

1. Phosphorkonzentrationen in Umweltproben

1.8 Pflanzen- und Tierbiomasse

Karen Baumann, Dana Zimmer, Rhena Schumann

1.8.1 Pflanzen

In Abhängigkeit ihres Lebensraums ist der mittlere TP-Gehalt für Landpflanzen mit 2 g kg^{-1} und für Wasserpflanzen mit 6 g kg^{-1} angegeben (Lerch 1990) (Tabelle 1.8-1). Das kann auf die erhöhte Trockenmasse von Landpflanzen (mehr Stützgewebe aus Cellulose und Lignin) gegenüber Wasserpflanzen zurückgeführt werden (Duchesne & Larson 1989). Die Konzentrationen sind außerdem von äußeren Faktoren, wie beispielsweise der P-Verfügbarkeit im Boden, abhängig. Sind die Bedingungen günstig, wird von der Sonnenblume 2,5 Mal mehr P (bis zu $7,2 \text{ mmol TP m}^{-2}$) Blatt aufgenommen als bei halb so hoher P-Verfügbarkeit ($2,0 \text{ mmol TP m}^{-2}$, Jacob & Lowlor 1991). Der TP-Gehalt hängt von pflanzenspezifischen Faktoren (z. B. Pflanzenart, Genotyp) ab und ist innerhalb der Pflanze organspezifisch. So wurde beispielsweise in der Rotbuche eine mehr als doppelt so hohe TP-Konzentration in Feinwurzeln als in Holz, Rinde und Zweigen gemessen (Lerch 1990). Auch das Pflanzenalter sowie die Jahreszeit haben einen Einfluss auf den TP-Gehalt, da in unterschiedlichen Entwicklungsstadien unterschiedlich viel P für das Wachstum benötigt wird (Wang et al. 2015, Saunders & Metson 1971).

Tabelle 1.8-1 TP-Konzentrationen in Pflanzengeweben und Makroalgen

Arten bzw. Gruppen	Gewebe	Einflussfaktor	TP (g kg Trockenmass e ⁻¹)	Quelle
Landpflanzen		Lebensraum und Organisationsgrad (Anteil des Stützgewebes)	0,5-8	Lerch (1991)
Wasserpflanzen			6	Lerch (1991)
Fichte (<i>Pinus sylvestris</i>)	Blätter	artspezifisch, bei normaler Versorgung	1,3-1,9	Mellert & Göttlein (2012)
Tanne (<i>Picea abies</i>)			1,5-2,2	

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

Buche (<i>Fagus sylvatica</i>)			1,2-1,9	
Eiche (<i>Quercus robus, Q. petrea</i>)			1,4-2,1	
Rotbuche (<i>F. sylvatica</i>)	Feinwurzeln	unterschiedliche Gewebe	2,2	Lerch (1991)
	Reifholz		0,9	
	Rinde		0,9	
	Zweige		0,9	
	Blätter		1,3	

1.8.2 Tiere

Wie bei Pflanzen ist auch die TP-Konzentration in Tieren von der Ernährung, der Spezies, dem Gewebe und dem Alter/dem Entwicklungsstadium des Tieres abhängig. Da bei Wirbeltieren und damit auch bei vielen Nutztieren insbesondere das Ca:P-Verhältnis bei der Ernährung eine wichtige Rolle spielt, zeigen Untersuchungen v. a. die P-Verfügbarkeit/-Verwertbarkeit in Abhängigkeit der Ca-Konzentration im Futter (z. B. Song et al. 2017). P-Absorption kann dabei durch Ca-Zugabe gehemmt werden, wenn sich schwer lösliche Ca-Phosphate bilden, die nicht aufgenommen werden können (Nakamura 1982). Auf der anderen Seite können hohe P-Konzentrationen in der Nahrung dazu führen, dass Ca nicht ausreichend in die Knochen eingelagert wird (Masuyama et al. 2003). Song et al. (2017) zeigten zudem, dass die Aktivität von Phosphatasen im Blutserum ein entscheidender Faktor bei der Mineralisation von Knochen und Einlagerung von Ca und P in Schuppen sein kann. Bei Fischen können die Schuppen einen Ca- und P-Speicher darstellen, der für Ca- und P-eine Homöostasis sorgt (Song et al. 2017, vgl. auch Tabelle 1.8-3).

