

1. Phosphorkonzentrationen in Umweltproben

1.5 Ab- und Prozesswässer

Karen Baumann, Dana Zimmer, Simone Tränckner, Rhena Schumann

Abwässer stellen Wässer dar, die bereits genutzt wurden (z. B. im Haushalt, in der Industrie) und damit eine erhöhte P-Fracht aufweisen können. Bei der Abwasseraufbereitung stellt der Phosphor im Ablauf einer Kläranlage einen wesentlichen Güteparameter dar.

Prozesswässer sind Wässer, die für bestimmte, meist industrielle Zwecke gebraucht werden und an die gewisse Anforderungen, z. B. in Bezug auf ihren P-Gehalt, oft auch hinsichtlich des Kalkgehalts, der Leitfähigkeit und des pH-Werts, gestellt werden. Die gewünschte Wasserqualität wird dabei durch Elimination oder Zusatz von bestimmten P-haltigen Substanzen erreicht.

1.5.1 Abwässer

Derzeit wird in Deutschland die einwohnerspezifische P-Fracht in kommunalem Abwasser mit 1,8 g TP pro Einwohner und Tag (ATV-DVWKA 198) angenommen. Industrielle Abwässer sind branchenspezifisch. Donnert und Salecker (1999) ermittelten beispielsweise 159 mg TP l⁻¹ im Abwasser einer Stärkefabrik und 5 bis 100 mg TP l⁻¹ im Abwasser einer Autofabrik. Bei Annahme solcher Industrieabwässer ergeben sich somit Phosphorgehalte im Zulauf der Kläranlagen, die zum Teil deutlich von den in Tabelle 1.5-1 genannten typischen Werten abweichen können.

Für geklärte Abwässer bestehen Mindestanforderungen an die P-Konzentrationen bei Abwassereinleitung in Gewässer, die die Abwasserverordnung (AbwV 31.03.1997) in Deutschland regelt. Für kommunales Abwasser ist ab einer Kläranlagen-Größenklasse (GKL) 4 (ca. 10.000 Einwohnergleichwerte) eine TP-Konzentration von 2 mg l⁻¹ im Ablauf (Wasser nach Klärung) einzuhalten, ab GKL 5 (ca. 100.000 Einwohnergleichwerten) 1 mg TP l⁻¹. Auch betriebliche Abwässer unterliegen behördlichen Anforderungen hinsichtlich ihrer Einleitung in die Umwelt. Branchenspezifische Mindestanforderungen sind in den Anhängen der AbwV enthalten. Ge-

wässerspezifisch können weitergehende Anforderungen durch die zuständigen Behörden formuliert werden.

P kann aus Abwässern biologisch und/oder chemisch entfernt werden. Grundsätzlich nehmen Mikroorganismen beim Abbau organischer Kohlenstoffverbindungen auch P für ihren Zellaufbau und Stoffwechsel aus dem Abwasser auf und bauen Biomasse auf. Auf diese Weise wird P biologisch aus dem Klärwasser in den Klärschlamm verlagert, der dann je nach Gesamtzusammensetzung noch als organischer Dünger oder im Landschaftsbau genutzt werden kann oder aber einer thermischen Verwertung zugeführt wird. Tränckner et al. (2016) geben eine biologische Eliminationsleistung für P von 47 % bezogen auf den Zulaufwert an. Durch spezielle Verfahrensführung (anaerobe, aerobe Zyklen) kann die biologische P-Elimination auf das Doppelte gesteigert werden (Cramer et al. 2018). Da der P-Rückhalt bei biologischen Verfahren oftmals aber nicht mit einem ausreichend hohen Wirkungsgrad oder ausreichender Prozessstabilität betrieben werden kann, wird meist ergänzend P durch Einsatz von Metallsalzen gefällt (SEG 2014). Beispiele zu TP-Konzentrationen in Abwässern und ihren Klärprodukten sind der Tabelle 1.5-1 zu entnehmen.

Tabelle 1.5-1 TP-Konzentrationen in Abwasser, Schlamm und Aschen

Beispiel	Typ	TP (mg l ⁻¹ für Wasser, mg kg ⁻¹ für Schlamm und Asche)	Quelle
alle Kläranlagen in Deutschland	vor Klärung	0,9 – 12,4	DWA-Leistungsvergleich 2016
	nach Klärung	0,41 – 0,84	
alle Kläranlagen in Baden-Württemberg	vor Klärung	5,9	MUV-BM (2003)
	nach Klärung	1,7	
	nach Klärung mit Phosphatfällung	0,7	
Klärschlamm (2006)		24,5	UBA (2013)
Asche	aus Haushaltsabwässern	40-130	Regenerierstation Stuttgart

Die P-Konzentration in Klärschlämmen ist insbesondere von der P-Konzentration im zu klärenden Abwasser abhängig und damit von dessen Ursprung (Stadt-/Industriegebiet). Außerdem wird sie von der Effektivität der biologischen und chemischen Prozesse während des Aufbereitungsprozesses beeinflusst.

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

1.5.2 Prozesswässer

An Wasser werden erhöhte Anforderungen hinsichtlich der Wasserqualität gestellt, wenn es in industriellen Anlagen (z. B. Kraftwerken) zur industriellen Herstellung von Produkten (z. B. Medikamenten) oder im Labor (chemische Analytik) verwendet wird. Dabei wird die Eliminierung von P durch den Einsatz verschiedener Verfahren, wie z. B. der Umkehr-Osmose oder dem Ionentausch-Verfahren, erreicht. Qualitätsunterschiede zwischen diesen verschiedenen Prozesswässern werden über die Leitfähigkeit des jeweiligen Wassers definiert (Tabelle 1.5-2) und auch mithilfe von Blindwertzielkarten für die Analytkonzentrationen (TP oder Phosphat) überprüft (Kapitel 6.3).

