

**Tagungsbeitrag zu:**

Jahrestagung der DBG, Kommission VI

**Titel der Tagung:**Böden - Lebensgrundlage und  
Verantwortung**Veranstalter:** DBG**Termin und Ort der Veranstaltung:**7.-12. September 2013, Rostock  
Berichte der DBG (nicht begutachtete  
online Publikation) <http://www.dbges.de>**Phosphat- und Phosphorgehalte in hessischen Oberböden – Grundlage zur Abschätzung des P-Austrags durch Bodenerosion***Dominik Pecoroni<sup>1</sup>, Klaus Friedrich<sup>2</sup>***Einleitung**

Der Aufbau neuer und Zugriff auf spezifische Datenbestände ermöglichte nun erstmals einen Gesamtüberblick zu Phosphorgehalten in hessischen Böden. Basierend darauf konnte eine hessenweite Karte der potenziellen Phosphorgehalte in Oberböden ackerbaulich genutzter Standorte herausgearbeitet und eine Aussage über die pflanzenverfügbaren Phosphatgehalte getroffen werden. Ziel war es, eine Datengrundlage für verschiedene Fragestellungen, wie bspw. der Abschätzung des erosionsbedingten P-Austrags von Ackerflächen, zu schaffen.

**Daten und Methodik**

Die Daten zu pflanzenverfügbaren Phosphatgehalten (Calcium-Acetat-Lactat-Auszug,  $P_{CAL}$ ) stammen aus der vom Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen (LLH) durchgeführten Besonderen Ernteterminnung (BEE) der Jahre 2009 bis 2011 ( $n = 1913$ ). Sie stellen Schlagmischproben aus der Ackerkrume von Getreidestandorten dar.

<sup>1</sup> Justus-Liebig-Universität Gießen,  
Institut für Geographie, Schlossgasse 7,  
35390 Gießen

[Dominik.Pecoroni@geogr.uni-giessen.de](mailto:Dominik.Pecoroni@geogr.uni-giessen.de)

<sup>2</sup> Hessisches Landesamt für Umwelt und  
Geologie, Rheingaustraße 186, 65203  
Wiesbaden

Den Proben wurden die Parameter der Bodenschätzungsdaten räumlich zugeordnet.

Die Gesamtphosphorgehalte (Königswasser-Extrakt, DIN 38405 D11-4 bzw. DIN EN ISO 11885;  $P_{ges}$ ) wurden aus Profilaufnahmen des Bodenzustandskatasters Hessen (BZK) entnommen ( $n = 719$ ). Die Analyseergebnisse stammen aus Horizont-einzelproben der Ap- (unter Acker) und Ah-Horizonte (Grünland, Forst). Im BZK sind zu den Profildaten Standortparameter (z.B. Relief, Nutzung und Substrat), sowie weitere Ergebnisse aus Boden- und Stoffanalysen (z.B. Körnung, Humusgehalt und pH-Wert) dokumentiert.

Beide Datenquellen wurden mit deskriptiven statistischen Methoden analysiert und die Zusammenhänge der P-Gehalte mit Standort- und Bodeneigenschaften mittels Korrelationsanalysen und Kennwertbildung beschrieben.

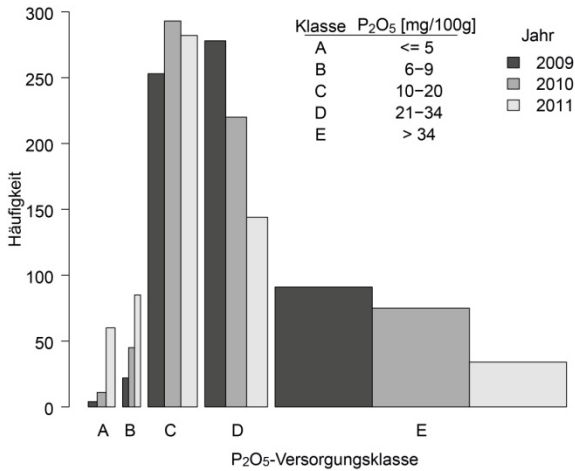
**Ergebnisse****a) Pflanzenverfügbare Phosphatgehalte**

