



SACHSEN-ANHALT

Landesanstalt für
Landwirtschaft und
Gartenbau

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

Schriftenreihe der LLG, Heft 1/2019

Institut für Geowissenschaften und Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg | Von-Seckendorff-Platz 4 | 06120 Halle | Tel.: 0345-5526063 | gerd.schmidt@geo.uni-halle.de

MISB | Ellen-Weber-Straße 98 | 06120 Halle | Tel.: 0345-5505764 |
m.steininger@bodensachverstaendige.de

geoflux GbR | Goethestraße 31 | 06114 Halle | Tel.: 0345-27999700 | wurbs@geoflux.de



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

- Zusammenfassender Projektbericht -

Forschungsvorhaben (Laufzeit 03/2017 bis 04/2018):

Entwicklung und Anwendung einer Methode zur Abschätzung des wassererosionsbedingten und sedimentgebundenen P-Austrages in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts

Finanzierung:

Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Energie des Landes Sachsen-Anhalt

Bearbeitung:

Dr. Gerd Schmidt (Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg), Dr. Michael Steininger (MISB), Dr. Daniel Wurbs (Geoflux), Dr. Thomas Koschitzki (Geoflux)

Projektbegleitung:

Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)

Dr. Matthias Schrödter

1. Hintergrund und Zielsetzung

Mit der europaweiten Einführung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurden Umweltziele für die oberirdischen Gewässer und das Grundwasser definiert. Alle oberirdischen Gewässer müssen einen guten chemischen und ökologischen Zustand und das Grundwasser einen guten mengenmäßigen und chemischen Zustand erreichen. Die Höhe der aktuellen Nährstoffeinträge sowie die teilweise noch sehr hohen „Altbelastungen“ der Gewässer verhindern im Einzugsgebiet der Elbe, zu dem die gesamte Landesfläche Sachsen-Anhalts gehört, die Erreichung der Umweltziele der WRRL in vielen Gewässern. Vor diesem Hintergrund ist es notwendig, eine langfristig angelegte Nährstoffminderungsstrategie für die Flussgebietseinheit Elbe sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene umzusetzen, um spätestens bis 2027 die Umweltziele der WRRL zu erreichen (AD-HOC AG NÄHRSTOFFE DER FGG ELBE 2016). Auch Sachsen-Anhalt hat sich hierzu bekannt und plant, für den 2. Bewirtschaftungsplan über die Düngeverordnung, Beratung, Flurbereinigung, Agrarumwelt- sowie Greening-Maßnahmen die diffusen Nährstoffeinträge in das Grund- und Oberflächenwasser zu vermindern.

Für die P-Einträge in die Oberflächengewässer sind neben den punktuellen Einträgen aus Abwasserkläranlagen und Regenwasserentwässerungen (55 % des P-Eintrages in die Fließgewässer) vor allem diffuse Eintragsquellen aus landwirtschaftlichen Flächen (18 % aus erosiven Bodenabträgen) verantwortlich (FZ JÜLICH 2014). Somit müssen dem Eintragspfad ‚Bodenerosion‘ besonderes Augenmerk gewidmet werden. Voraussetzung hierfür ist die landesweite Kenntnis der landwirtschaftlichen Gewässeranschlussflächen, der potenziellen Sedimentfrachten und der sedimentgebundenen und Phosphoreinträge als Grundlage für die Erarbeitung von Minderungsstrategien und Maßnahmenplänen.

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens (WURBS ET AL. 2007) erfolgte für Sachsen-Anhalt die modellgestützte Ermittlung der erosionsbedingten Sediment- und der sedimentgebundenen P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts. Die zwischenzeitlich deutlich verbesserte und aktualisierte Datenbasis (u.a. Digitales Geländemodell, Gewässernetz, Grundlagendaten zur Bestimmung der Erosionsgefährdung, P-Analysedaten für Bodenproben) sowie neue Algorithmen der Reliefmodellierung und Modellansätze zur Ausweisung von Gewässeranschlussflächen bieten neue Möglichkeiten, Gewässeranschlussflächen und die sedimentgebundenen P-Austräge infolge von erosiven Bodenabträgen besser abschätzen zu können. Im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Institutes für Geowissenschaften und Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg erfolgte zwischen März 2017 und April 2018 die Fortschreibung der Ergebnisse der sedimentgebundenen Bodenerosions- und P-Eintragsmodellierung in Fließgewässer Sachsen-Anhalts aus dem Jahr 2007.

2. Methodische Vorgehensweise und Arbeitsschritte

Der modulare Aufbau des methodischen Ansatzes ist in Abbildung 1 dargestellt. Auf Grundlage ausgewiesener Transportpfade erfolgt die Modellierung potenziell erosionsgefährdeter Gewässeranschlussflächen. Der Modellierung der landesweiten Sediment- und P-Einträge aus den Anschlussflächen in die Fließgewässer liegen die Ermittlung des mittleren langjährigen Bodenabtrages auf landwirtschaftlichen Flächen und die Ableitung mittlerer P_{Gesamt} -Gehalte für Oberböden zugrunde. Das Verfahren wurde in ausgewählten Testgebieten erprobt und verifiziert.

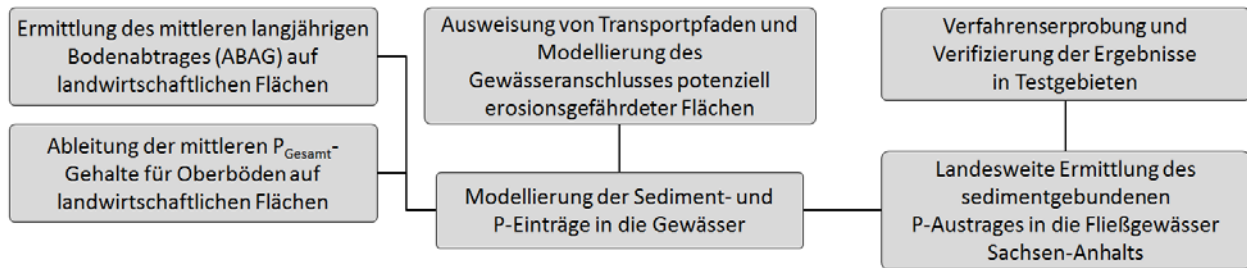


Abbildung 1: Methodischer Gesamtansatz

Datengrundlagen

Nachfolgende Daten wurden verwendet. Die Datenbereitstellung erfolgte durch die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt.

