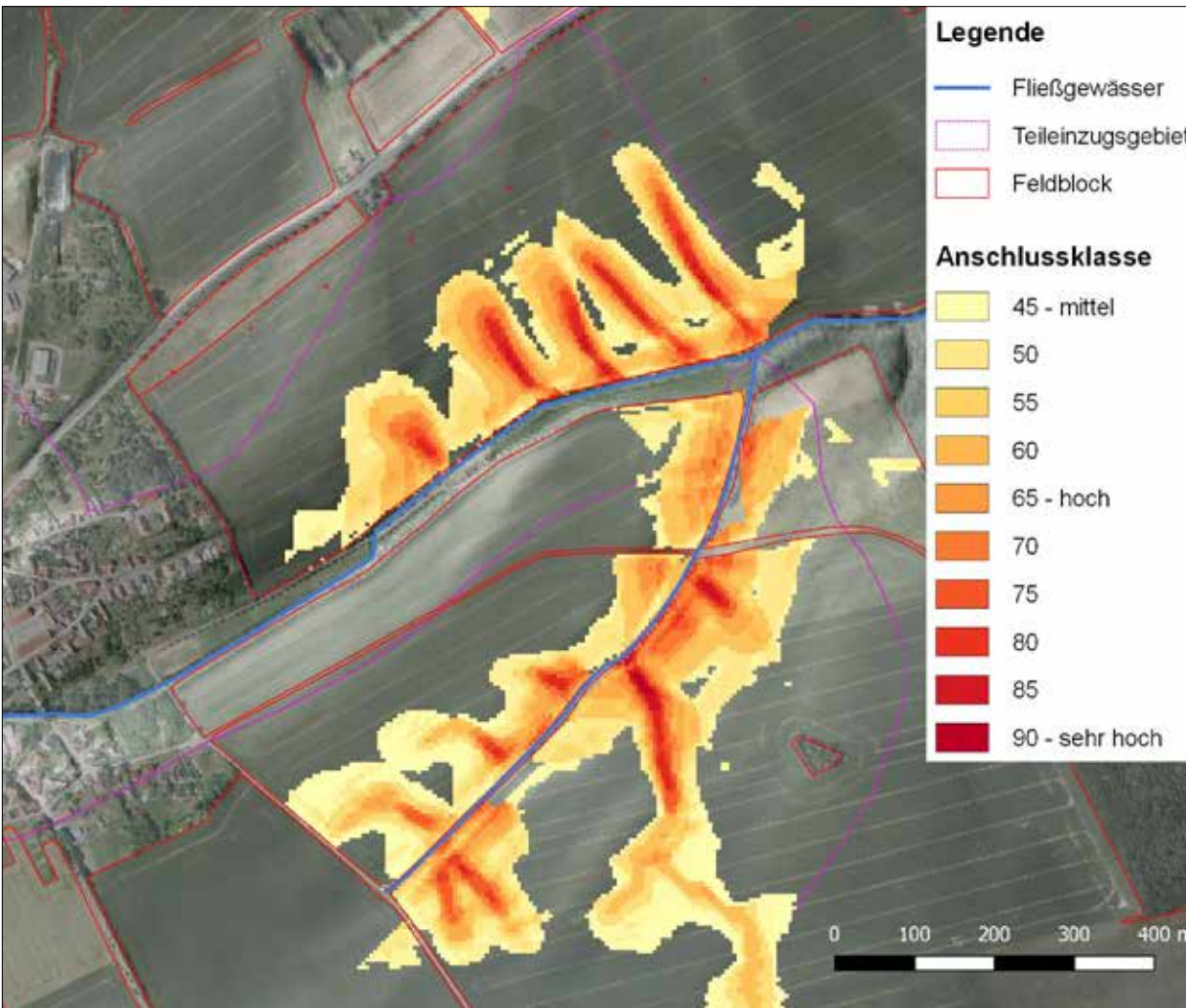
Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

- Ausweisung primärer & sekundärer Fließwege (Gewässer & Tiefenlinien)



Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

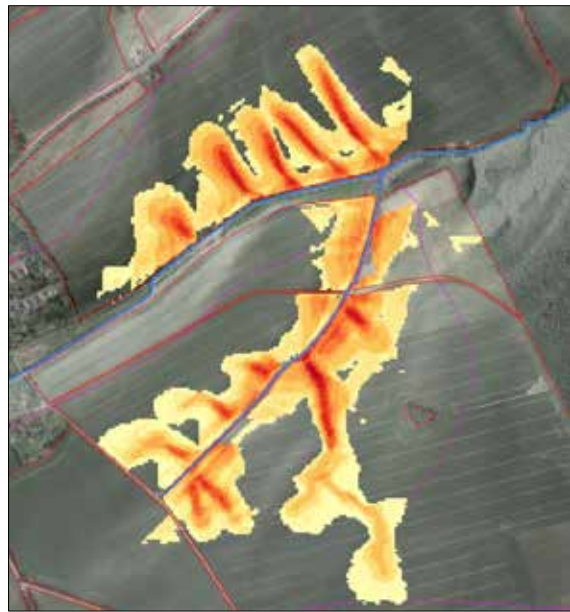
- Klassifizierung der Anschlusswahrscheinlichkeit



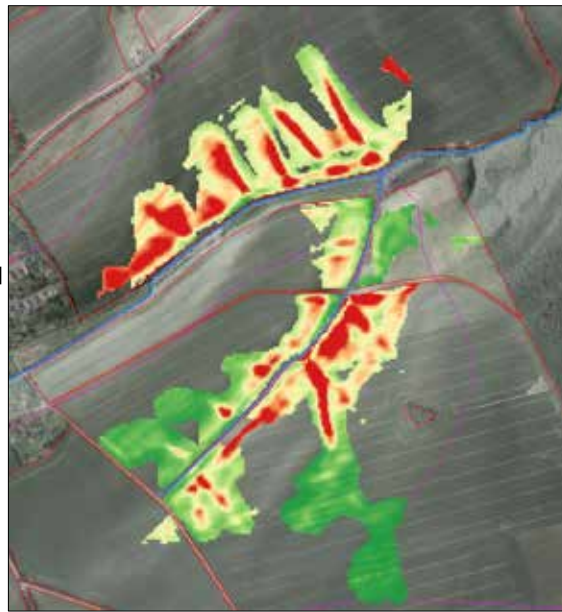
- Geringer Abstand zum Gewässer & hoher Bodenabtrag = große Anschlusswahrscheinlichkeit**

