

1. Phosphorkonzentrationen in Umweltproben

1.6 Böden

Karen Baumann, Dana Zimmer, Rhena Schumann

Die P-Konzentration in Böden hängt insbesondere vom Ausgangsgestein, aus dem sich die Böden entwickelt haben, und der Zeit, die für die Entwicklung zur Verfügung stand, ab. Zudem wird die Bodenentwicklung durch das Relief (z. B. Position am Hang), das Wasserregime (z. B. Grundwasserstand) sowie durch trockene und nasse P-Depositionen beeinflusst. Innerhalb eines Bodenprofils kann es durch standorttypische boden-genetische Prozesse (z. B. Podsolierung) und folgende Horizontdifferenzierung zu starken Unterschieden in den P-Konzentrationen zwischen den einzelnen Bodenhorizonten kommen. Einen weiteren Einfluss haben die Vegetation (z. B. Laub-/Nadelwald), die anthropogene Art der Nutzung (z. B. Acker/Grünland) und die Bewirtschaftungsform (z. B. Plaggenwirtschaft).

Bei Mineralböden ist der Einfluss des Ausgangsgesteins auf die P-Konzentration besonders deutlich. Während z. B. in Braunerden aus Basalt relativ hohe P-Konzentrationen zu finden sind, sind Braunerden aus pleistozän glaziofluviatilen Sanden P-arm (Werner et al. 2016, Tabelle 1.6-1).

Das Relief und die dadurch beeinflusste Bodengenese können Unterschiede im TP-Gehalt von Böden bedingen. Insbesondere durch Wassererosion wird Nährstoff- und damit P-reiches Oberbodenmaterial hangabwärts transportiert und akkumuliert in den Senken. Dies kann mit der Zeit stärkere Konzentrationsunterschiede bewirken.

Innerhalb eines Bodenprofils können auch die unterschiedlichen Bodenhorizonte erheblich in ihren TP-Konzentrationen variieren. Bodenhorizonte sind "Bodenschichten", die sich in erster Linie visuell unterscheiden lassen und sich bezüglich spezieller Eigenschaften wie z. B. Korngrößenverteilung, Humusgehalt, Stoffauswaschungs- oder -anreicherungsprozessen oder auch der Wasserdynamik unterscheiden (Abbildung 1.6.-1). Dies kann sich auf die TP-Konzentration auswirken. Durch den Vorgang der Podsolierung werden Al- und Fe-(hydr)oxide und der daran sorbierte Phosphor aus dem A-Horizont in tiefere Horizonte (Bh, Bs) ausgewaschen,

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben

welches zu niedrigen TP-Konzentrationen im Ae und erhöhten TP-Konzentrationen im Bh führt. So wurden beispielsweise in einem Auswaschungshorizont (Ae) eines Podsols unter Fichte 10-mal weniger TP im Vergleich zum darauffolgenden Anreicherungshorizont (Bh) nachgewiesen (Leinweber & Ahl 2013, Tabelle 1.6-2). Durch jahrzehnte- oder jahrhundertlanges Aufbringen von nährstoffreichen Plaggen (mit Tierexkrementen angereichertes Bodenmaterial) weisen die E-Horizonte in Plaggeneschen wesentliche höhere TP-Konzentrationen auf als das ursprüngliche nährstoffarme Ausgangsmaterial.



Abbildung 1.6-1 a
Normbraunerde auf Os bei Neuburg



Abbildung 1.6-1 b
Fahlerde Pseudogley im Gespensterwald bei Nienhagen



Abbildung 1.6-1 c
Humusnassgley über Erdniedermoor bei Warnow

Lang andauernder Wasserüberschuss im Boden führt zur Bildung von Torfen und damit Mooren (Succow & Jeschke 1986). Dabei hemmen anaerobe Bedingungen den Abbau von OBS und führen zu OBS-Konzentrationen von $> 30\%$. Während Hochmoore nur durch relativ nährstoffarmes Niederschlagswasser gespeist werden, sind Niedermoore vom Grundwasser und/oder durchströmenden Wasser beeinflusst. Letztere können daher, in Abhängigkeit von den P-Konzentrationen im Wasser, erheblich höhere P-Konzentrationen aufweisen als Hochmoore (Tabelle 1.6-1). Da die OBS-Konzentrationen die Dichte eines Bodens erheblich beeinflussen können, kann dies auch einen erheblichen Einfluss auf die TP-Konzentration haben (bis $41000 \text{ mg TP kg}^{-1}$, Tabelle 1.6-1). Bei Böden mit hohem OBS-Konzentrationen, wie z. B. Moorböden, sollten aufgrund der geringen Dichte durch die OBS die TP-Konzentrationen zusätzlich auf die Probedichte (mg cm^{-3}) oder -fläche (mg cm^{-2}) anstatt nur auf die Masse (mg kg^{-1}) bezogen werden.