Datengrundlage	Quelle
Digitale Verwaltungsgrenzen	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVerGeo) [2017] – Lizenz-Nr. 010312
Digitale Feldblockgrenzen	InVekoS-Feldblock-Referenz [2017]
INVEKOS-Anbaudaten der Jahre 2013 bis 2017	InVekoS -Referenz [2017, 2016, 2015, 2014, 2013]
Digitales Geländemodell 1m-Raster (DGM1), aggregiert auf DGM5	Landesamt für Vermessung und Geoinformation Sachsen-Anhalt (LVerGeo) [2017] – Lizenz-Nr. 010312
Digitale Karten der Bodenschätzung	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) [2005]
Vorläufige Bodenkarte (VBK) 1:50.000 (mit/ohne Nutzungsdifferenzierung)	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) [2009]
Karte des R-Faktors	Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG) [2015]
Karte des K-Faktors auf Basis Vorläufige Bodenkarte (VBK) 1:50.000	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) [2015]
Digitales Gewässernetz (DGN) und Wassereinzugsgebiete (WEG) im Maßstab 1:10 000	Landesbetrieb für Hochwasserschutz Sachsen-Anhalt (LHW) [2017]
Analytik für 715 Bodenproben aus Ap-Horizonten von Bodenschätzungs-Vergleichsstücken	Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB) [2017]; Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG) [2017]

Tabelle 1: Datengrundlagen und Quellen

Ermittlung des langjährigen mittleren jährlichen Bodenabtrages

Die Bestimmung des langjährigen mittleren Bodenabtrages wurde nach der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (SCHWERTMANN ET AL. 1990) entsprechend DIN 19708:2017-08 (DIN 2017) bezogen auf eine Rasterweite von 5 m vorgenommen. Folgende Teilschritte wurden umgesetzt:

- Einbindung des fortgeschriebenen R-Faktors (Regenerositätsfaktor) für den Bezugszeitraum 1981-2010
- Einbindung des K-Faktors (Bodenerodierbarkeitsfaktor) auf Basis der Vorläufigen Bodenkarte 1:50.000 (VBK50) aus der Fortschreibung 2015
- Neuberechnung des S-Faktors (Hangneigungsfaktor) und des L-Faktors (Hanglängenfaktor) auf Grundlage des DGM5 unter Berücksichtigung einer Barrierefunktion an Feldblockgrenzen
- Bestimmung des C-Faktors (Bodenbedeckungs- und Bodenbewirtschaftungsfaktor) für Ackerschläge und einen mittleren Zeitraum 2013 bis 2017
- Landesweite Modellierung des langjährig mittleren, natürlichen Bodenabtrages ($R \cdot K \cdot L \cdot S$ -Faktor) und des langjährig mittleren, nutzungsabhängigen Bodenabtrages ($C \cdot R \cdot K \cdot L \cdot S$ -Faktor)

Ermittlung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden

Die Ermittlung der landesweiten P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden ackerbaulich genutzter Standorte erfolgte durch Analyse und Auswertung von Bodenproben aus Ap-Horizonten von Bodenschätzungs-Vergleichsstücken Sachsen-Anhalts und die Übertragung in die Fläche nach Auswahl eines geeigneten Verfahrens mit folgenden Arbeitsschritten:

- Auswahl von 715 gestörten Bodenproben aus Ap-Horizonten von Bodenschätzungs-Vergleichsstücken Sachsen-Anhalts, die sowohl nach bodenkundlicher Kartieranleitung KA5 komplett bodenkundlich gekennzeichnet als auch nach Vorgehensweise der Bodenschätzung angesprochen sind
- Analyse von Korngrößenverteilung (nach Köhn), Humus, Carbonat, pH-Wert (H_2O , KCl, $CaCl_2$) durch das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt (LAGB)
- Analyse von P_{Gesamt} , P (CAL), pH-Wert ($CaCl_2$) durch die Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG)
- Ableitung der P_{Gesamt} -gehalte für Oberböden durch multiple Korrelationen ($P_{\text{Gesamt}} = f(P(\text{CAL}), \text{Sand}, \text{Ton}, \text{pH-Wert}, \text{Humus})$) und Standortdifferenzierung nach Bodenentstehung, Bodengruppe Düngung und Bodenartenhauptgruppe des Oberbodens
- Ableitung der P_{Gesamt} -Gehalte für Oberböden durch Zuweisung von statistischen Maßzahlen zu Substraten und Kombinationen aus Entstehung und Bodengruppe Düngung (u.a. Median, Perzentilwerte)
- Auswahl eines Verfahrens zur Ableitung der P_{Gesamt} -gehalte und Übertragung in die Fläche (Ergebnisraster)

Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen

Die Modellierung des Gewässeranschlusses erosionsgefährdeter Flächen wurde durch die Verknüpfung der Modellansätze MODIFFUS (HÜRDLER ET AL. 2015) und MOGWAF (BUG 2011) und die Weiterentwicklung für das Land Sachsen-Anhalt vorgenommen. Das Verfahren wurde bereits in mehreren Flurbereinigungsgebieten in Sachsen-Anhalt erprobt (WURBS & STEININGER 2018). Das Verfahren basiert auf folgenden wesentlichen Arbeitsschritten:

- Landesweite Ausweisung von Abflussbahnen (kumulatives Einzugsgebiet) auf Basis des DGM5
- Ermittlung und Klassifizierung der Größe des zugehörigen, rasterbasierten Einzugsgebietes zur Ausweisung von sekundären Fließwegen
- Räumliche Verknüpfung des primären Gewässernetzes (Digitales Gewässernetz des Landesbetrieb für Hochwasserschutz und Wasserwirtschaft LHW) und des sekundären Gewässernetzes (aus DGM abgeleitete Fließwege) zu kombiniertem Fließwegenetz
- Ermittlung und Klassifizierung der Fließdistanz von der landwirtschaftlichen Fläche zum kombinierten Fließwegenetz
- Implementierung und Klassifizierung des potenziellen Bodenabtrages nach ABAG
- Rasterbasierte Verknüpfung der Fließdistanz- und Abtragsklassen
- Ermittlung von Anschlussklassen und Gewässeranschlussflächen → ein geringer Abstand zum Fließgewässer und ein hoher Bodenabtrag sind gleichbedeutend mit einer großen Anschlusswahrscheinlichkeit

Verfahrenserprobung und landesweite Bilanzierung

Als Ergebnis der vorherigen Arbeitsschritte lagen die ausgewiesenen landwirtschaftlichen Gewässeranschlussflächen, die mittleren langjährigen Bodenabträge [t/Zelle] und die P_{Gesamt} -gehalte der Oberböden [mg/kg] auf Basis eines 5m-Rasters vor. Die Ableitung der potenziellen, sedimentgebundenen P-Einträge [kg/Zelle] aus angeschlossenen Flächen erfolgte durch Anwendung der Formel nach AUERSWALD (1989, 1992) und die Verrechnung von potenziellem Bodenabtrag, dem P_{Gesamt} -Gehalt der Oberböden und einem einzugsgebietsspezifischen Anreicherungsfaktor.