Modelltest und Verifizierung der Ergebnisse

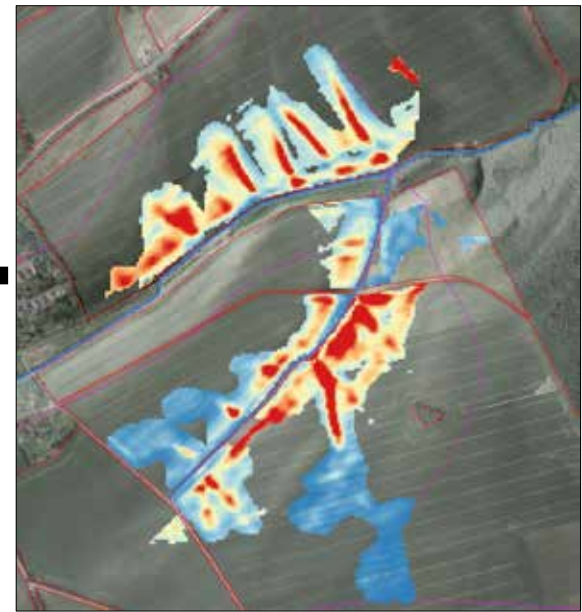
Ermittlung Eintrag Sediment und P aus angeschlossenen Flächen



+



+



Gewässeranschluss

Bodenabtrag [kg/Zelle]

P-Eintrag [kg/Zelle]

