

## Leitfaden Nr. 2-13

### Betrieb von Abwasseranlagen; Die Phosphorbilanz im kommunalen Abwasser

Stand: 02/2024

#### Allgemeines

Phosphor (P) kommt in der Natur nur in chemischen Verbindungen vor. Dies ist auch im Abwasser der Fall. Die häufigste Verbindung ist das Orthophosphat ( $\text{PO}_4$ ).

In der Analytik werden die unterschiedlichen P-Verbindungen durch einen Aufschluss in Orthophosphat überführt und dann als Orthophosphat bestimmt. Die gemessene P-Konzentration entspricht dann dem Wert für Gesamtphosphor ( $\text{P}_{\text{ges}}$ ).

Bei Einleitung in ein Gewässer wirken Phosphate als Pflanzennährstoff.

Im kommunalen Abwasser stammt der Phosphor zum überwiegenden Teil aus menschlichen Ausscheidungen sowie nur noch zum geringen Teil aus Wasch- und Reinigungsmitteln.

Je Einwohner rechnet man mit einer täglichen Belastung von rund 1,8 g P. Die Phosphorkonzentrationen im kommunalen Rohabwasser sind seit den 70-iger und 80-iger Jahren deutlich zurückgegangen. Zuletzt trat 2017 eine Beschränkung von Phosphaten in Spülmitteln in Kraft.

Aktuelle Auswertungen der DWA-Leistungsnachweise zeigen eine abnehmende Tendenz der Phosphorzulaufmengen.

#### Zulauf zur Kläranlage

Je nach Abwasseranfall, Anteil gewerblichen Abwassers, Fremdwasseranteil und Anteilen an Misch- und Trennsystem ergeben sich in der Praxis häufig mittlere Phosphorkonzentrationen von 5 bis 15 mg/l.

Beispielsweise ergibt sich für einen täglichen Schmutzwasseranfall von 200 l je Einwohner (inkl. Fremdwasser) und eine spezifische Zulaufmenge von 1,8 g P/(E·d) eine rechnerische Konzentration von

$$1.800 \text{ mg P}/(\text{E} \cdot \text{d}) / 200 \text{ l}/(\text{E} \cdot \text{d}) = 9,0 \text{ mg/l}$$

Eine Veränderung der P-Konzentration im Kanalnetz durch Anfaulen oder durch lange Fließwege zur Kläranlage tritt nicht ein.

## **Mechanische Reinigung**

Der im Rechengut und im Schlamm der Vorklärung gebundene Phosphor entspricht einer Masse von rund  $0,2 \text{ g}/(\text{E} \cdot \text{d})$  bzw. einem Phosphorgehalt von  $1 \text{ mg/l}$ , der aus dem Abwasser entfernt wird. Bei einer optimalen mechanischen Reinigung (z. B. Siebrechen) kann auch deutlich mehr entfernt werden, wenn das Rechengut nicht in der Kläranlage gewaschen wird.

## **Biologische Reinigung (nur Kohlenstoff - Abbau)**

Bei der biologischen Reinigung im Belebungsbecken werden rund  $0,4 \text{ g}/(\text{E} \cdot \text{d})$  an Phosphor im Überschussschlamm gebunden. Auch bei Tropfkörpern oder Rotationstauchkörpern erfolgt dies in ähnlicher Größe. Damit werden bis zu  $2 \text{ mg/l P}_{\text{ges}}$  durch die Stoffwechselfähigkeit der Bakterien aus dem Abwasser entfernt. Höhere Wirkungsgrade sind meist bereits auf eine erhöhte Bio-P-Verminderung zurückzuführen.

## **Biologische Reinigung mit Denitrifikation und Bio-P**

Bei einer durch den Wechsel von anaeroben und aeroben Verhältnissen erhöhten biologischen Phosphor-Verminderung (Bio-P-Verfahren), die auch fast immer in aeroben Schlammstabilisierungsanlagen mit Denitrifikation zu beobachten ist, können zusätzlich bis zu  $0,65 \text{ g}/(\text{E} \cdot \text{d})$  an Phosphor mit dem Überschussschlamm entnommen werden. Auf diese Weise senkt sich die  $\text{P}_{\text{ges}}$ -Konzentration um weitere  $3,25 \text{ mg/l}$ . Bei optimierten Betriebsverhältnissen zur Bio-P sind noch größere Verminderungen erreichbar.

## **Chemische Fällung**

Für die chemische Fällung bleibt bei gut funktionierender Bio-P nur noch ein geringer Rest an Phosphor übrig. Bei richtiger Anwendung der verschiedenen verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Phosphatfällung sind Ablaufkonzentrationen für  $\text{P}_{\text{ges}}$  unter  $1,0 \text{ mg/l}$  möglich. Es ist allerdings mit einer Zunahme der Schlammmenge um etwa 5 bis 20 % zu rechnen, in Abhängigkeit des zu fällenden Phosphors und des eingesetzten Fällmittels.