Vor der landesweiten Ermittlung der Sedimenteinträge und sedimentgebundenen P-Einträge wurde eine Erprobung des Verfahrens in ausgewählten Testgebieten vorgenommen. Hierfür wurden die Einzugsgebiete der Weida, Böse Sieben und Holtemme ausgewählt und Frachtmessungen unterschiedlicher Zeitintervalle ausgewertet und den Modellergebnissen gegenübergestellt. Für die Testgebiete zeigen die Modellergebnisse plausible Werte. So weichen die ermittelten Sedimenteinträge [t/Jahr] im Einzugsgebiet der Weida (Pegel Stedten) um 9 % und die sedimentgebundenen P-Einträge um 3 % von den gemessenen Werten ab.

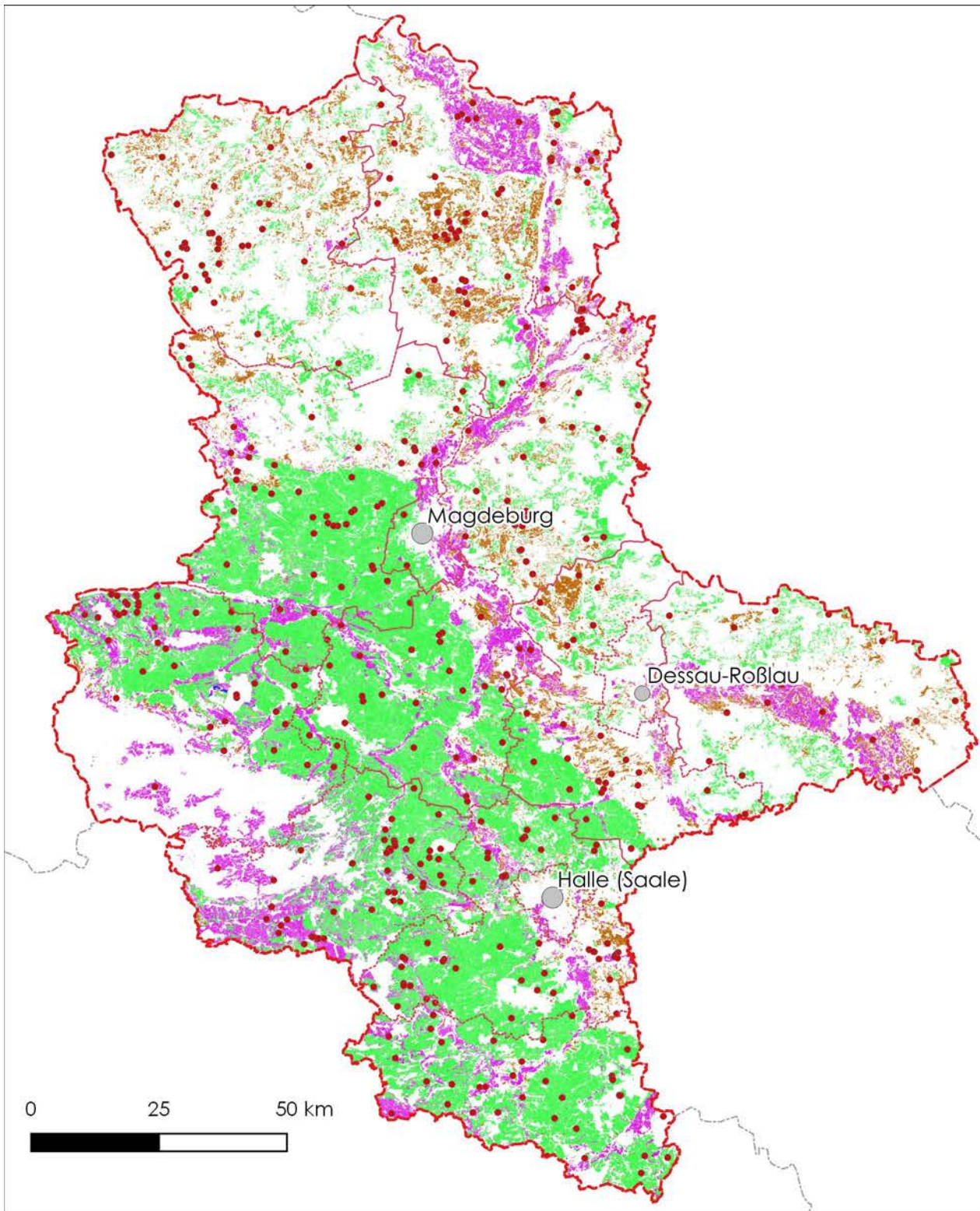
Basierend auf den Gewässeranschlussflächen als potenzielle Liefergebiete für Sediment und Phosphor erfolgte die Bilanzierung der langjährigen mittleren Sedimenteinträge und sedimentgebundenen P-Einträge für das Land Sachsen-Anhalt. Als Bilanzierungsräume und räumliche Grundlage für die Ergebnisdarstellung dienten Fließgewässer, Wassereinzugsgebiete, Oberflächenwasserkörper (OWK) und die WRRL-Koordinierungsräume.