Bilanzierung

Feldblöcke

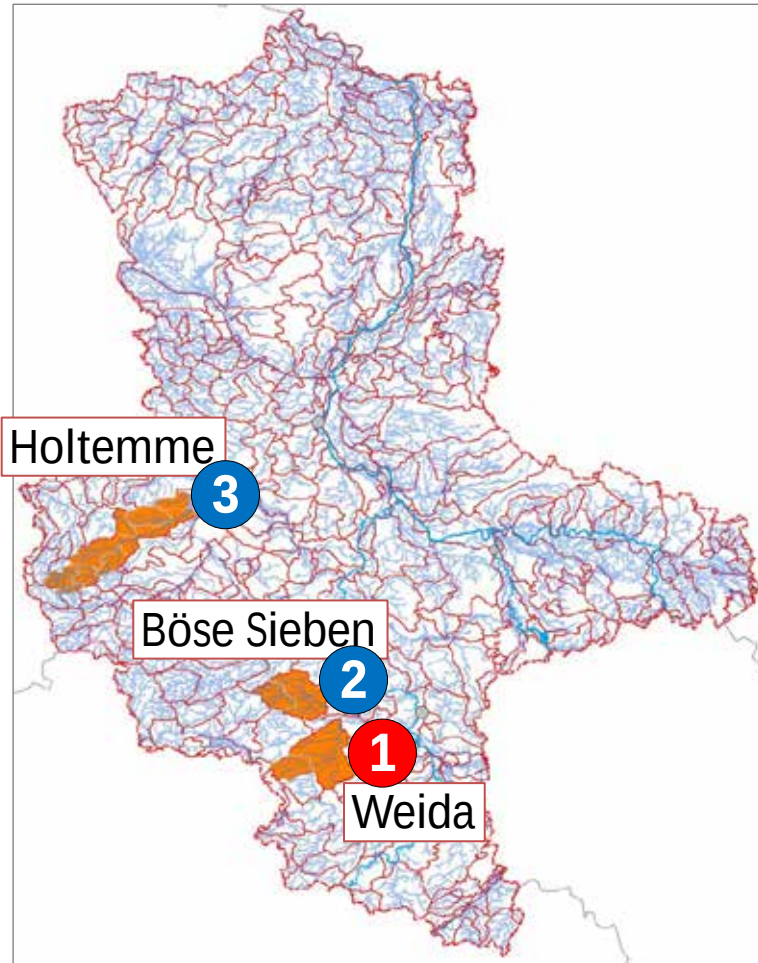
Fließgewässer

Wassereinzugsgebiete

OWK

Koordinierungsräume

Modelltest und Verifizierung der Ergebnisse

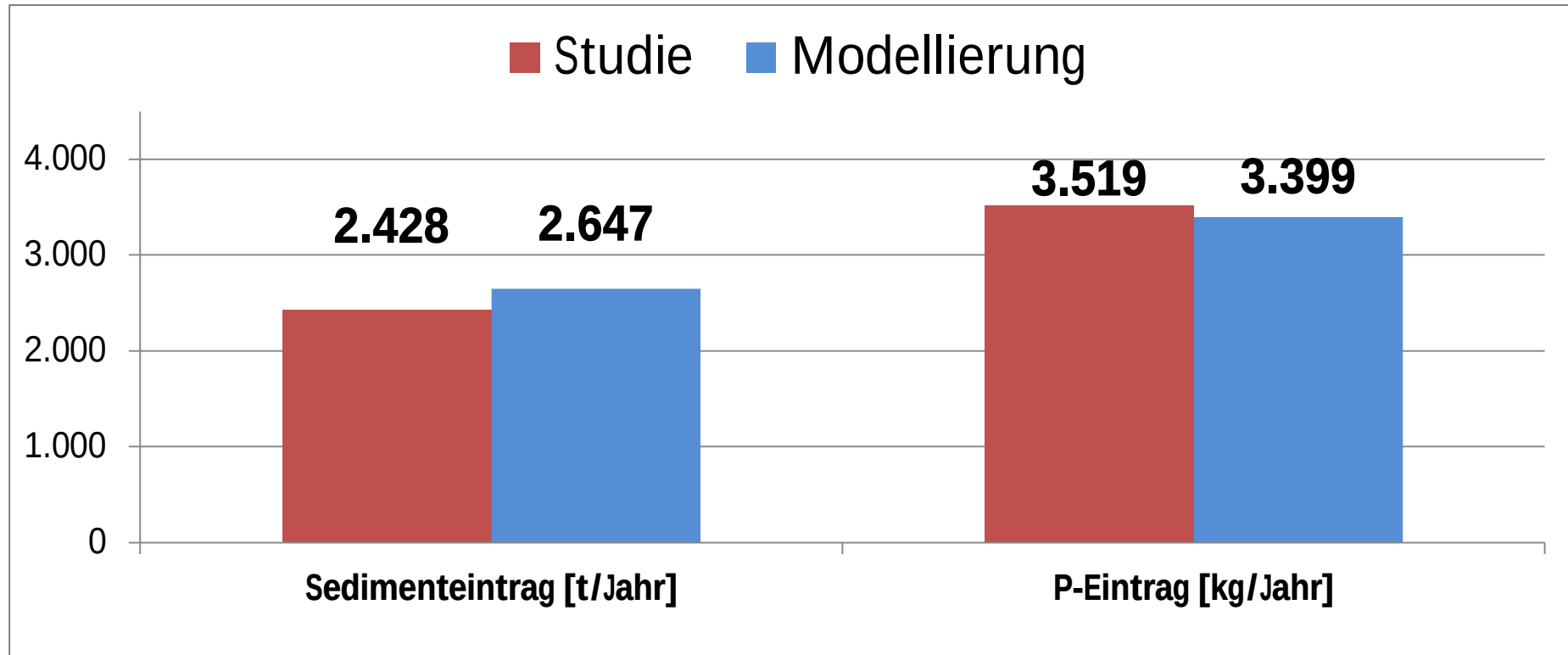


1 Weida

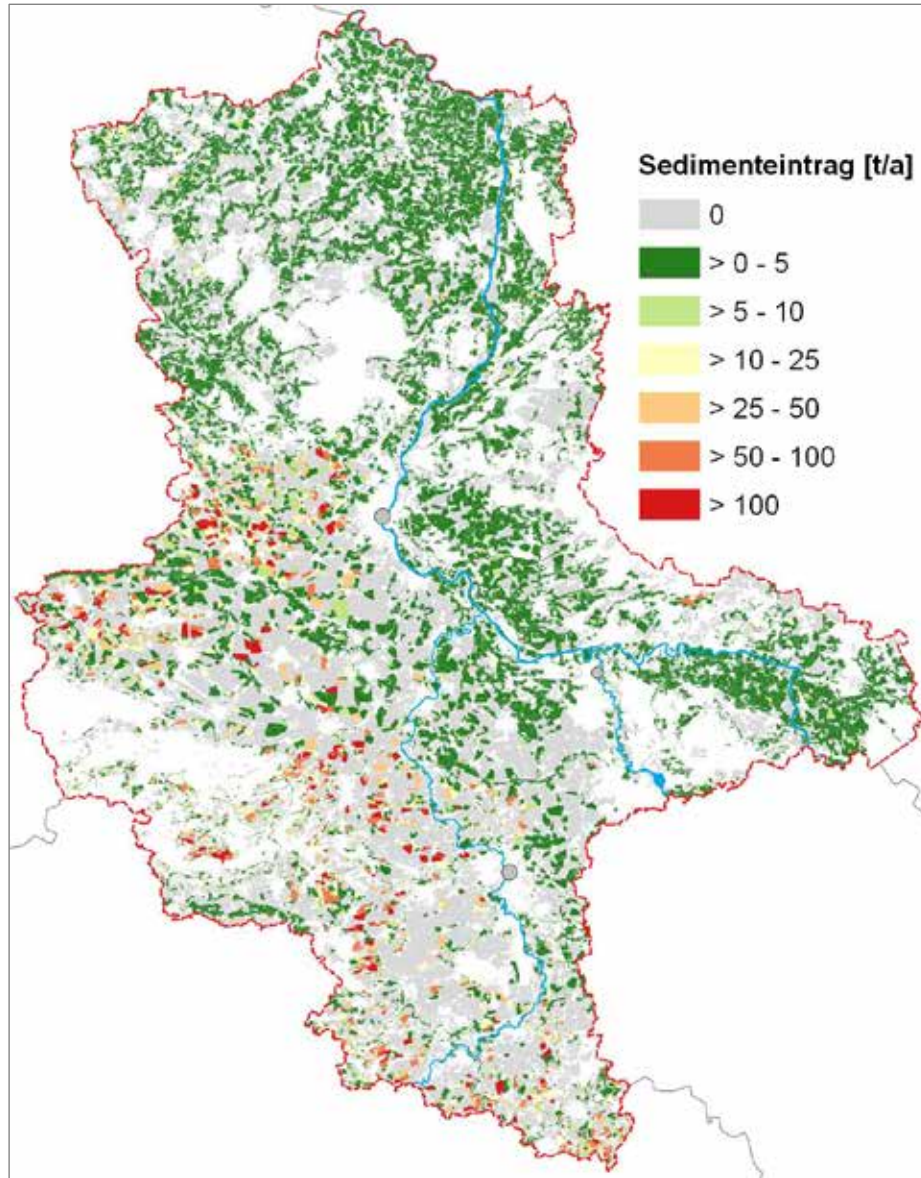
- Pegel Stedten
- 1997 – 1999
- Studie zur Ermittlung des Nährstoff- und Sedimenteintrages in den wiederentstehenden Salzigen See
- Institut für Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
- Frachten AfS, P_{Gesamt} und partikulär gebundener Phosphor (P_p) (ereignisbasiert und wöchentliche Probenahme)