Mit einer Flockungsfiltration oder Membranbelebungsanlagen können Ablaufkonzentrationen unter  $0,3 \text{ mg/l}$  erreicht werden.

## **Gesamtposphor im Ablauf**

Nach den Anforderungswerten der Abwasserverordnung (AbwV) müssen Kläranlagen über  $10.000 \text{ E}$  Ausbaugröße eine Ablaufkonzentration für  $\text{P}_{\text{ges}}$  von  $2 \text{ mg/l}$  einhalten. Für Anlagen mit einer Ausbaugröße über  $100.000 \text{ E}$  liegt dieser Wert bei  $1 \text{ mg/l}$ . In empfindlichen Gebieten und im Einzelfall können auf Grund der örtlichen Gegebenheiten auch strengere Überwachungswerte behördlich festgesetzt werden.

In der beigefügten Abbildung ist beispielhaft dargestellt, wie sich der Phosphor im kommunalen Abwasser zusammensetzt und wie er sich bei den jeweiligen Verfahrensschritten der Abwasserreinigung verringert. Bei der Bilanz werden mögliche zusätzliche Belastungen z. B. aus dem Schlammwasser der Schlammbehandlung oder der maschinellen Schlammwässerung nicht berücksichtigt; ebenso nicht das Problem der Rücklösung von Phosphor in anaerobem Überschussschlamm. Diese Einflüsse können bei jeder Anlage anders sein und würden die Einfachheit der Darstellung nur erschweren.

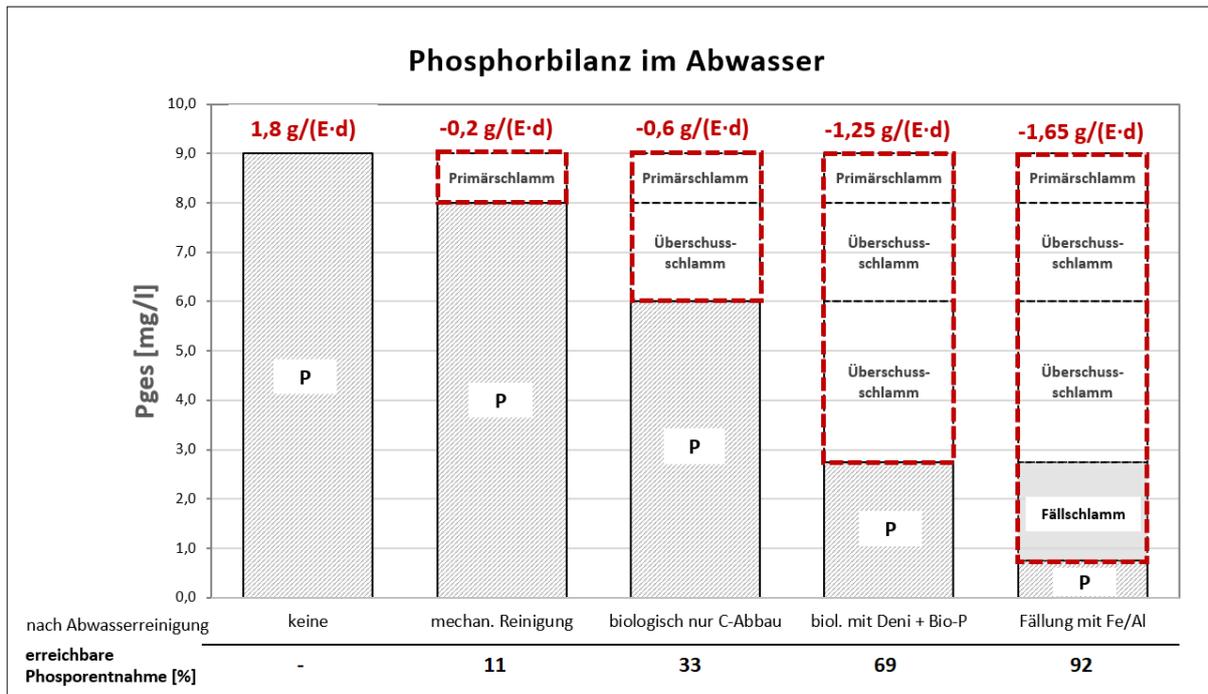


Abbildung 1 exemplarische Phosphorbilanz für einen Schmutzwasseranfall (inkl. Fremdwasser) von 200 l/(E·d) und einer spezifischen Phosphorfracht von 1,8 g/(E·d)