3. Ergebnisse

P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden

Die räumliche Verteilung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden der landwirtschaftlichen Nutzflächen in Sachsen-Anhalt zeigt Abbildung 2. Die Regionalisierung der P_{Gesamt} -Gehalte erfolgte durch die Kombination der Karten der Bodenentstehung und der Bodengruppe Düngung sowie der Zuweisung der Medianwerte aus den Analyseergebnissen. Die Übertragung der P_{Gesamt} -Gehalte in die Fläche aus den Ergebnissen der multiplen Korrelationen wurde nicht vorgenommen, da sich die Ableitung der Korngrößen und des Humusgehaltes aus den Unterlagen der Bodenschätzung als zu unsicher erwies.

Die nach oben beschriebener Vorgehensweise ermittelten P_{Gesamt} -Gehalte in Oberböden landwirtschaftlich genutzter Flächen liegen unterhalb der Werte, die der Studie des Forschungszentrum Jülich „Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt“ 2014 zugrunde lagen (FZ JÜLICH 2014).



P-Gesamt-Gehalt im Oberboden [mg/kg]

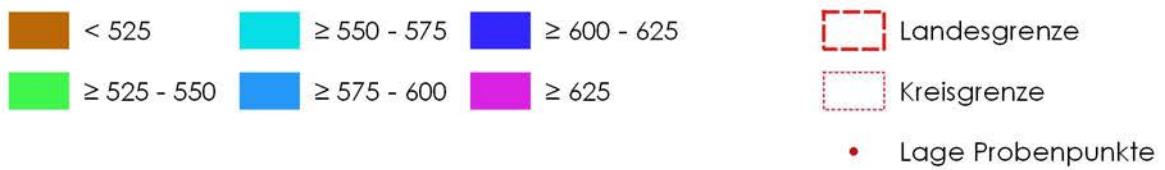


Abbildung 2: P_{Gesamt}-Gehalte im Oberboden der landwirtschaftlichen Nutzflächen

Im Diagramm (Abb. 3) gegenübergestellt sind die Auswertungen der Analytik der P_{Gesamt} -Gehalte der Bodenschätzungs-Vergleichsstücke.

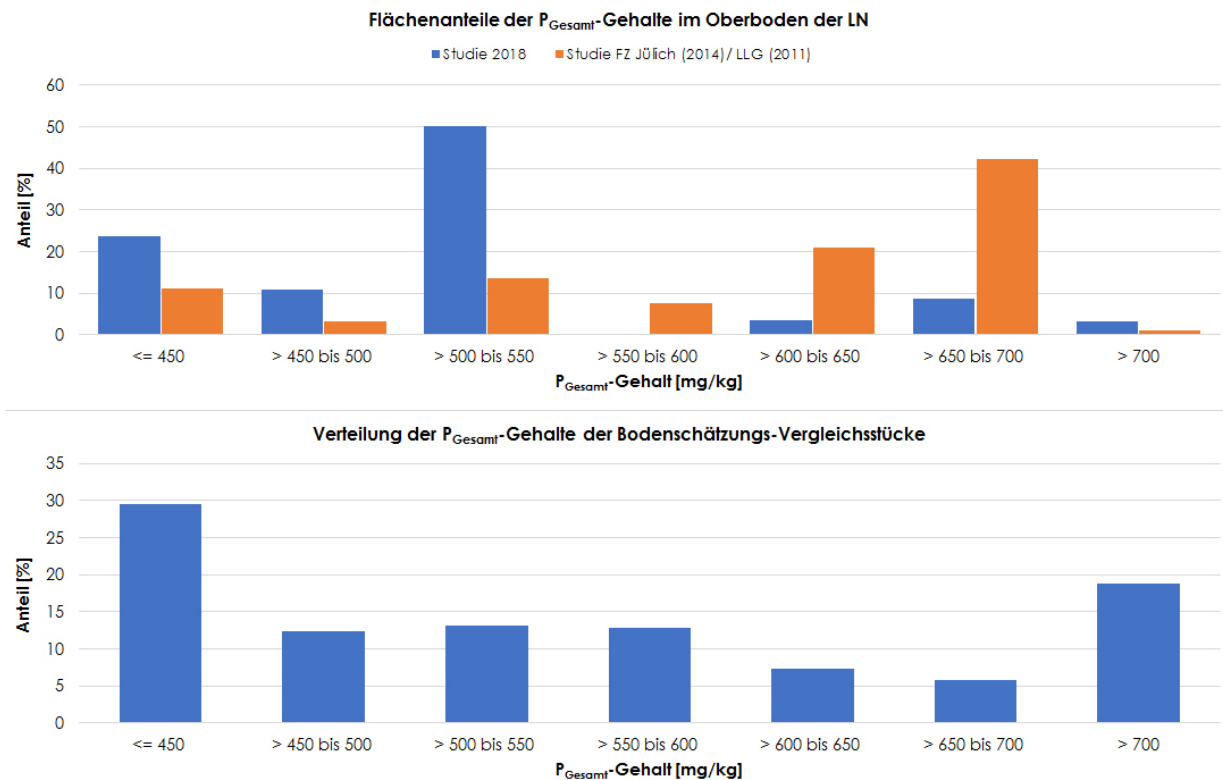


Abbildung 3: Flächenanteile der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden und der Bodenschätzungs-Vergleichsstücke in Sachsen-Anhalt