Modelltest und Verifizierung der Ergebnisse

- Beispiel Weida (Pegel Stedten)



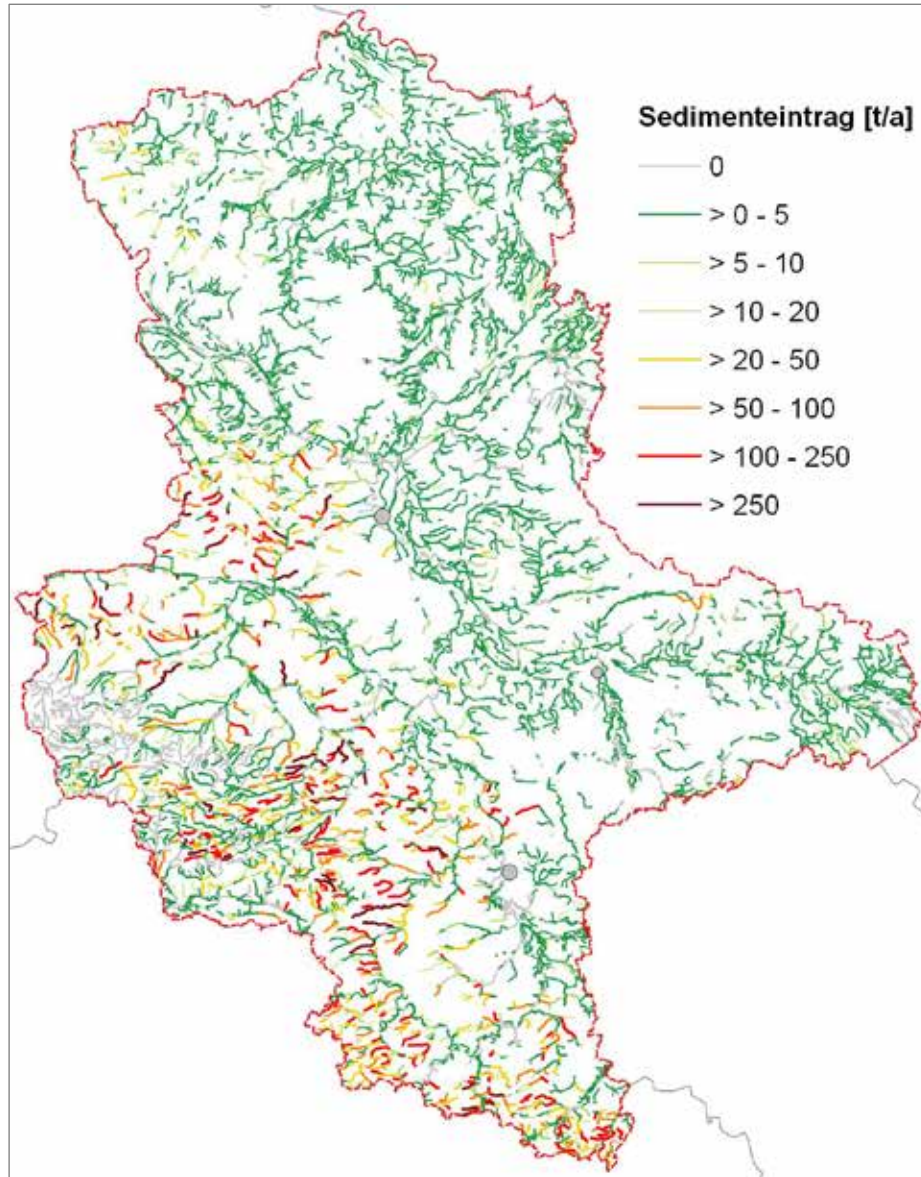
Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



Sedimentausträge aus Feldblöcken

- 31.261 der Feldblöcke (LN) (48,6%) direkt oder indirekt an Gewässernetz angeschlossen
- 70% der Sedimentausträge stammen aus 5% aller Feldblöcke (LN)

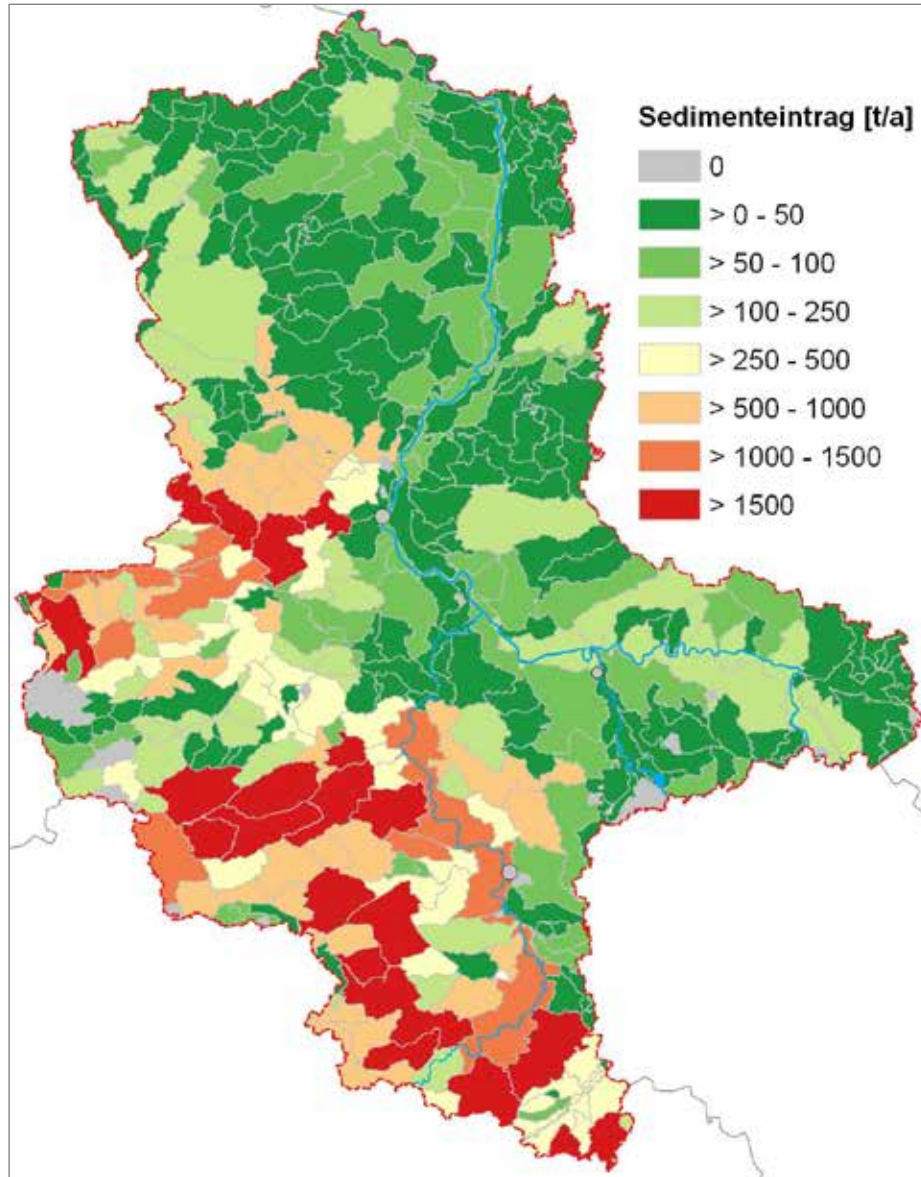
Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