Auch die Lebensweise (Herbivor/Carnivor) sowie die Futterverfügbarkeit in Abhängigkeit von den Jahreszeiten (und damit den Futterquellen) haben einen großen Einfluss auf den TP-Gehalt im Tierkörper (Ghaddar & Saoud 2012). Diese Autoren berichteten beispielsweise, dass Geißbrassen-Muskelfleisch höchste P-Gehalte im April aufwies, während sie im Juni am geringsten waren (vgl. auch Tabelle 1.8-2). Dieser Zusammenhang kann genutzt werden, indem bestimmte Tiere zu bestimmten Jahreszeiten zur P-armen menschlichen Ernährung verwendet werden (z. B. bei einigen Nierenkrankheiten notwendig). Der TP-Gehalt variiert aber vor allem mit der Tierart (Tabelle 1.8-2). Zudem haben unterschiedliche Gewebe (Blut, Serum, Muskeln) unterschiedliche TP-Gehalte.

Tabelle 1.8-2 TP-Konzentrationen in tierischen Geweben oder Serum

Arten bzw. Gruppen	Gewebe	Einflussfaktor	TP in Gewebe (g kg Trockenmasse ⁻¹)	TP im Serum (g l ⁻¹)	Quelle
Koralle (<i>Lophelia pertusa</i>)	Körper	rezent	0,016		Mason et al. (2011)
		fossil	0,123		
Kaninchenfisch (<i>Siganus rivulatus</i>)	Fleisch	herbivor	8,95		Ghaddar & Saoud (2012)
Geißbrasse (<i>Diplodus sargus</i>)		carnivor	11,32		
Fasan (<i>Phasianus colchicus</i>)	Brustmuskulatur	artspezifisch	10,16		Straková et al. (2011)
Hähnchen			9,25		
Katze	Muskel		10,5		Cuthbertson (1925)
Schwein	Muskel		6,03		Jastrzębska et al. (2010)
Merino-Landschaf	Muskel, Alter	Masse: 18 kg	8,09		Bellof et al. (2006)
		55 kg	6,17		
Mensch	Muskel		1,56		Forbes et al. (1953)
Japanischer Barsch (<i>Lateolabrax japonicus</i>)	Serum	31 g Ca kg Futter ⁻¹		0,43	Song et al. (2012)
		4,2 g Ca kg Futter ⁻¹		0,31	
Mensch	Blut			0,36 - 0,43	Kay & Byrom (1927)

Beim Menschen z. B. sind hohe TP-Gehalte insbesondere in den Zähnen und in den Knochen eingebaut. Nach Koolmann & Röhm (1998) hat der Mensch durchschnittlich einen TP-Gehalt von 10 g kg⁻¹ Körpergewicht und einen P-Bedarf von 0,8 g d⁻¹. Während bei Wirbeltieren hohe TP-Konzentrationen insbesondere im Endoskelett zu finden sind, sind bei Muscheln, Schnecken und Korallen hohe, aber sehr unterschiedliche TP-Konzentrationen im Exoskelett lokalisiert (Tabelle 1.8-3). Auch die Wachstumsphase ist für den TP-Gehalt von Tieren entscheidend, wobei z. B. bei Lämmern des Deutschen Merino-Landschafes im frühen Entwicklungsstadium höhere TP-Konzentrationen nachgewiesen wurden als mit zunehmendem Alter (Bellof et al. 2006). Zurückzuführen ist dies auf die Abnahme des Wasser-

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

gehaltenes auch im Knochengewebe im Laufe des Wachstums, was zu einem erhöhten Trockenmassegehalt der Knochen beim alten Tier führt (Bellof et al. 2006).