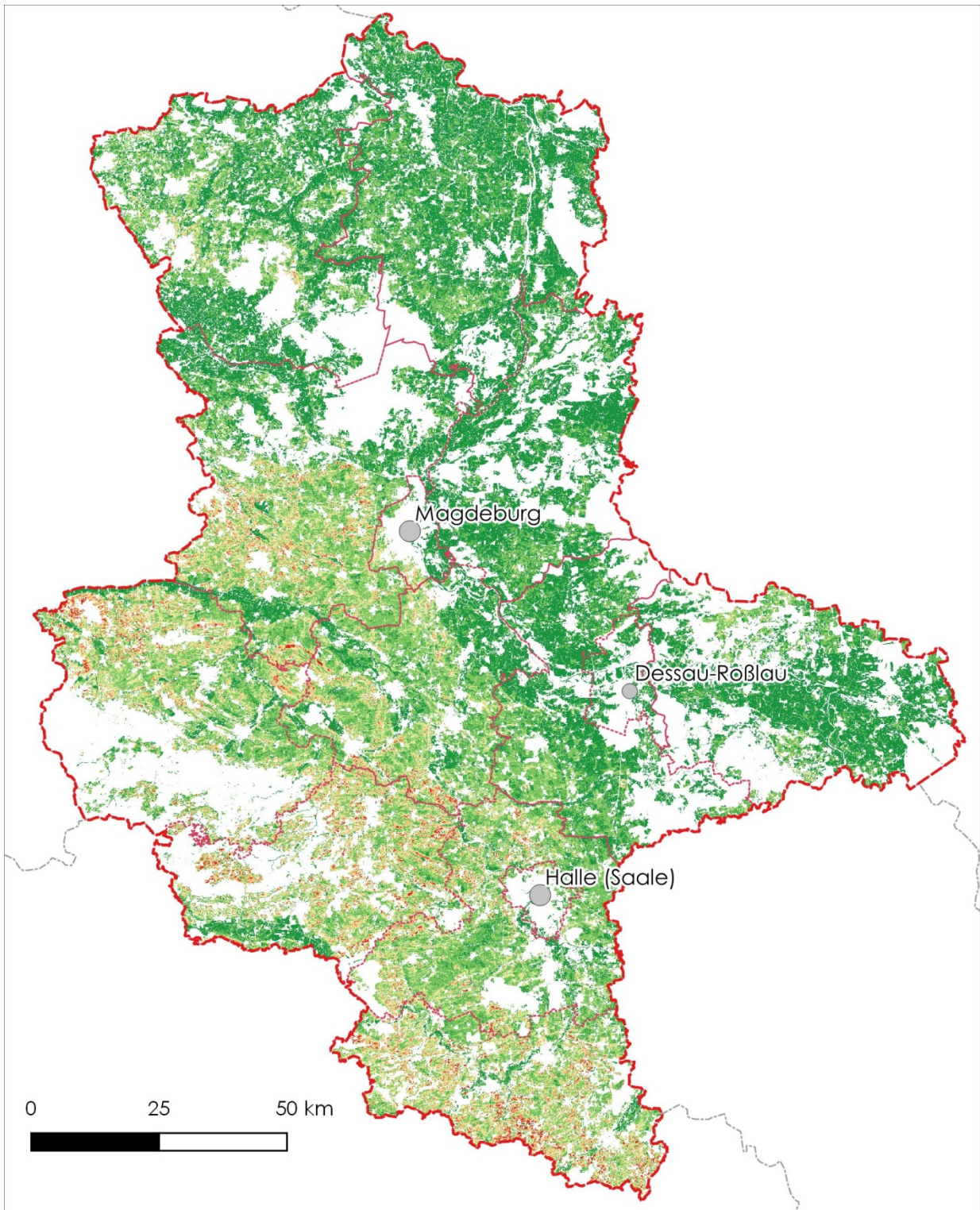
Gründe für die Abweichungen sind:

- Methoden der Regionalisierung (Studie FZ JÜLICH (2014): Regression nach FIER & SCHÄFER (2007) und vorliegende Arbeit: statistische Maßzahlen aus standortkonkreten Analysen)
- Regionalisierungsebene (Studie FZ JÜLICH (2014): Landwirtschaftliche Vergleichsgebiete und vorliegende Arbeit: Klassenflächen der Bodenschätzung)
- Datenbasis zur Ableitung der P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden

Bilanzierung der Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts

Der Bilanzierung der Sedimentausträge von landwirtschaftlichen Nutzflächen in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts lag die Modellierung der mittleren nutzungsabhängigen Bodenabträge zugrunde. Insbesondere die lössgeprägten Harzvorlandbereiche, das südliche Sachsen-Anhalt sowie die Magdeburger Börde zeigen eine überdurchschnittliche Bodenerosionsgefährdung (Abb. 4).

Etwa 81 % der mittleren jährlichen Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts entfallen auf das Flussgebiet der Saale, was die besondere Problematik von Häufigkeit und Ausmaß erosiver Einträge in diesem Gebiet unterstreicht. Insgesamt konnten mittlere Sedimenteinträge in Höhe von 98.644 t pro Jahr bilanziert werden. Etwa 70 % aller Einträge stammen aus nur 5% der landwirtschaftlich genutzten Fläche. Die mittleren Sedimenteinträge in den Oberflächenwasserkörpern sind in Abbildung 5 dargestellt.



Nutzungsabhängiger Bodenabtrag [t/ha*a]

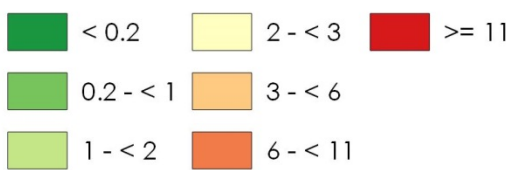
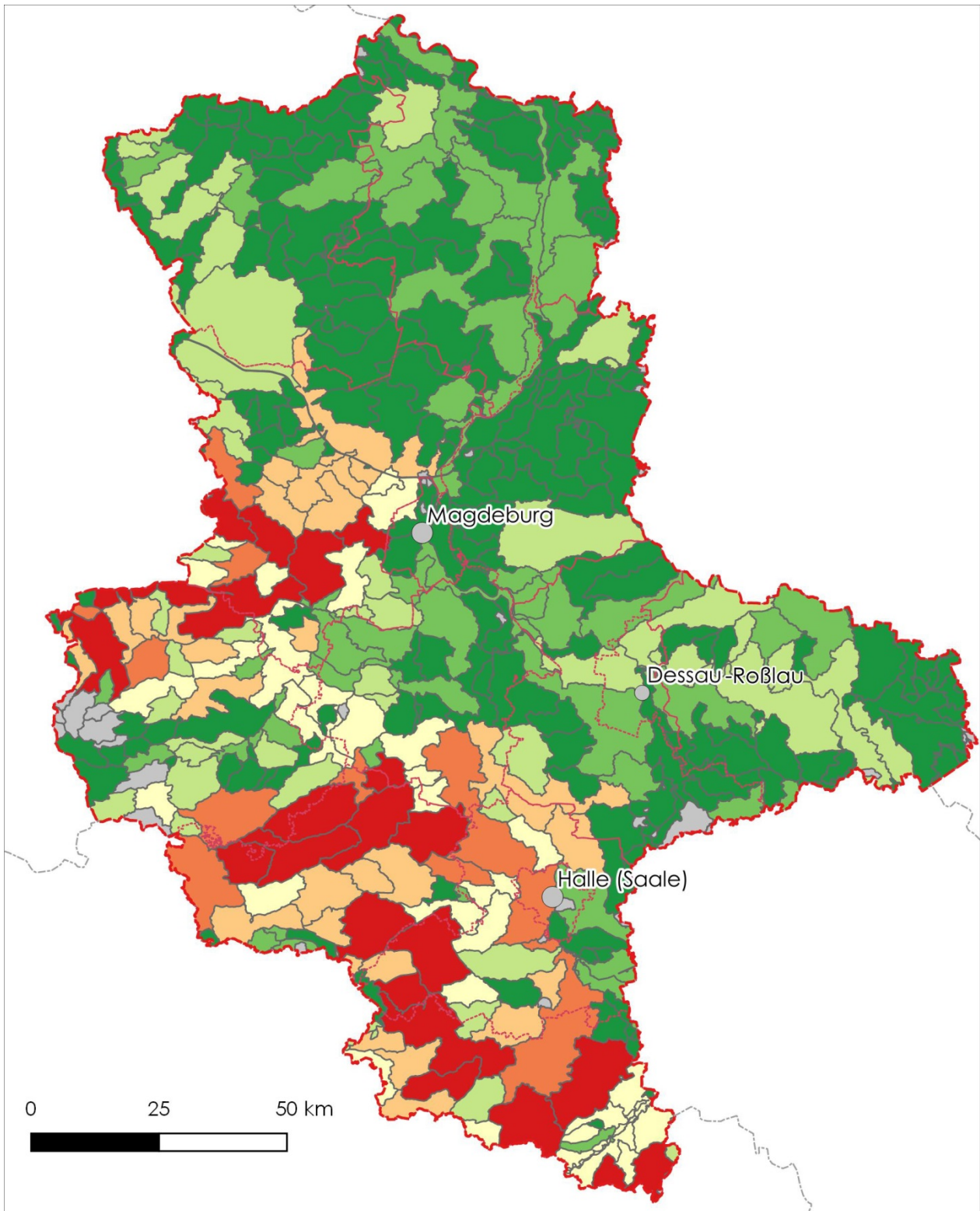