Sedimentausträge in Fließgewässer

- 86% der Einträge in 8% der Fließgewässer (DGN LHW)

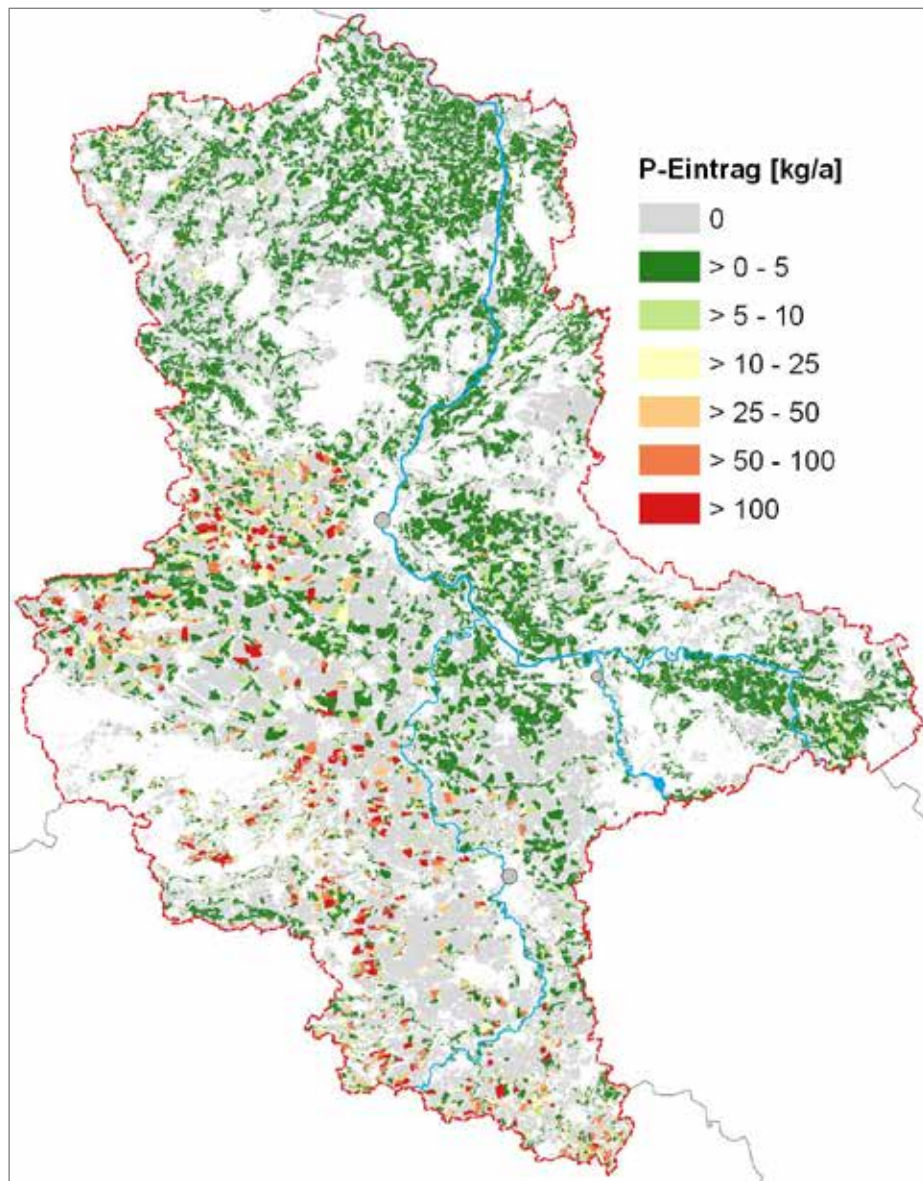
Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



Sedimenteinträge in den OWK

- 59% der Einträge in 29 von 428 OWK (mit Flächenanteil in LSA)

