

1. Phosphorkonzentrationen in Umweltproben

1.10 Organische und mineralische Düngemittel

Karen Baumann, Dana Zimmer, Rhena Schumann

1.10.1 Organische Dünger

Durch die Ernte von Pflanzenteilen werden dem Boden irreversibel Nährstoffe entzogen. Bei einer durchschnittlichen Weizenernte von 8 t ha^{-1} werden dem Boden rund 37 kg P , 124 kg K und 180 kg N entnommen (LFL 2006 zitiert in Killiches 2013). Durch Einsatz von Düngemitteln soll dieser Nährstoffverlust ausgeglichen und die Bodenfruchtbarkeit erhalten, wenn nicht sogar gesteigert werden.

Zu den organischen Wirtschaftsdüngern zählen insbesondere Jauche (1-3 % Festsubstanz, Schubert 2011), Gülle (> 3 % Festsubstanz), Mist, Kompost, Gärreste aus Biogasanlagen und Klärschlamm. Deren Nährstoffgehalte und damit auch die TP-Konzentrationen variieren stark und sind bei Jauche, Gülle und Mist insbesondere von der Tierart (unterschiedliche Verdauungssysteme, z. B. Wiederkäuer/keine Wiederkäuer und damit unterschiedliche Effizienz bei der Nahrungsverwertung), ihrer Ernährung, sogar vom jeweiligen Stall (Sharpley & Moyer 2000) oder auch der Verarbeitung der Nahrung sowie dem Wassergehalt abhängig (Tabelle 1.10-1). Der TP-Gehalt in Mist ist zudem von der Art der Einstreu (verschiedene Pflanzen/Holzspäne) beeinflusst. Bei Kompost sind insbesondere das Ausgangsmaterial und der Zeitpunkt im Rotteprozess für den TP-Gehalt maßgeblich. Der Kompost-Rottegrad beschreibt die biologische Stabilität (Reife) des Komposts (Rottegrad I = Kompostrohstoff, II-III = Frischkompost, IV-V = Fertigkompost). Eine erhöhte TP-Konzentration bei höheren Rottegraden dürfte auf die Massenabnahme nicht P-haltiger Substanzen (z. B. Verlust flüchtiger Stoffe, CO_2 -Veratmung) und dadurch Aufkonzentration des TP-Gehaltes während der Rotte zurückzuführen sein. Beim Klärschlamm ist neben dem Ausgangsmaterial (zu klärendes Abwasser) auch die Schlammart (Schlamm in Abhängigkeit vom Zeitpunkt im Klärungsprozess) für den TP-Gehalt des Düngers entscheidend. Eine Übersicht zur P-Ausbeute in verschiedenen Schlammarten (Zeitpunkten im Klärungsprozess) durch unterschiedliche Verfahren findet sich bei Kabbe et al. (2015).

Tabelle 1.10-1 Trockemassegehalt, TP-Konzentrationen pro Volumen und pro Trockenmasse (g kg^{-1} Trockenmasse $^{-1}$) in organischen Wirtschaftsdüngern

Matrix	Herkunft	Trocken- masse- anteil (%)	TP (g l^{-1})	TP (g kg Trocken- masse$^{-1}$)	Quelle
Jauche	Rind		0		Landwirtschafts- kammer Schleswig- Holstein
	Schwein		0,4		
Gülle	Milchkuh	8		7,6	Vadas (2006)
		30		1,5-7,8	Verma & Penfold (2017)
	Rind	< 9,5		7,4-8,9	Sharpley & Moyer (2000)
	Schwein	6,3		47,4	Vadas (2006)
		11		22,9-39,3	Verma & Penfold (2017)
Geflügel	38		19,5-36,1		
Mist	Milchkuh	39		8,4-19,9	Sharpley & Moyer (2000)
	Geflügel	70		6,4-12,2	
Kompost	Holzschnit- zel			0,2	Verma & Penfold (2017)
	Gartenab- fälle			2,4	
	Rottegrad III (40 - 50 °C) ¹			1,2-1,6	Scherer (2004)
	Rottegrad V (20- 30°C)			2,7-2,9	
Gärreste	Mittelwert aus Europa	5,7		16,6	Wilken et al. (2013)
	flüssige Phase	5,7	0,9		Wendland & Lichti (2012)
	feste Phase	24,3	2,2		
Klär- schlamm	2001-2006			22,0-27,3	UBA (2013)