Im Betrachtungszeitraum schwanken die  $P_{CAL}$ -Gehalte (ausgedrückt als  $P_2O_5$ ) in den beprobten Oberböden von 2,0 bis 121,0 mg  $P_2O_5/100g$  TS mit einem Median von 19,0 mg  $P_2O_5/100g$  TS und einem Mittelwert von 20,7 mg  $P_2O_5/100g$  TS. Die Zeitreihe von 2009 bis 2011 zeigt eine deutliche Abnahme der P-Gehalte hin zu der vom VDLUFA (KERSCHBERGER et al. 1997) angestrebten Versorgungsklasse C (10-20 mg  $P_2O_5_{CAL}/100g$  TS). Sichtbar wird dies in Abbildung 1.

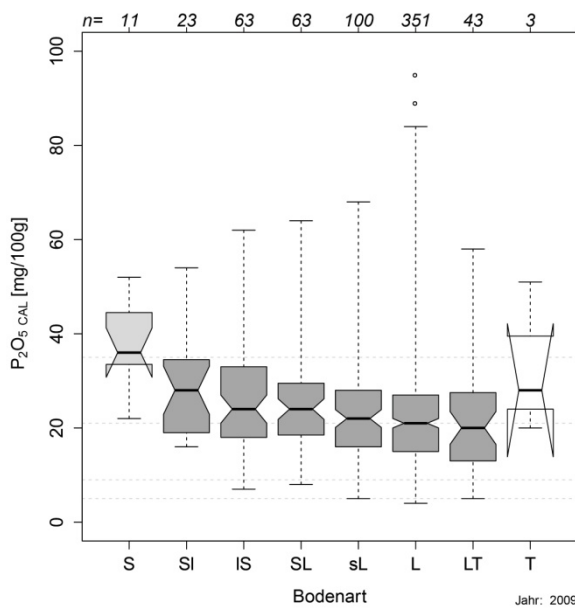
Eine Differenzierung nach angebauter Fruchtart ist nicht erkennbar.

Die Bodenart weist einen leichten Zusammenhang mit dem  $P_{CAL}$ -Gehalt auf (Abb. 2). Tendenziell treten auf sandigeren Böden höhere pflanzenverfügbare Gehalte auf, als auf tonigeren. Dies ist sehr wahrscheinlich auf den Einfluss des pH-Wertes zurückzuführen. Dieser liegt bei sandigen Böden im Optimumbereich der P-Verfügbarkeit

von pH 5,5 bis 6,5. Die tonigeren Böden hingegen fixieren bei den hier gemessenen mittleren pH-Werten von > 6,5 das Phosphat stärker.



**Abb. 1:** Histogramm der P<sub>CAL</sub>-Gehalte in P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>CAL-Versorgungsklassen der Jahre 2009-2011. Datengrundlage: BEE (LLH)



**Abb. 2:** P<sub>CAL</sub>-Gehalte in Abhängigkeit der Bodenart aus dem Klassenzeichen der Bodenschätzung; (Jahr: 2009). Datengrundlage: BEE (LLH)

Der Reliefeinfluss wurde im Hinblick auf Zusammenhänge mit dem Topographical Wetness Index (TWI) untersucht. Die Korrelationsanalyse ergab, dass P<sub>CAL</sub>-Gehalt und TWI unabhängige Größen sind.

Regional lässt sich in Hessen ebenfalls keine klare Gliederung erkennen.

## b) Gesamtphosphorgehalte

Die Gesamtphosphorgehalte in Oberböden (Ah-, Ap-Horizonte) in Hessen variieren von < Bestimmungsgrenze (Waldprofil auf Flugsand) bis maximal 3.390,0 mg P/kg TS (Grünlandprofil auf vulkanischem Substrat). Der Median beträgt 785,5 mg/kg TS, der Mittelwert 849,8 mg/kg TS.