Tabelle 1.8-3 TP-Konzentrationen in tierischen Skelettstrukturen

Arten bzw. Gruppen	Stützgewebe	Einflussfaktor	TP (g kg Trockenmasse ⁻¹)	Quelle
Auster (Ostreidae)	Schale		0,9	Yoon et al. (2003)
Schnecken (Archachatina, Achatina spp.)	Gehäuse		10-69	Ademolu et al. (2016)
Japanischer Barsch (Lateolabrax japonicus)	Wirbel	31 g Ca kg Futter ⁻¹	125	Song et al. (2012)
	Schuppe		74	
	Wirbel	4,2 g Ca kg Futter ⁻¹	138	
	Schuppe		87	
Mensch	Zähne		125-137	Hennequin et al. (1994)
	trockene, fettfreie Knochen		9,2-10	Zipkin et al. (1960)
	Knochenasche		171-175	

Literatur

- Ademolu K, Precious O, Ebenso I, Babatunde I (2016) Morphometrics and mineral composition of shell whorls in three species of giant African snails from Abeokuta, Nigeria. *Folia Malacol* 24: 81-84, DOI: [10.12657/folmal.024.013](https://doi.org/10.12657/folmal.024.013)
- Bellof G, Most E, Pallauf J (2006) Concentration of Ca, P, Mg, Na and K in muscle, fat and bone tissue of lambs of the breed German Merino Landsheep in the course of the growing period. *J Animal Phys Animal Nutr* 90: 385-393, DOI: [10.1111/j.1439-0396.2006.00610.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2006.00610.x)
- Cuthbertson DP (1925) The distribution of phosphorus and fat in the resting and fatigued muscle of the cat, with a note on the partition of phosphorus in the blood. *Biochem J* 19: 896-910, DOI: [10.1042/bj0190896](https://doi.org/10.1042/bj0190896)
- Duchesne L, Larson DW (1989) Cellulose and the evolution of plant life. *BioSci* 39: 238-241, DOI: [10.2307/1311160](https://doi.org/10.2307/1311160)
- Forbes RM, Cooper AR, Mitchell HH (1953) [The composition of the adult human body as determined by chemical analysis](#). *J Biol Chem* 203: 359-366