Andererseits können P-haltige Chemikalien auch dem Wasser zugesetzt werden, um beispielsweise die Korrosion von Rohrleitungen zu minimieren. Orthophosphate besitzen dabei Korrosionsschutzwirkung gegenüber Eisenwerkstoffen, wie Gusseisen, Stahl und verzinktem Stahl sowie Kupferwerkstoffen und Blei (Zitate in Schmidt 2009). Die Ausfällung von Kalk (Calcit) in Rohrleitungen wird durch Polyphosphat zeitlich verzögert (Schmidt 2009). Sofern die P-haltigen Chemikalien dem Trinkwasser zugesetzt werden, müssen sie in §11 der Trinkwasserverordnung 2001 aufgeführt sein und dürfen die dort genannten maximalen Zugabekonzentrationen nicht überschreiten (Polyphosphate < 2,2 mg P l⁻¹ UBA 2017) (Tabelle 1.5-2). Weitere industrielle Anwendungen P-haltiger Reagenzien sind die biologische Nitratenfernung, die Hemmung von Membranverblockung und natürlich als Puffer zur pH-Einstellung (UBA 2012).

Tabelle 1.5-2 Leitfähigkeit in Prozesswässern ($\mu\text{S cm}^{-1}$)

Matrix	Leitfähigkeit	Quelle
destilliertes Wasser	0,5-5	Regenerierstation Stuttgart
Prozesswasser in Kraftwerken	< 0,2	
Reinstwasser zur Analyse	< 0,055	
P-Zusatz zu Trinkwasser (K ₂ HPO ₄ , KH ₂ PO ₄ , K ₄ (PO ₄) ₂ , K ₃ PO ₄ , Na ₂ H ₂ PO ₄ , NaH ₂ PO ₄ , Na ₂ HPO ₄ , Na ₄ (PO ₄) ₂ , Na ₃ PO ₄ , Kaliumtripolyphosphat, Natriumpolyphosphat, Natriumtripolyphosphat, H ₃ PO ₄ , Phosphonsäure)	2790 ¹	Trinkwasserverordnung 2001, UBA 2012

Referenzen

- AbwV (2017) [Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer \(Abwasserverordnung - AbwV\)](#); Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 17. April 2024 (BGBl. 2024 I Nr. 132) geändert worden ist. Letzter Zugriff: 16.09.2024
- ATV-DVWK-A 198 (April 2003). [Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen](#). ATV-DWK Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ISBN 3-924063-48-6.
- M. Cramer, T. Koegst, J. Tränckner (2018) Multi-critical evaluation of P-removal optimization in rural wastewater treatment plants for a sub-catchment of the Baltic Sea. *Ambio* 2018: 47 (Suppl. 1), S. 93-102, DOI: [10.1007/s13280-017-0977-8](#)
- Donnert D, Salecker M (1999) Elimination of phosphorus from waste water by crystallization. *Environmental Technology* 20: 735-742, DOI: [10.1080/09593332008616868](#)
- DWA-Leistungsvergleich 2016: [29. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen](#). 6 S. Letzter Zugriff: 16.09.2024

¹ Oder 2,2 mg l⁻¹ als Grenzwert für die Zugabe in Trinkwasser gegen Korrosion laut "Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 11 der TrinkwV (19. Änderung)" (UBA 2017)

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

- MUV-BW Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg (2003) [Studie zum Phosphorrecycling aus kommunalem Abwasser in Baden-Württemberg – Möglichkeiten und Grenzen](#). Schlussbericht, 81 S. Letzter Zugriff: 16.09.2024
- Regenerierstation Stuttgart. (<https://www.reg-station.de/GLOSSAR-1-9.htm>). Letzter Zugriff: 16.09.2024
- Schmidt T (2009) [Mineralstoffdosierung in Trinkwasserinstallationen – Schutz vor Kalk und Korrosion](#). SBZ 14: 18-22. Letzter Zugriff: 16.09.2024
- SEG-Stadtentwässerung Göppingen (2014) Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlamm –Machbarkeitsstudie-
- Tränckner, J., Koegst, T., Cramer, M., Gießler, M., Richter, B.M., Müther, F. (2016) [Phosphor-Elimination in Kläranlagen bis 10.000 Einwohnerwerte in Mecklenburg-Vorpommern](#). Universität Rostock, Wasserwirtschaft, Abschlussbericht.
- [Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2023](#). Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch.
- UBA Umweltbundesamt (2012) [Bekanntmachung der Liste der Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß §11 der Trinkwasserverordnung](#) - 17. Änderung - (Stand: November 2012).
- UBA Umweltbundesamt (2013) [Sewage sludge management in Germany](#). 100 S. Letzter Zugriff: 16.09.2024

For citation: Baumann K, Zimmer D, Tränckner S, Schumann R (*year of download*) Kapitel 1.5 Ab- und Prozesswässer (Version 1.1) in Zimmer D, Baumann K, Berthold M, Schumann R: Handbuch zur Auswahl der Aufschluss- und Bestimmungsverfahren für Gesamtposphor in Umweltproben. DOI: 10.12754/misc-2018-0001

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