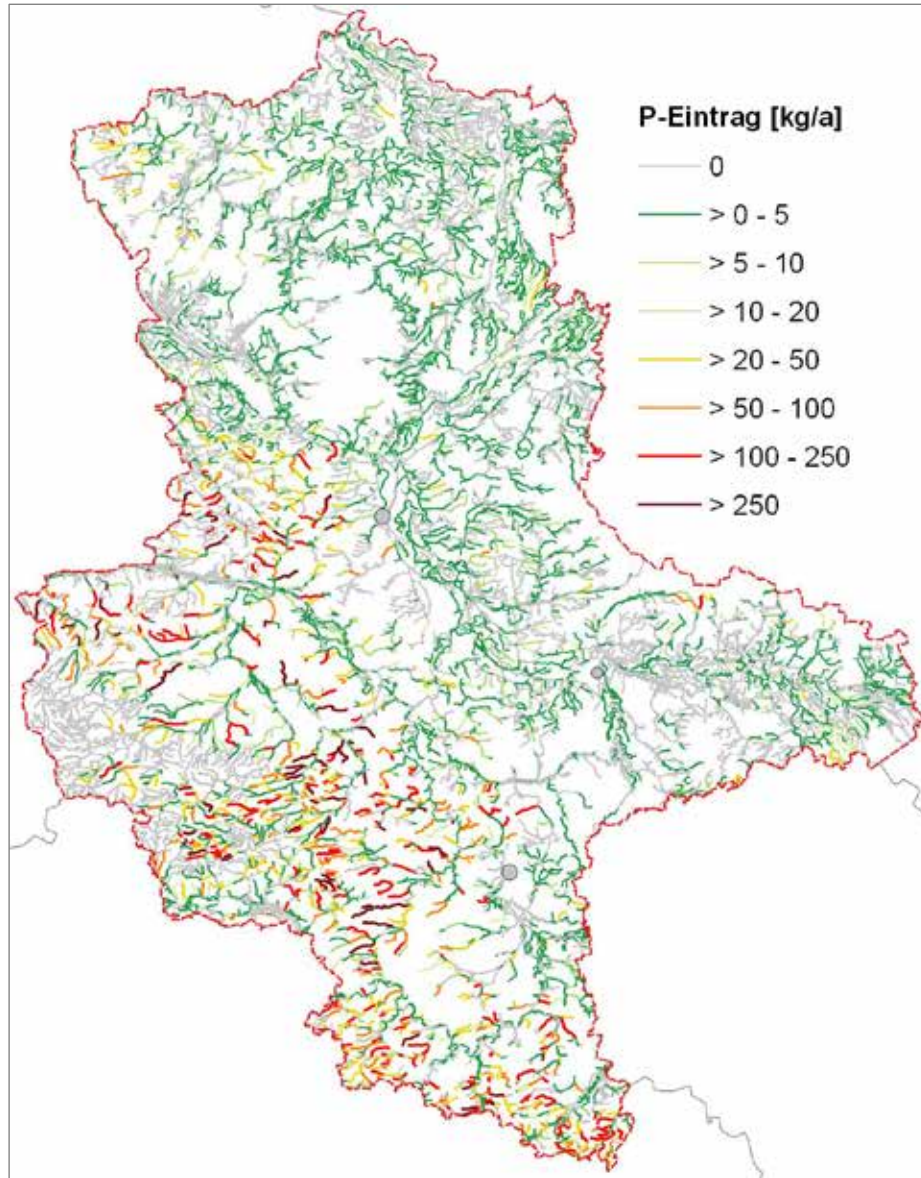
Sedimentgebundene P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



P-Austräge aus Feldblöcken

- 31.261 der Feldblöcke (LN) (48,6%) direkt oder indirekt an Gewässernetz angeschlossen
- 72% der Austräge stammen aus 5,5% aller Feldblöcke (LN)

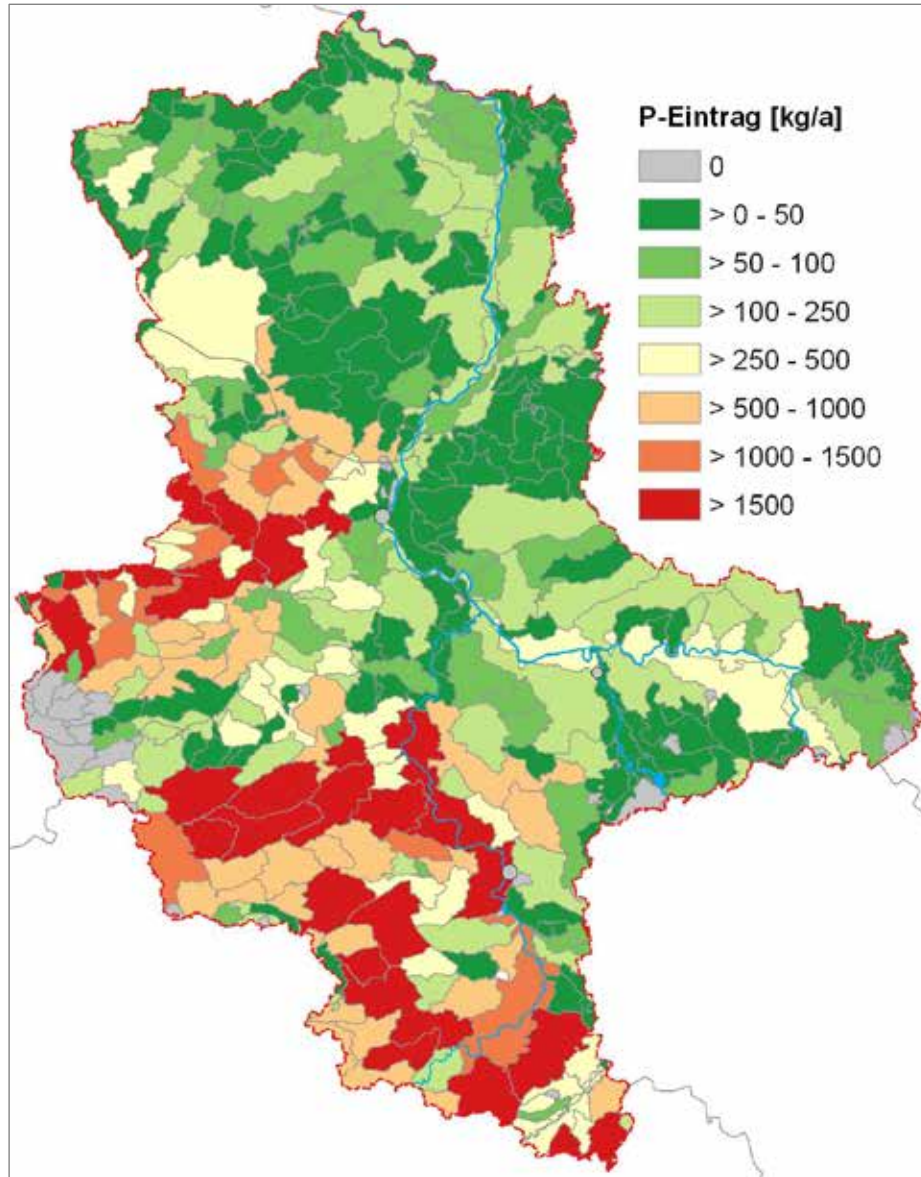
Sedimentgebundene P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