- Ghaddar S, Saoud IP (2012) Seasonal changes in phosphorus content of fish tissue as they relate to diets of renal patients. *J Renal Nutr* 22: 67-71, DOI: [10.1053/j.jrn.2011.05.001](https://doi.org/10.1053/j.jrn.2011.05.001)
- Hennequin M, MCU-PH, Pajot J, MCU, Avignant D, PU (1994) Effects of different pH values of citric acid solutions on the calcium and phosphorus contents of human root dentin. *J Endodontics* 20: 551-554, DOI: [10.1016/S0099-2399\(06\)80071-3](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(06)80071-3)
- Jacob J, Lawlor DW (1991) Stomatal and mesophyll limitations of photosynthesis in phosphate deficient sunflower, maize and wheat plants. *J Exp Bot* 42: 1003-1011, DOI: [10.1093/jxb/42.8.1003](https://doi.org/10.1093/jxb/42.8.1003)
- Jastrzębska A, Cichosz M, Szłyk E (2010) Simple and rapid determination of phosphorus in meat samples by WD-XRF method. *J Analyt Chem* 65: 376-381, DOI: [10.1134/S1061934810040076](https://doi.org/10.1134/S1061934810040076)
- Kay HD, Byrom FB (1927) [Blood-phosphorus in health and disease: I.-The distribution of phosphorus in human blood in health.](#) *Br J Exp Pathol* 8: 240-253
- Koolmann J, Röhm K-H (1998) Taschenatlas der Biochemie. 2. Auflage, Thieme-Verlag Stuttgart, 459 S., ISBN: 3137594022
- Lerch G (1991) Pflanzenökologie. 1. Aufl., Akademie-Verlag, Berlin, 535 S., DOI: [10.1002/biuz.19920220413](https://doi.org/10.1002/biuz.19920220413)
- Mason HE, Montagna P, Kubista L, Taviani M, McCulloch M, Phillips BL (2011) Phosphate defects and apatite inclusions in coral skeletal aragonite revealed by solid-state NMR spectroscopy. *Geochim Cosmochim Acta* 75: 7446-7457, DOI: [10.1016/j.gca.2011.10.002](https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.10.002)
- Masuyama R, Nakaya Y, Katsumata S, Kajita Y, Uehara M, Tanaka S, Sakai A, Kato S, Nakamura T, Suzuki K (2003) Dietary calcium and phosphorus ratio regulates bone mineralization and turnover in vitamin D receptor knockout mice by affecting intestinal calcium and phosphorus absorption. *J Bone Min Res* 18: 1217-1226, DOI: [10.1359/jbmr.2003.18.7.1217](https://doi.org/10.1359/jbmr.2003.18.7.1217)
- Mellert K H, Göttlein A (2012) Comparison of new foliar nutrient thresholds derived from van den Burg's literature compilation with established central European references. *Eur J Forest Res* 131: 1461-1472, DOI: [10.1007/s10342-012-0615-8](https://doi.org/10.1007/s10342-012-0615-8)
- Nakamura Y (1982) Effects of dietary phosphorus and calcium contents on the absorption of phosphorus in the digestive tract of carp. *Bull Jap Soc Sci Fisheries* 48: 409-413, DOI: [10.2331/suisan.48.409](https://doi.org/10.2331/suisan.48.409)
- Saunders WMH, Metson AJ (1971) Seasonal variation of phosphorus in soil and pasture. *New Zeal J Agricult Res* 14: 307-328, DOI: [10.1080/00288233.1971.10427097](https://doi.org/10.1080/00288233.1971.10427097)
- Song J-Y, Zhang C-X, Wang L, Song K, Hu S-C, Zhang L (2017) Effect of dietary calcium levels on growth and tissue mineralization in Japanese seabass, *lateolabrax japonicus*. *Aquacult Nutr* 23: 637-648, DOI: [10.1111/anu.12431](https://doi.org/10.1111/anu.12431)
- Straková E, Suchý P, Karásková K, Jámboř M, Navrátil P (2011) Comparison of nutritional values of pheasant and broiler chicken meats. *Ata Vet Brno* 80: 373-377, DOI: [10.2754/avb201180040373](https://doi.org/10.2754/avb201180040373)

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

- Wang Z, Lu J, Yang M, Yang H, Zhang Q (2015) Stoichiometric characteristics of carbon, nitrogen, and phosphorus in leaves of differently aged Lucerne (*Medicago sativa*) stands. *Front Plant Sci* 6: 1062, DOI: [10.3389/fpls.2015.01062](https://doi.org/10.3389/fpls.2015.01062)
- Yoon, G-L, Kim B-T, Kim B-O, Han S-H (2003) Chemical-mechanical characteristics of crushed oyster-shell. *Waste Man* 23: 825-834, DOI: [10.1016/S0956-053X\(02\)00159-9](https://doi.org/10.1016/S0956-053X(02)00159-9)
- Zipkin I, McClure FJ, Lee WA (1960) Relation of the fluoride content of human bone to its chemical composition. *Arch Oral Biol* 2: 190-195, DOI: [10.1016/0003-9969\(60\)90022-4](https://doi.org/10.1016/0003-9969(60)90022-4)

For citation: Baumann K, Zimmer D, Schumann R (*year of download*) Kapitel 1.8 Pflanzen- und Tierbiomasse (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