Abbildung 4: Nutzungsabhängiger Bodenabtrag auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen



Sedimenteintrag [t/a]

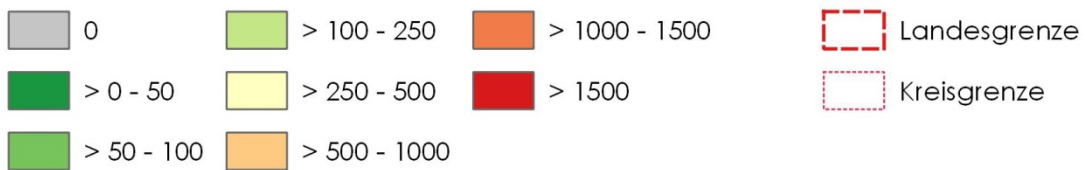


Abbildung 5: Sedimenteinträge in den Oberflächenwasserkörpern

Bilanzierung der sedimentgebundenen P-Einträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts

Die Höhe der sedimentgebundenen P-Einträge aus angeschlossenen landwirtschaftlichen Nutzflächen in die Fließgewässer wird im Wesentlichen durch die Höhe der erosiven Sedimenteinträge und die P_{Gesamt} -Gehalt der Oberböden im Einzugsgebiet gesteuert, sodass der räumliche Schwerpunkt ebenfalls auf dem Flussgebiet der Saale liegt, auf das 79 % aller P-Einträge entfallen (vgl. Abb. 6, 7). Insgesamt beträgt der berechnete mittlere Eintrag an partikulär gebundenem Phosphor in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts etwa 116 t pro Jahr.