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben

Zudem können durch anthropogene Nutzung eines Bodens die TP-Konzentrationen im Boden erheblich verändert werden (Tabelle 1.6-1). So weisen Ackerböden durch Düngung höhere P-Konzentrationen auf als vergleichbare Waldböden. Die TP-Konzentrationen im Boden unter Grünland hängen davon ab, ob es sich um Mineralbodengrünland oder Grünland auf beispielsweise Niedermoorstandorten handelt. Außerdem beeinflusst die Nutzungsintensität (Düngung/Beweidung/Mähfrequenz) die TP-Konzentration.

Tabelle 1.6-1 TP-Konzentrationen (mg kg Trockenmasse⁻¹) in Mineralböden (< 2 mm) und im Moor

Böden	Horizont	abhängig von	TP (mg kg Trockenmasse ⁻¹)	Quelle
Braunerde aus Basalt ¹	Ah	Ausgangsgestein	2080	Werner et al. (2016),
Braunerde aus glazio-fluviatilen Sanden ²			60	Prietz et al. (2016)
Pseudogley-Braunerde aus Sand über Geschiebemergel ³			190	Leinweber & Ahl (2013)
Parabraunerde in oberer Hanglage ⁴	Ap	Relief (Lage am Hang)	652-992	Heilmann et al. (2005)
Gley in unterer Hanglage ⁴	Ah/p		521-1020	
Humuspodsol ⁵	Ah	Horizont	180	Leinweber & Ahl (2013)
	Ae		14	
	Bh		140	
	IIBh		68	
	elCv		79	
Plaggenesche ^{6,7}	E		713-1412	Hubbe et al. (2007)
	Ae		124-387	

¹ Bad Brückenau (Bayern)

² Lüß (Lüneburger Heide, Niedersachsen)

³ Gespensterwald bei Nienhagen (Landkreis Rostock, MV, S. 86 ff.)

⁴ Schäfertal nahe Quedlinburg (Sachsen-Anhalt), Ausgangsgestein: Löss

⁵ Ribnitzer Stadtforest (Landkreis Vorpommern-Rügen, MV, S. 71 ff.), Fichte, Ausgangsgestein: Sand

⁶ Umgebung von Arkhangelsk (europäisches Nord-Russland), Ausgangsgestein: schluffige Sande glazialer Sedimente

⁷ Jæren (Südschweden), Ausgangsgestein: glazialer Sedimente

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben

	E		1631-2924	Schnepel et al. (2014)
	C		1060-1748	
Hochmoor ⁸	0-5 cm	Wasserregime	400	Keller et al. (2006)
Erdniedermoor ⁹			750	
Erniedermoor- Mulmnieder- moor ¹⁰	nHw		40795	Leinweber & Ahl (2013)
Acker ¹¹	Ap	Nutzung	500-3500	Leinweber et al. (1994)
Wald ¹²	Ah		163-843	Alt et al. (2011)
Grünland ¹² (mineralisch)			460-1422	
Grünland ¹³ (Erdniedermoor)	nHw		2900-3800	Leinweber & Ahl (2013)

In der Bodenanalytik wird die Streuauflage, wie sie z. B. im Wald zu finden ist, gesondert vom mineralischen Feinboden (< 2 mm) untersucht. Je nach Zusammensetzung der Streuauflage (abhängig von der Vegetation) können die TP-Konzentrationen zwischen 47 und 5100 mg kg⁻¹ liegen (Tabelle 1.6-2). Die Streuauflage wird in der Analytik aufgrund der hohen Konzentration an OBS nicht wie ein Mineralboden, sondern wie Torfe oder anderes pflanzliches Material behandelt.

⁸ Gogebic County (Michigan, USA), regenwassergespeist, ungenutzt, Vegetation: Torfmoose, holzige Ericaceen

⁹ Gogebic County (Michigan, USA), ungenutzt, Vegetation: Reitgräser, Seggen, Weiden

¹⁰ Durchströmungsmoor im Trebeltal (Vorpommern-Rügen, MV, S. 61 ff.), hoher Grundwasserstand, Grünland, Vegetation: Binsen

¹¹ Umgebung Vechta, Quakenbrücker Becken, Bakumer Geest (Landkreise Vechta und Cloppenburg, Niedersachsen), Bodentypen/Ausgangsgestein: (Para)Braunerde, Pseudogley, Plaggenesch, Gley aus Sand sowie Sandlössböden, inkl. Äcker mit Sonderkulturen oder hohem Viehbesatz

¹² Biodiversitätsexploratorien Schorfheide-Corin (Brandenburg), Hainich-Dün (Thüringen), Schwäbische Alb (Baden-Württemberg)

¹³ Niedermoor bei Warnow (Landkreis Rostock, MV, S. 92 ff.), Mähwiese

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtposphor in Umweltproben

Tabelle 1.6-2 TP-Konzentrationen in organischen Streuauflagen in L/Of/Oh-Horizonten