P-Austräge in Fließgewässer

- 83% der Einträge in 8% der Fließgewässer (DGN LHW)

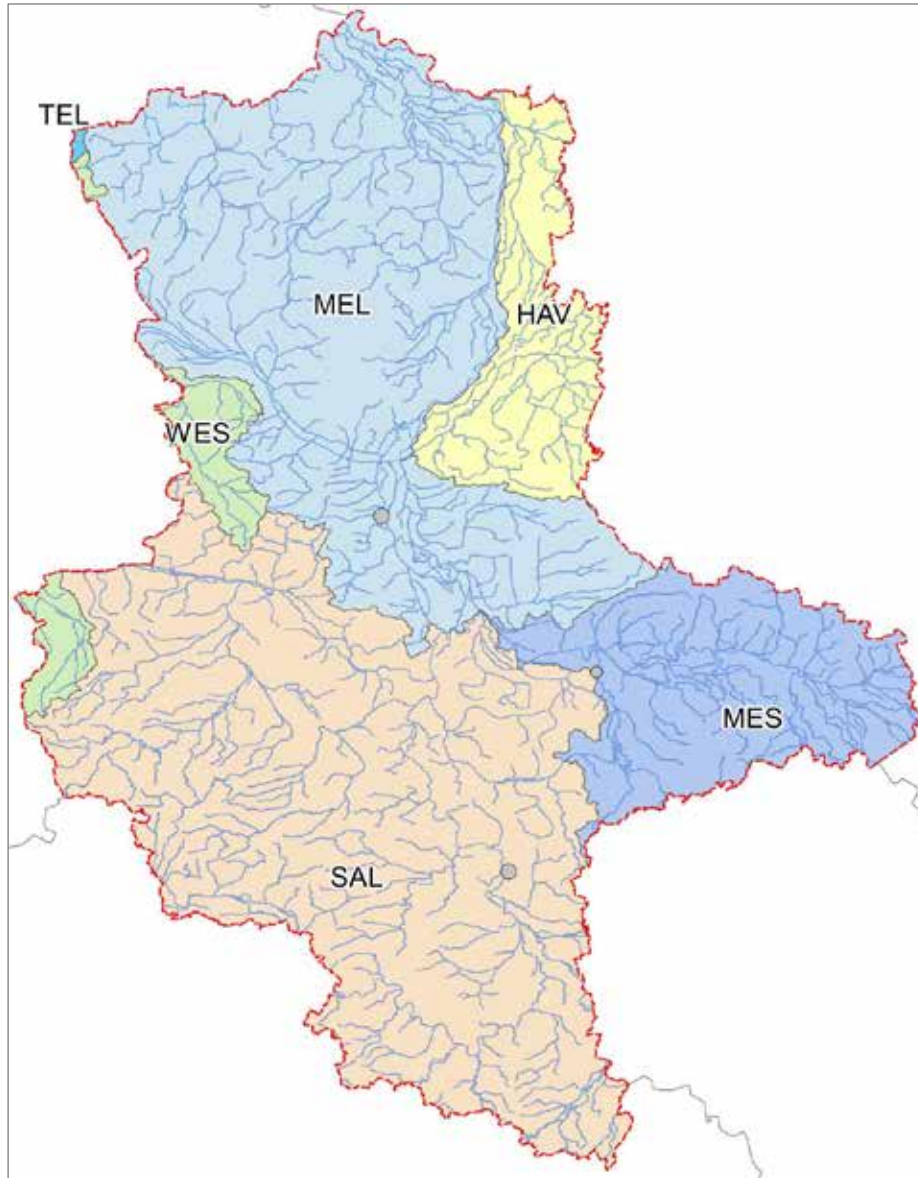
Sedimentgebundene P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



P-Einträge in den OWK

- 60% der Einträge in 33 von 428 OWK (mit Flächenanteil in LSA)

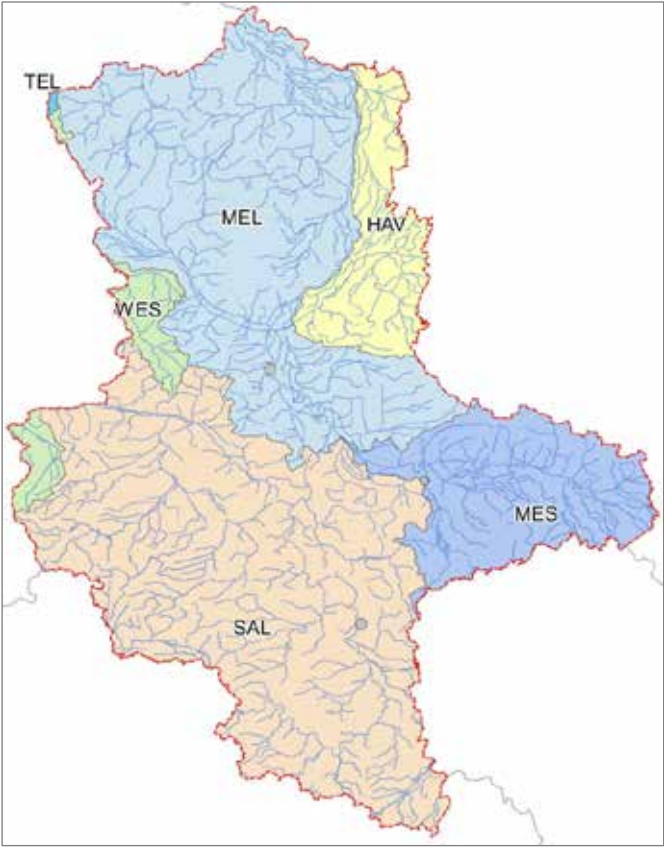
Sediment- und P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