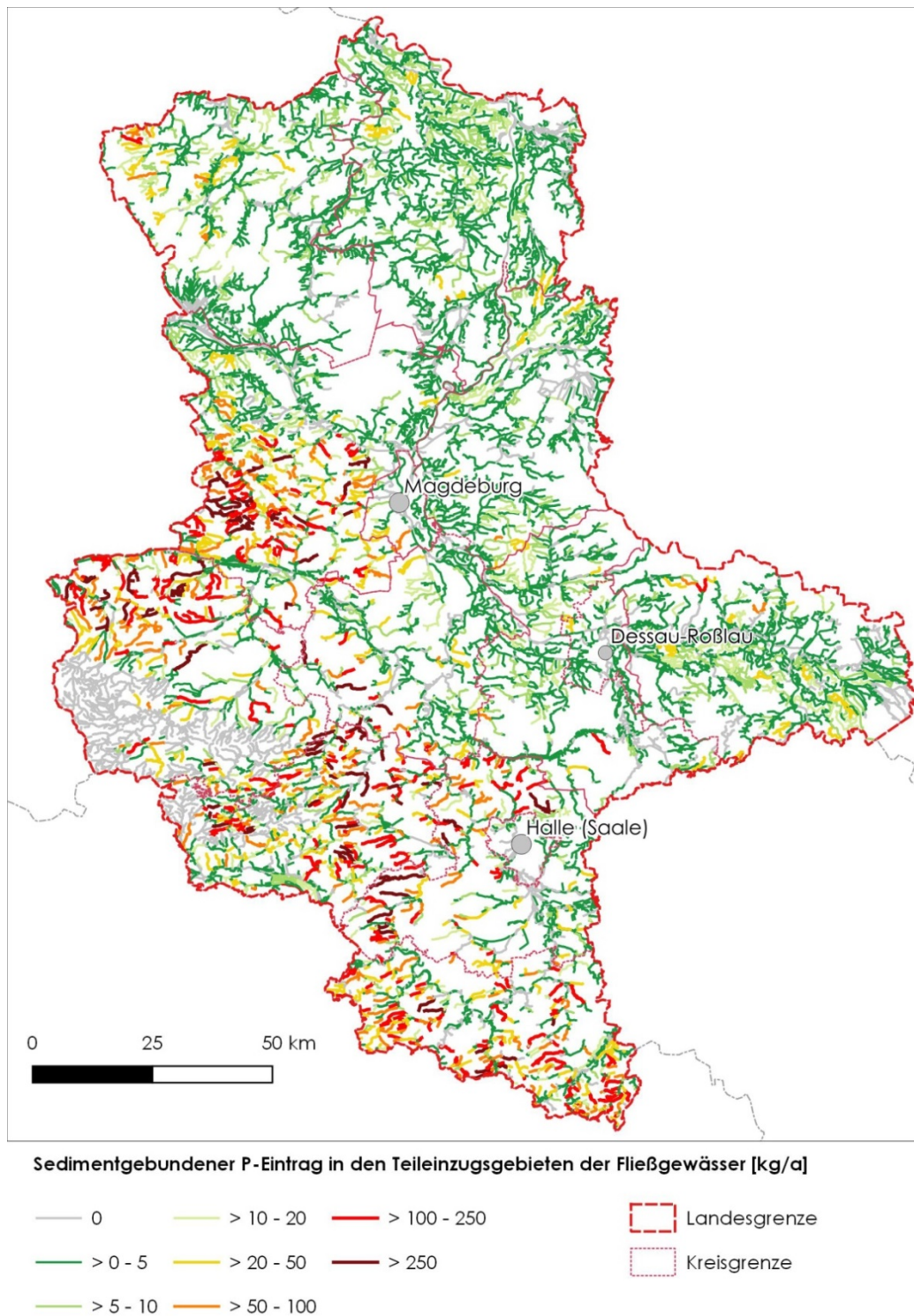
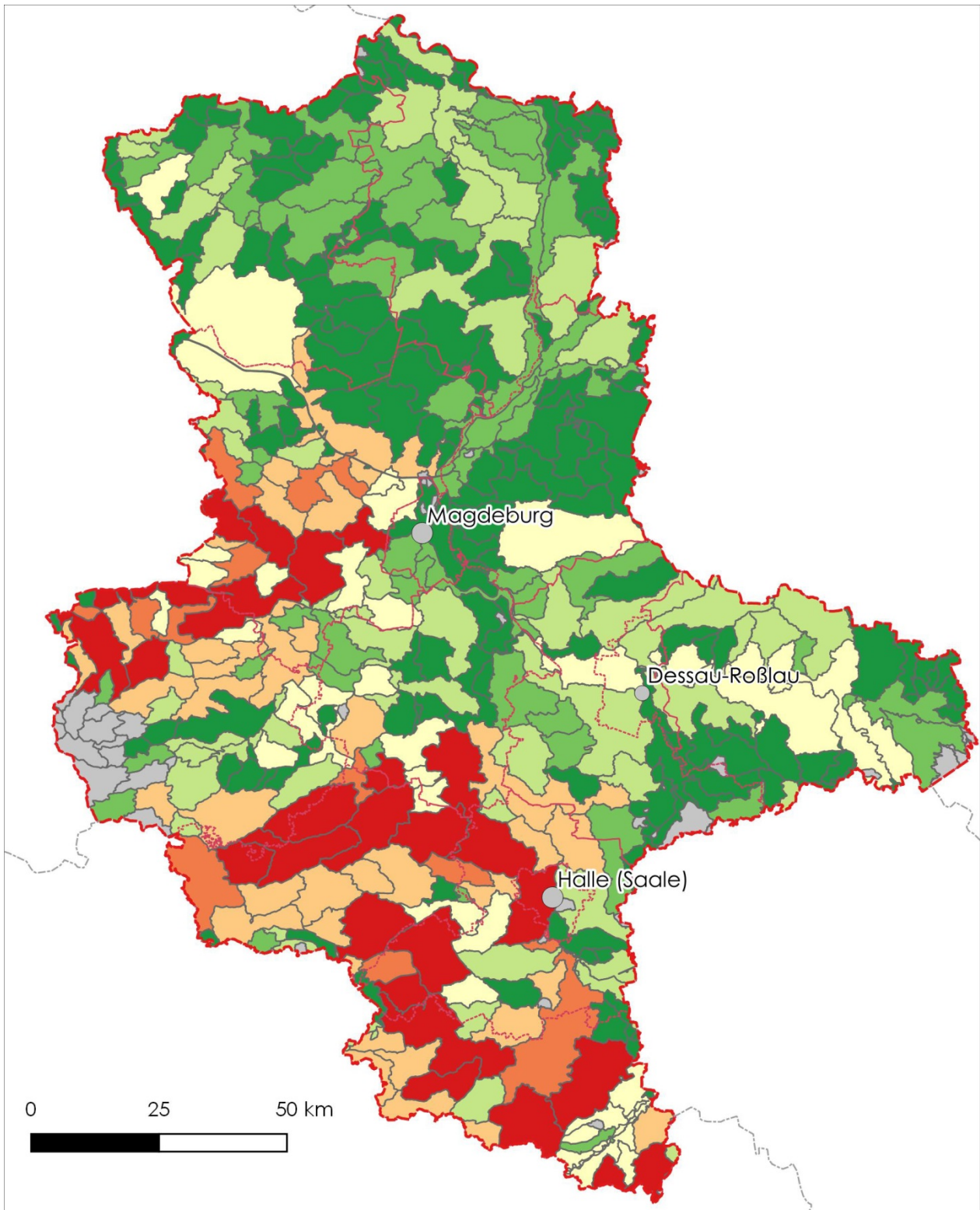


Abbildung 6: Sedimentgebundene P-Einträge in den Teileinzugsgebieten der Fließgewässer



Sedimentgebundener P-Eintrag [kg/a]