Vegetation	Bodentyp	TP (mg kg Trocken- masse ⁻¹)	Quelle
Kiefer	Pararendzina ¹⁴	47	Leinweber & Ahl (2013)
	Eisenpodsol ¹⁵	440	
Fichte	Humuspodsol ¹⁵	130	Leinweber & Ahl (2013)
	Braunerde, Para- braunerde, Rendzina, Pseudo- ogley ¹⁶	790-950	Taubert (2015)
Buche	Fahlerde- Pseudogley ¹⁷	5100	Leinweber & Ahl (2013)
	Braunerde, Para- braunerde, Rendzina, Pseudogley ¹⁶	730-760	Taubert (2015)
Buche/Eiche	Pseudogley- Braunerde ¹⁸	1800	Leinweber & Ahl (2013)

Literatur

- Alt F, Oelmann Y, Herold N, Schrupf M, Wilcke W (2011) Phosphorus partitioning in grassland and forest soils of Germany as related to land-use type, management intensity, and land use-related pH. *J Plant Nutr Soil Sci* 174: 195-209, DOI: [10.1002/jpln.201000142](https://doi.org/10.1002/jpln.201000142)
- Heilmann E, Leinweber P, Ollesch G, Meißner R (2005) Spatial variability of sequentially extracted P fractions in a silty loam. *J Plant Nutr Soil Sci* 168: 307-315, DOI: [10.1002/jpln.200421505](https://doi.org/10.1002/jpln.200421505)
- Hubbe, A, Chertov, O, Kalinina, O, Nadporozhskaya, M, Tolksdorf-Lienemann, E, Giani, L (2007) Evidence of plaggen soils in European North Russia (Arkhangelsk region). *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 329–334, DOI: [10.1002/jpln.200622033](https://doi.org/10.1002/jpln.200622033)

¹⁴ ehemalige Kiesabbauf Flächen bei Neukloster/Perniek (Landkreis Nordwestmecklenburg, S. 86 ff.), Ausgangsgestein: Sanderkies

¹⁵ Ribnitzer Stadtforest (Landkreis Vorpommern-Rügen, S. 71 ff.), Ausgangsgestein: Sand

¹⁶ Biodiversitätsexploratorien Hainich, Schwäbische Alb (Thüringen, Baden-Württemberg)

¹⁷ Buchenwald bei Züsow (Landkreis Nordwestmecklenburg, S. 86 ff.), Ausgangsgestein: Lehmsand über Geschiebemergel

¹⁸ Gespensterwald bei Nienhagen (Landkreis Rostock, S. 86 ff.), Ausgangsgestein: Sand über Geschiebemergel

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben

- Keller JK, Bauers AK, Bridgham SD, Kellogg LE, Iversen CM (2006) Nutrient control of microbial carbon cycling along an ombrotrophic-mineralotrophic peatland gradient. *J Geophys Res* 111: G03006, 1-14, DOI: [10.1029/2005JG000152](https://doi.org/10.1029/2005JG000152)
- Leinweber P, Ahl C (2013) Böden - Lebensgrundlage und Verantwortung. Exkursionsführer der Jahrestagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Rostock 2013. S. 71-72. ISBN: 0343-1071
- Leinweber P, Geyer-Wedell K, Jordan E (1994) Phosphorgehalte von Böden in einem Landkreis mit hoher Konzentration des Viehbestandes. *Z Pflanzenernähr Bodenk* 157: 383-385, DOI: [10.1002/jpln.19941570510](https://doi.org/10.1002/jpln.19941570510)
- Prietzl J, Klysubun W, Werner F (2016) Speciation of phosphorus in temperate zone forest soils as assessed by combined wet-chemical fractionation and XANES spectroscopy. *J Plant Nutr Soil Sci* 179: 168-185, DOI: [10.1002/jpln.201500472](https://doi.org/10.1002/jpln.201500472)
- Schnepel C, Potthoff K, Eiter S, Giani L (2014) Evidence of plaggen soils in SW Norway. *J Plant Nutr Soil Sci* 177: 638-645, DOI: [10.1002/jpln.201400025](https://doi.org/10.1002/jpln.201400025)
- Succow M, Jenschke L (1986) Moore in der Landschaft. Urania Verlag, Leipzig, Jena, Berlin
- Taubert D (2015) Einfluss von Baumarten und Managementeffekten auf die Speicherung von Phosphor in der organischen Auflage. Bachelor-Arbeit, Geographisches Institut an der Eberhard Karls Universität Tübingen, 48 S.
- Werner F, de la Haye T, Spielvogel S, Prietzl J (2016) Spatial patterns of phosphorus fractions in soils of temperate forest ecosystems with silicate parent material. *Biogeosci Discuss*, DOI: [10.5194/bg-2016-98](https://doi.org/10.5194/bg-2016-98)

For citation: Baumann K, Zimmer D, Schumann R (*year of download*) Kapitel 1.6 Böden (Version 1.0) in Zimmer D, Baumann K, Berthold M, Schumann R: Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben. DOI: 10.12754/misc-2018-0001

Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtphosphor in Umweltproben