¹ Garten- und Küchenabfälle (20/80%) aus NRW

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

1.10.2 Mineralische Dünger

Mineralische Dünger werden aus Rohphosphaten hergestellt (Kapitel 1.2). Dabei wird entweder das zermahlene Bergbauprodukt direkt verwendet oder der P-Gehalt durch industriell-chemische Verfahren gesteigert, wobei gleichzeitig meist eine Erhöhung des wasserlöslichen und damit pflanzenverfügbaren Phosphats vorgenommen wird (Killiches 2013). Die Mineraldünger haben eine homogenere Zusammensetzung als die organischen Dünger, da hier keine biologischen Prozesse wie beispielsweise der Nahrungsverdau bestimmter Nutztiere involviert sind.

Zur Herstellung von P-Dünger wird Rohphosphat mit Schwefelsäure versetzt. Es entstehen Phosphorsäure und Gips. Die Phosphorsäure wird entweder in der Lebensmittel- oder Getränkeindustrie verwendet oder zu P-Düngern weiterverarbeitet. Je nach Reaktionspartner, Mischung und Reaktion mit anderen Komponenten entstehen verschiedene P-Dünger wie Diammonphosphat (DAP), Ammonphosphat (MAP) oder Triple-Superphosphat (Tabelle 1.10-2).

Zur Herstellung von Superphosphaten wird unlösliches Calciumphosphat mit Hilfe von Schwefelsäure zu ca. 40 % wasserlöslichem Calciumdihydrogenphosphat und ca. 60 % wasserunlöslichem Calciumphosphat umgesetzt. Letzteres reagiert bei der Herstellung von Doppel-Superphosphat durch Phosphorsäure zu Calciumdihydrogenphosphat. Bei der Herstellung von Triple-Superphosphat wird zur eben beschriebenen Reaktion nur sehr reine Phosphorsäure verwendet und damit die P-Konzentration des Düngers erhöht. Die Summenformel für Doppel- und Triple Superphosphat ist daher dieselbe, allerdings ist der TP-Gehalt des Gesamtproduktes Triple Superphosphat je nach Reinheitsgrad mit $200 \text{ g TP kg}^{-1} \text{ Trockenmasse}^{-1}$ gegenüber dem von Doppel-Superphosphat ($150 \text{ g kg}^{-1} \text{ Trockenmasse}^{-1}$) erhöht.

Thomasphosphat entsteht als Nebenprodukt bei der Stahlerzeugung aus phosphathaltigem Roheisen. Da die Stahlindustrie allerdings inzwischen fast ausschließlich phosphatarmer Erze verarbeitet, ist das Thomasphosphat praktisch vom Markt verschwunden (Dittrich und Klose 2008). Struvit kann aus Abwasser durch Zugabe von MgO_2 gewonnen werden (vgl. Kapitel 1.5). Der TP-Gehalt von Mineraldüngern wird im Handel zumeist als Prozent P_2O_5 angegeben. Dieses lässt sich folgendermaßen in TP-Konzentrationen ($\text{g kg}^{-1} \text{ Trockenmasse}^{-1}$) umrechnen:

Die Molmassen von P und O sind $30,97$ und $15,999 \text{ g mol}^{-1}$. Das bedeutet, dass die Molmasse von $\text{P}_2\text{O}_5 = (2 \times 30,97) + (5 \times 15,999) = 141,94 \text{ g mol}^{-1}$. P_2O_5 besteht aus 2 P Atomen ($2 \times 30,97 = 91,94 \text{ g mol}^{-1}$). Daher muss $141,94 \text{ g mol}^{-1}$ durch $91,94 \text{ g mol}^{-1}$ geteilt werden, um den Faktor für die Umrechnung von P in P_2O_5 zu erhalten: 2,29.

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

Der reziproke Faktor für die Umrechnung von P_2O_5 in P ist dann: 0,44. Es ist zu beachten, dass beide Werte (P_2O_5 und P) dieselbe Einheit haben müssen. Im ersten Fall werden die Werte in % angegeben, der Faktor für die Umrechnung von % in $g\ kg^{-1}$ ist 10: mit 10 multiplizieren (% in $g\ kg^{-1}$) and andersherum durch 10 teilen ($g\ kg^{-1}$ in %).