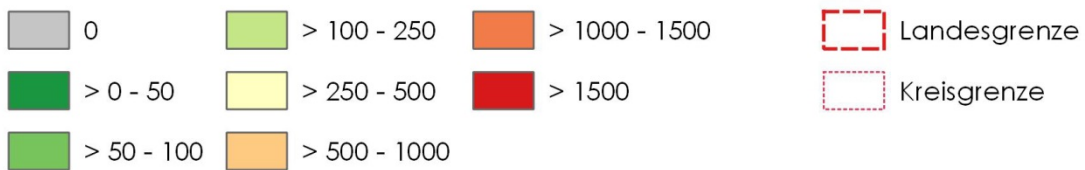


Abbildung 7: Sedimentgebundene P-Einträge in den Oberflächenwasserkörpern

4. Zusammenfassung und Verallgemeinerungen

Die vorliegenden Ergebnisse für den Sediment- und sedimentgebundenen P-Eintrag in die Gewässer Sachsen-Anhalts liefern eine aktualisierte Grundlage für den Eintragspfad „Erosion“ zur Modellierung von Nährstoffeinträgen. Als Ergebnis der Bilanzierung konnten mittlere jährliche Sedimenteinträge in die Fließgewässer Sachsen-Anhalts in Höhe von 98.644 t pro Jahr berechnet werden, wovon 81 % auf das Flussgebiet der Saale entfallen. Gegenüber den Modellergebnissen aus dem Jahr 2007 (WURBS ET AL. 2007) liegen die Einträge um etwa 45 % höher. Der Eintrag an sedimentgebundenem Phosphor beträgt 116 t pro Jahr und liegt somit um 22 % höher als der 2014 bilanzierte Werte (FZ JÜLICH 2014). Die Ursache für die erhöhten Sediment- und P-Einträge liegt nicht in höheren Einträgen aus der Landwirtschaft. Vielmehr begründet die Verwendung verbesserter methodischer Verfahren und fortgeschriebener Datengrundlagen (u.a. DGM, R-Faktor, Gewässernetz) als Steuergrößen für den Bodenabtrag die Zunahme der bilanzierten Werte.

In Hinblick auf die Verwendung und Gültigkeit der Ergebnisse lassen sich folgende Verallgemeinerungen ableiten:

- Der Modellansatz dient der Abschätzung langjähriger, mittlerer erosionsbedingter Sediment- und sedimentgebundener P-Einträge auf der Landesebene (mittlerer bis kleiner Maßstabsbereich).
- Großmaßstäbige Untersuchungen und Maßnahmenplanungen in Gebietsausschnitten (z.B. Schlagebene, kurze Gewässerabschnitte) erfordern zwingend die Verwendung räumlich höher auflösender (zusätzlicher) Daten (DGM, Bodenkarte, Orthophotos) und die ergänzende Anwendung weiterer Methoden, wie Kartierungen oder Bodenansprachen.
- Lokale ‚Sonderfälle‘, wie Durchlässe oder Kanalisationen wurden bei der Ausweisung des Gewässeranschlusses nicht berücksichtigt.
- Die Verifizierung der Ergebnisse des sedimentgebundenen P-Eintrages und des Eintrages der Sedimente bleibt aufgrund nur weniger verfügbarer Messdaten unsicher.

Hinsichtlich einer Strategie zur Verminderung der Nährstoffeinträge in die Gewässer, insbesondere der sedimentgebundenen Phosphoreinträge, muss der Fokus für die Erarbeitung von Minderungsstrategien und Maßnahmenplänen auf der Reduzierung der Bodenerosion durch Wasser und der daran gebundenen Sediment- und P-Einträge liegen. Aufgrund der vor allem durch die geologische Herkunft bestimmten P_{Gesamt} -Gehalte im Oberboden ist das Reduzierungspotenzial im Bereich der landwirtschaftlichen Düngung als vergleichsweise gering einzuschätzen.

5. Literatur

- AD-HOC AG NÄHRSTOFFE DER FGG ELBE (2016): Hintergrunddokument zur wichtigen Wasserbewirtschaftungsfrage - Reduktion der signifikanten stofflichen Belastungen aus Nähr- und Schadstoffen, Teilaspekt Nährstoffe. - Flussgebietsgemeinschaft Elbe.
- AUERSWALD, K. (1989): Prognose des P-Eintrags durch Bodenerosion in die Oberflächengewässer der BRD.- Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges. 59/II. 661-664.
- AUERSWALD, K. (1992): Predicted and measured sediment loads of large watersheds in Bavaria.- Universität Karlsruhe, Inst. f. Wasserbau u. Kulturtechnik. - Sediment Management - 5th International Symposium on River Sedimentation (Hrsg., 1992). Vol. II. 1031-1036.
- BUG, J. (2011): Modellierung des Gewässeranschlusses von erosionsaktiven Flächen. - Naturschutz und Landschaftsplanung 43(3):77-84.
- DIN – DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (2017): DIN 19708:2017-08 - Bodenbeschaffenheit - Ermittlung der Erosionsgefährdung von Böden durch Wasser mit Hilfe der ABAG. Beuth-Verlag. Berlin.
- FIER, A. und W. SCHÄFER (2007): Abschätzung von Phosphatausträgen aus Ackerböden in Niedersachsen. – GeoBerichte des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie Niedersachsen, H. 2, S. 33 – 77, Hannover.
- FZ JÜLICH (2014): Räumlich differenzierte Quantifizierung der Nährstoffeinträge in Grundwasser und Oberflächengewässer in Sachsen-Anhalt unter Anwendung der Modellkombination GROWA-WEKU-MEPhos. – Endbericht, LHW Sachsen-Anhalt, unveröffentlicht.
- 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).
- SCHWERTMANN, U., VOGL, W. & M.KAINZ (1990): Bodenerosion durch Wasser - Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen. 2.Aufl. Stuttgart.
- WURBS, D. & M. STEININGER: Ein MUSLE-basierter Ansatz zur Bewertung der Wassererosions- und Sturzflutgefährdung - Bodenschutz, 4/2018.
- WURBS, D.; STEININGER, M.; KOSCHITZKI, T. UND M. MÖLLER (2007): Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Sachsen-Anhalt - Ermittlung diffuser Nährstoffeinträge in die Oberflächengewässer des Landes / Teilprojekt 4: Bodenerosionsmodellierung und Ermittlung potentieller Gewässereinträge in Sachsen-Anhalt - Abschlussbericht (unveröff.) F-&E-Vorhaben des LHW, der LLFG und des LAGB Sachsen-Anhalt. Halle.

Impressum:

Schriftenreihe der LLG, Heft 1/2019

Herausgeber: Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg
Telefon: 03471/334 0
Fax: 03471/334 105
E-Mail: Poststelle@llg.mule.sachsen-anhalt.de
web-Seite: <http://www.llg.sachsen-anhalt.de>

Redaktion: Dr. Daniel Wurbs
Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt
Strenzfelder Allee 22
06406 Bernburg

Foto Titelseite: Dr. Matthias Schrödter

ISSN: 2511-5855

Februar 2019

Diese Veröffentlichung ist urheberrechtlich geschützt. Nachdruck, Vervielfältigung und Nutzung, auch auszugsweise, ist nur unter Quellenangabe gestattet.

Die Veröffentlichung kann im Internet unter www.llg.sachsen-anhalt.de heruntergeladen werden.