Die Untersuchung erwies, dass eine weitere Betrachtung unbedingt nutzungsdifferenziert erfolgen muss. Tabelle 1 zeigt die mittleren P<sub>ges</sub>-Oberbodengehalte in Abhängigkeit der Nutzung.

**Tab. 1:** Mittlere, nutzungsabhängige P<sub>ges</sub>-Oberbodengehalte. Datengrundlage: BZK Hessen (HLUG)

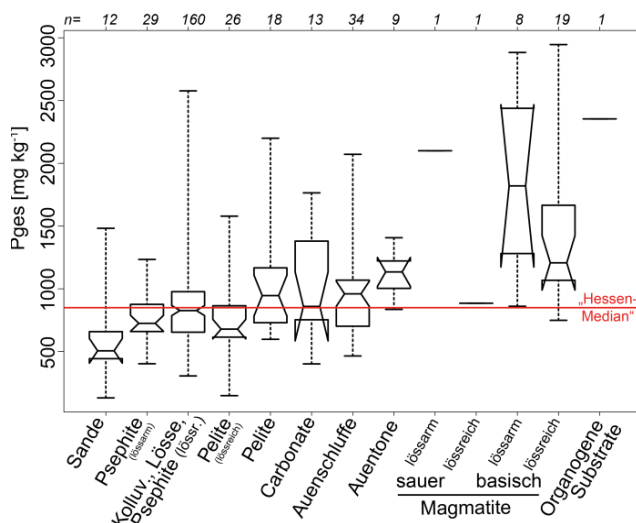
Nutzung	Median [mg kg <sup>-1</sup> ]	n
Acker	<b>848,0</b>	331
Grünland	<b>877,0</b>	201
Forst	<b>402,8</b>	187

Zu erwarten war ein positiver Zusammenhang von P<sub>ges</sub>-Gehalt und Parametern, die die Sorption und Fixierung des Phosphors beeinflussen. Dieser Zusammenhang konnte für die untersuchten Parameter Al-, Fe- (beide KW-Extrakt) und C<sub>org</sub>-Gehalt bestätigt werden. Unter Acker- und Grünlandnutzung lagen die Rangkorrelationskoeffizienten bei  $\rho = 0,5493$ ,  $\rho = 0,5960$  und  $\rho = 0,5666$  (Signifikanz:  $p < 0,001$ ). Der Tongehalt korrelierte nicht mit dem P<sub>ges</sub>-Gehalt. Zurückzuführen ist dies auf das große Spektrum von Tonen unterschiedlicher Eigenschaften, das im Datenkollektiv zusammengefasst ist. Die Korrelationen sind unter Grünlandnutzung ähnlich ausgeprägt. Bei Forstnutzung sind die Zusammenhänge statistisch deutlich stärker.

Das Relief zeigt nur einen schwachen Einfluss auf den P<sub>ges</sub>-Gehalt. Eine klare reliefabhängige Verteilung ist nicht nachvollziehbar. Grund hierfür ist eine unten näher beschriebene Substratabhängigkeit, die den Reliefeinfluss bei Betrachtung eines

geologisch heterogenen Untersuchungsgebiets überprägt.

Es zeigt sich, dass Bodenparameter und Relief nicht ausreichend stark mit dem  $P_{ges}$ -Gehalt korrelieren, um aus den Punktproben eine Flächenaussage machen zu können. Allerdings kann eine deutliche Substratabhängigkeit festgestellt werden. Dazu wurden in Anlehnung an FRIEDRICH et al. (2011) aggregierte Substratgruppen basierend auf den Bodenflächendaten 1:50.000 gebildet. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis der Auswertung für ackerbaulich genutzte Standorte.