Koordinierungsräume und nach
WRRL berichtspflichtige Gewässer

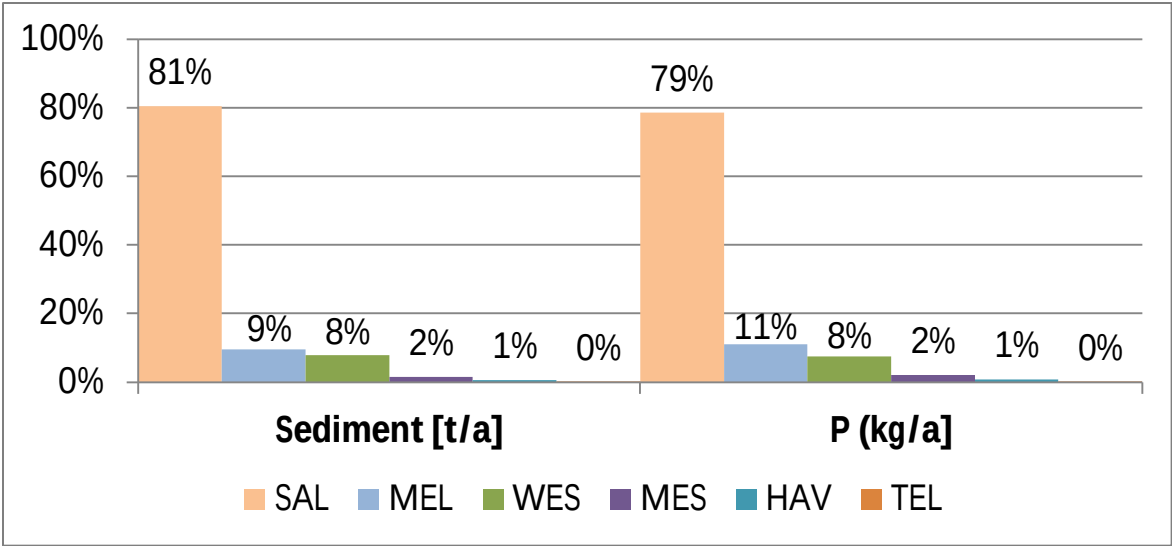
- SAL** - Saale
- MEL** - Mittlere Elbe/ Elde
- MES** - Mulde/ Elbe/ Schwarze Elster
- HAV** - Havel
- WES** - Weser
- TEL** - Tideelbe

Sediment- und P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts



- Koordinierungsräume (KOR)**
- SAL** - Saale
 - MEL** - Mittlere Elbe/ Elde
 - MES** - Mulde/ Elbe/ Schwarze Elster
 - HAV** - Havel
 - WES** - Weser
 - TEL** - Tideelbe

KOR / Land	Eintrag Sediment aus Erosion [t/Jahr]	Eintrag partikulär gebundener Phosphor [kg/Jahr]
SAL	79.463	91.241
MEL	9.364	12.695
MES	1.528	2.400
HAV	554	935
WES	7.733	8.701
TEL	1	1
LSA	98.644	115.973



Zusammenfassung und Verallgemeinerungen (1/2)

- **Fortschreibung der Ergebnisse** der sedimentgebundenen Bodenerosions- und P-Eintragsmodellierung in Fließgewässer Sachsen-Anhalts (2007)
- **Verwendung aktueller und räumlich hoch auflösender Geo-Datengrundlagen**
- **Schaffung einer aktualisierten Grundlage** für den Eintragspfad „Erosion“ für die Nährstoffeintragsmodellierung mit GROWA-WEKU-MEPhos
- Modellierung der Sediment- und P-Einträge über einen **methodischen Gewässeranschlussmodellansatz**
- **Analyse und räumliche Übertragung von Labordaten** zur Ermittlung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden

Zusammenfassung und Verallgemeinerungen (2/2)

- Erhöhte P-Austräge gegenüber Studie FZ JÜLICH (2014) trotz reduzierter P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden infolge Fortschreibung der Eingangsdaten (Steuergrößen für Bodenabtrag $\rightarrow$ LS-, R-Faktor)
- **Modellansatz** zur Abschätzung **langjähriger, mittlerer Einträge von Sediment und P auf Länderebene** (mittel- bis kleinmaßstäbig)
- **Großmaßstäbige Untersuchungen** und Maßnahmenplanungen in Gebietsausschnitten **erfordern** räumlich höher auflösende (**zusätzliche**) **Daten** (DGM, Bodenkarte, Orthophotos) und weitere **Methoden** (Kartierung, Bodenansprache)
- **Keine Berücksichtigung von** lokalen ‚**Sonderfällen**‘ (Durchlässe, Kanalisationen etc.)
- **Verifizierung** der Ergebnisse des sedimentgebundenen P-Eintrages und des Eintrages der Sedimente bleibt **unsicher**

**Abschätzung des wassererosionsbedingten und sedimentgebundenen
P-Austrages in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !



SACHSEN-ANHALT



MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