Daher ist der Umrechnungsfaktor von:

P_2O_5 in % zu TP in $g\ kg^{-1}$: 4,4

TP in $g\ kg^{-1}$ zu P_2O_5 in %: 0,23

Tabelle 1.10-2 Handelsübliche Phosphordünger, deren chemische Verbindungen mit Phosphor (Summenformel), Anteil an P_2O_5

Akronym	Summeformel	Anteil an P_2O_5 (% = $g\ kg^{-1}$)	TP $g\ kg^{-1}$	Quelle
Rohphosphat	$Ca_5(F,Cl,OH)(PO_4)_3$	27-28 5-37 ²	119-123 22-163	HELM-AG (Chemie-Marketing-unternehmen)
Diammonphosphat	$(NH_4)_2HPO_4$	42	185	
Mono-Ammoniumphosphat	$NH_4H_2PO_4$	48	211	
Superphosphat	$Ca(H_2PO_4)_2 + 2\ CaSO_4 \cdot H_2O$	18-22	79-88	
Doppel-Superphosphat	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	35	154	Wikipedia zu Doppelsuperphosphat
Triple-Superphosphat	$Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$	43-46	189-202	HELM-AG (Chemie-Marketing-unternehmen)
Stickstoffphosphat		20-46 7-20 ²	88-202 31-88	Raiffeisen.com
Thomasphosphat	$Ca_3(PO_4)_2 \cdot (Ca_2SiO_4)$	15	66	Wikipedia zu Thomasphosphat
Thomasphosphat-Kali		7-14	31-63	raiffeisen.com, gartendialog.de
NPK-Volldünger		6-26	26-114	HELM-AG (Chemie-Marketingunternehmen)
Struvit	$(NH_4)Mg(PO_4) \cdot 6H_2O$	23	101	BWB: Berliner Pflanze

² wasserlöslich

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

Literatur

- Berliner Wasserbetriebe (BWB).
(<http://www.bwb.de/content/language1/html/6946.php>), letzter
Zugriff 24.08.2017
- Dittrich B, Klose R (2008) Schwermetalle in Düngemitteln. In:
Schriftenreihe der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft 3:
2008
gartendialog.de, letzter Zugriff 24.08.2017
helmag.com, letzter Zugriff 24.08.2017
- Killiches F (2013) Phosphat: Mineralischer Rohstoff und unverzichtbarer
Nährstoff für die Ernährungssicherheit weltweit. Bundesanstalt für
Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) im Auftrag des Bundes-
ministeriums für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
(BMZ)
- Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein (LKSH). Nährstoffgehalte
organischer Dünger, letzter Zugriff 25.08.2017
raiffeisen.com, letzter Zugriff 24.08.2017
- Scherer HW (2004) Influence of compost application on growth and
phosphorus exploitation of ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant Soil
Environ* 50: 518-524, DOI: [10.17221/4068-PSE](https://doi.org/10.17221/4068-PSE)
- Schubert S (2011) Pflanzenernährung, Grundwissen Bachelor. 2. Aufl.,
UTB, 224 S., ISBN: 9783825235888
- Sharpley A, Moyer B (2000) Phosphorus forms in manure and compost
and their release during simulated rainfall. *J Environ Qual* 29: 1462-
1470, DOI: [10.2134/jeq2000.00472425002900060056x](https://doi.org/10.2134/jeq2000.00472425002900060056x)
- UBA Umweltbundesamt (2013) Sewage sludge management in Germany.
100 S., letzter Zugriff 17.08.2017
- Verma SL, Penfold C (2017) Composts vary in their effect on soil P pools
and P uptake by wheat. *Comm Soil Sci Plant Anal* 48: 459-468,
DOI: [10.1080/00103624.2017.1282507](https://doi.org/10.1080/00103624.2017.1282507)
- Vadas P (2006) Distribution of phosphorus in manure slurry and its
infiltration after application to soils. *J Environ Qual* 35: 542-547,
DOI: [10.2134/jeq2005.0214](https://doi.org/10.2134/jeq2005.0214)
- Wendland M, Lichti F (2012) Biogasgärreste, Einsatz von Gärresten aus
der Biogasproduktion als Düngemittel. Biogas Forum, Bayerische
Landesanstalt für Landwirtschaft, letzter Zugriff 25.08.2017
- Wilken D, Kirchmeyer F, Zotz F (2013) Digestate and REACH. Position
Paper. Fachverband Biogas / EBA / BiPRO.

For citation: Baumann K, Zimmer D, Schumann R (*year of download*) Kapitel 1.10
Düngemittel (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