**Abb. 3:**  $P_{ges}$ -Oberbodengehalte in Abhängigkeit der aggregierten Substratgruppen (Ackerstandorte).

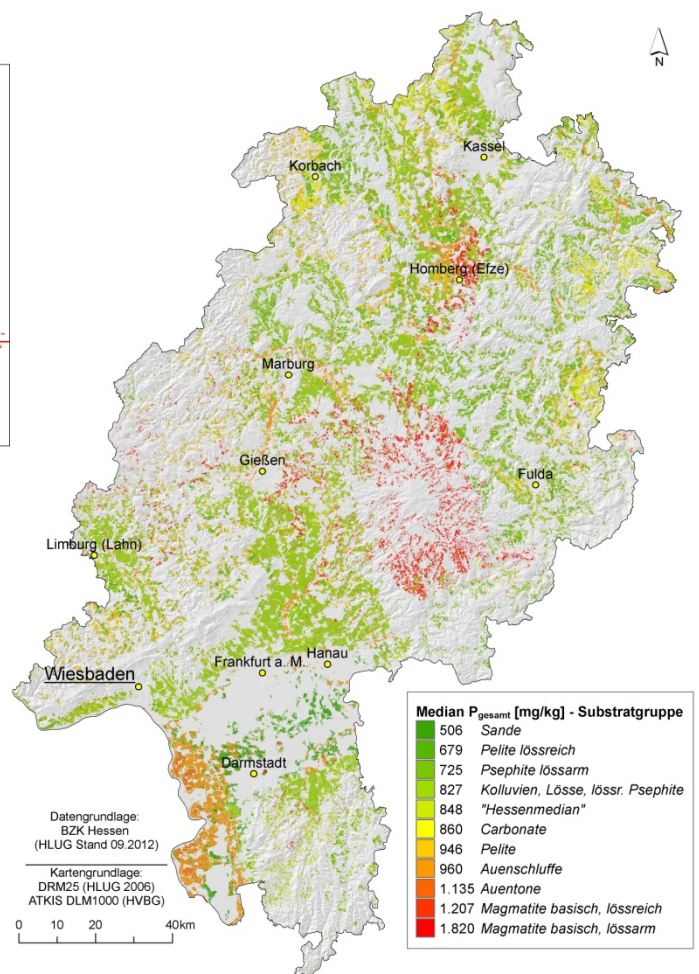
Datengrundlage: BZK Hessen (HLUG)

Böden aus sandigen Ausgangssubstraten, wie beispielsweise Fluss-, Flug- und Auensanden, weisen mit einem Median von 506,0 mg/kg TS die geringsten mittleren  $P_{ges}$ -Gehalte auf. Kolluvien, Löss und lössreiche Psephite bilden eine große Gruppe, die einen mittleren Gehalt von 826,8 mg/kg TS repräsentiert. Böden aus Tongesteinen, Carbonaten, Auenschluffen und Auentonen zeigen tendenziell höhere  $P_{ges}$ -Gehalte als der „Hessen-Median“ von 848,0 mg/kg TS. Die höchsten mittleren  $P_{ges}$ -Gehalte (>1000 mg/kg) treten bei basischem magmatischem Ausgangssubstrat auf. Auch bei Grünland- und Forststandorten können vergleichbare Niveauunterschiede

zwischen den Substratgruppen beobachtet werden. Bei forstlicher Nutzung liegen die Gehalte allerdings insgesamt niedriger.

Die Ergebnisse der substratbezogenen Auswertung flossen in eine Karte ein (Abb. 4). Die unterrepräsentierten Gruppen bekamen dabei den hessenweiten Median von 848,0 mg/kg TS zugewiesen.

Ein Vergleich der substratabhängigen Oberbodengehalte mit Totalgehalten in Ausgangsgesteinen stützt die Substratgliederung. Hierzu sei auf PECORONI et al. (2013) verwiesen.



**Abb. 4:** Mittlere, potenzielle, substratabhängige  $P_{ges}$ -Oberbodengehalte auf Ackerstandorten

## Diskussion

Die Auswertung deutet auf einen starken Einfluss der Bewirtschaftung hin. Beispielsweise werden Zusammenhänge des  $P_{CAL}$ -Gehaltes mit den Bodenparametern überprägt. Die  $P_{ges}$ -Oberbodengehalte zeigen bei Acker- oder Grünlandnutzung im

Vergleich zu Forststandorten oder dem Untergrundgestein eine Anreicherung.

Trotzdem kann der anthropogene Einfluss die relativen substratinduzierten  $P_{\text{ges}}$ -Gehaltsunterschiede nicht nivellieren.

Die  $P_{\text{CAL}}$ -Gehalte scheinen im Gegensatz zu den  $P_{\text{ges}}$ -Gehalten einer größeren zeitlichen Variabilität unterworfen zu sein, die eine Langfristaussage auf Basis der drei untersuchten Jahre unsicher macht.

Mit weiteren Beprobungen sollten die Aussagen der Substratabhängigkeit statistisch abgesichert und besonders die langfristige Entwicklung des  $P_{\text{CAL}}$ -Gehaltes beobachtet werden.

### Zusammenfassung

Mittels Auswertung unterschiedlicher Datenbestände werden hessische Böden sowohl hinsichtlich des Phosphorversorgungszustandes ackerbaulich genutzter Böden als auch des Gesamtphosphorgehaltes ( $P_{\text{ges}}$ -Gehalt) und seiner räumlichen Differenzierung charakterisiert.

Die Ergebnisse der Auswertung der pflanzenverfügbaren Phosphatgehalte ( $P_{\text{CAL}}$ -Gehalt) zeigen eine weitgehend optimierte Düngung bei Ackeroberböden im Hinblick auf die Versorgungsklasse C nach VDLUFA (vgl. KERSCHBERGER et al. 1997). Eine partielle hohe P-Versorgung wurde dabei von 2009 bis 2011 verringert, wobei gleichzeitig aber auch ein Anstieg bei geringer versorgten Schlägen festzustellen ist. Aufgrund der substratunabhängigen P-Versorgung lässt sich keine Regionalisierung des pflanzenverfügbaren Phosphatgehaltes über die hier betrachteten Boden- und Standorteigenschaften feststellen. Für Betrachtungen des Phosphataustrages aufgrund von Bodenerosion kann von mittleren Gehalten der Versorgungsklasse C ausgegangen werden.

Die Auswertungen der  $P_{\text{ges}}$ -Gehalte in hessischen Oberböden zeigen eine deutliche Nutzungsabhängigkeit. Gedüngte Acker- und Grünlandstandorte haben im Niveau höhere Gehalte als Forststandorte. Die in der Literatur beschriebenen Zusam-

menhänge mit Bodenparametern wie Bodenart, Humusgehalt u.a. lassen sich mit dem vorliegenden Datensatz nur teilweise nachvollziehen. Die Zusammenhänge sind meist schwach ausgeprägt und es können damit keine grundsätzlichen Pedotransferfunktionen für den  $P_{\text{ges}}$ -Gehalt abgeleitet werden. Dem gegenüber konnte aber eine deutliche Substratabhängigkeit herausgearbeitet werden, die eine räumlich differenzierte Darstellung potenzieller  $P_{\text{ges}}$ -Gehalte zulässt. Die daraus resultierende Karte kann als Grundlage für weitere Fragestellungen, beispielsweise zur Abschätzung des erosiven Phosphorverlustes von Ackerflächen, verwendet werden.

**Schlüsselworte:** Phosphor, Phosphat, Oberboden, Substratabhängigkeit, Hessen, Bodenerosion, Phosphoraustrag

### Literatur

FRIEDRICH, K., LÜGGER, K. & SEHR, J. (2011): Hintergrundwerte von Spurenstoffen in hessischen Böden. – HLUG-Bericht: 144 S.; Wiesbaden.

KERSCHBERGER, M., HEGE, U. & JUNGK, A. (1997): Standpunkt - „Phosphordüngung nach Bodenuntersuchung und Pflanzenbedarf“. -Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten (VDLUFA) [Hrsg.]; Darmstadt.

PECORONI, D., FRIEDRICH, K., SEHR, J. & FUCHS, M. (2013): Phosphorgehalte in hessischen Böden und Bodenausgangsgesteinen.- Geol. JB Hessen; **138**; Wiesbaden (In Vorbereitung).