# Auswertung der $P_{ges}$- und AFS-Ablaufkonzentrationen von rheinland-pfälzischen Belebungsanlagen an p1-Wasserkörpern

*Kathrin Münch, Frank Angerbauer und Thomas Jung (Mainz)*


## Zusammenfassung

*Zur Einhaltung der EG-Wasserrahmenrichtlinie hat das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz im Schreiben vom 10. Januar 2019 die Kläranlagenbetreiber an Wasserkörpern mit einer sogenannten p1-Belastung zur Senkung der $P_{ges}$-Ablaufkonzentrationen aufgefordert. Ziel dieser Arbeit ist die Darstellung der derzeitigen erreichten mittleren Ablaufkonzentrationen innerhalb der einzelnen Größenklassen im Jahr 2018, um zum einen den Entwicklungsstand der Ablaufkonzentrationen von Belebungsanlagen in Abhängigkeit von ihrer Größenklasse aufzuzeigen und zum anderen gezielt noch bestehenden Handlungsbedarf abzuleiten.*


*Schlagworte:* Abwasserreinigung, kommunal, Wasserrahmenrichtlinie, Rheinland-Pfalz, Belebungsanlage, p1-pressures, p1-Wasserkörper, Gesamtphosphor, abfiltrierbare Stoffe, Ablaufkonzentration, Bescheidswert, Betriebsmittelwert

DOI: 10.3242/kae2020.12.002


## Abstract

### An analysis of discharge concentrations of $P_{total}$ and filterable substances from activated sludge plants at p1 water bodies in Rhineland-Palatinate

*On 10 January 2019, the Rhineland-Palatinate State Ministry of Environment, Energy, Food and Forests sent a letter to sewage treatment plant operators at water bodies with selective pollution (p1) requesting that they reduce their $P_{total}$ discharge concentrations in order to comply with the EU Water Framework Directive. This work aims to depict current average discharge concentrations within individual category sizes in 2018 in order to illustrate the evolution in discharge concentrations from activated sludge plants depending on their category size and derive specific needs for action.*


*Key Words:* wastewater treatment, municipal, Water Framework Directive, Rhineland-Palatinate, activated sludge plant, p1 pollution, p1 water body, total phosphorous, filterable substances, discharge concentration

## 1 Einleitung

Die EG-Wasserrahmenrichtlinie fordert, den guten ökologischen Zustand bzw. das gute ökologische Potenzial für Oberflächengewässer bis 2027 zu erreichen. Auf Grundlage des biologischen Monitorings und der chemischen Überwachung in den Gewässern in Rheinland-Pfalz wurde ermittelt, dass in rund 80 % der Wasserkörper (WK) die Einleitungen aus Punktquellen, insbesondere kommunalen Kläranlagen, entscheidend mit dazu beitragen, dass der gute ökologische Zustand aufgrund der stofflichen Belastung im Einleitgewässer nicht erreicht wird. In diesen WK mit einer sogenannten p1-Pressures-Bewertung (p1-WK) ist das Belastungsniveau an Pflanzennährstoffen, insbesondere Phosphorverbindungen, aktuell noch deutlich über dem Niveau, das zur Erreichung eines guten ökologischen Zustands notwendig wäre. Einträge aus anderen Bereichen wie aus diffusen Quellen beispielsweise aus der Landwirtschaft, sind ebenfalls zu reduzieren, was an dieser Stelle jedoch nicht vertieft wird. Statistisch betrachtet, steigt die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen eines guten ökologischen Zustands der biologischen Qualitätskomponente Makrophyten/Phytobenthos, wenn die Konzentration von Gesamtphosphor im WK deutlich unter 0,10 mg/L liegt [Schwellenwerte nach Oberflächengewässerverordnung (OGewV)] [1].

Das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten (MUEEF) des Landes Rheinland-Pfalz hat mit Schreiben vom 10. Januar 2019 „Maßnahmen im kommunalen Abwasserbereich zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL); Reduzierung der Phosphoreinträge aus Kläranlagen“ die betroffenen Kommunen aufgefordert, mit kosteneffizienten Optimierungsmaßnahmen wie beispielsweise der Phosphorfällung und der Optimierung des Rückhalts von partikulärem Phosphors im Nachklärbecken zur weiteren Reduzierung der $P_{ges}$-Konzentrationen in p1-WK mindestens die in Tabelle 1 aufgeführten $P_{ges}$-Betriebsmittelwerte und -Bescheidswerte einzuhalten.

## 2 Ziel

Ziel dieser Veröffentlichung ist es, die Kläranlagen an p1-WK näher hinsichtlich ihrer Größenklassenverteilung, $P_{ges}$-Bescheidswerte, $P_{ges}$-Ablaufkonzentrationen ($C_{P,AN}$) und der Ablaufkonzentrationen (AN) der abfiltrierbaren Stoffe (AFS) zu analysieren und daraus Schlüsse hinsichtlich der erreichten Ablaufkonzentrationen ($C_{AN}$) innerhalb der einzelnen Größenklassen und mögliche Verbesserungspotenziale in Rheinland-

| Kläranlagen Verfahrenstechnik | Ausbaugröße | $P_{ges}$-Betriebs-mittelwert | $P_{ges}$-Bescheidswert später nachführen |
|---|---|---|---|
| | [E] | [mg/L] | |
| Belebungsanlagen | > 100.000 | 0,4 | 0,8–1,0*) |
| | > 10.000–100.000 | 0,5 | 1,0–1,2*) |
| | > 5.000–10.000 | 0,7 | 1,5 |
| | 1.000–5.000 | 0,7 | 2,0 |
| | 500 – < 1.000 | 1,0 | keine Vorgaben |
| Tropfkörperanlagen | 1.000 – < 10.000 | 1,4 | 2 |
| Belebungsanlagen, Teich-, Pflanzenkläranlagen oder sonstige | < 500 | kritische Prüfung der Einrichtung einer P-Fällung hinsichtlich Kosten und Nutzen keine Vorgabe von Zielwerten | |
| *) in begründeten Einzelfällen | | | |
| Belebungsanlagen mit Flockungsfiltration oder Verfahren mit mindestens gleichwertiger Reinigungsleistung | > 10 000 | 0,15–0,2 | 0,3–0,4 |

*Tabelle 1: $P_{ges}$-Mindestzielwerte für Kläranlagen an p1-WK [2]*

Pfalz zu identifizieren. Im Gegensatz zu einer frachtbasierten Emissions- und Immissionsbetrachtung fokussiert sich diese Arbeit auf die potenziell möglichen $C_{AN}$ von Belebungsanlagen zur Validierung der vom MUEEF mit dem Schreiben vom 10. Januar 2019 geforderten Ablaufwerte.

## 3 Vorgehensweise

Die Auswertung basiert auf den Selbstüberwachungsberichten des Jahres 2018 der Kläranlagen an p1-WK in Rheinland-Pfalz. Die durchzuführenden Untersuchungen, Untersuchungsmethoden, die Berichtsart sowie Art und Umfang der Überwachung sind in der Landesverordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen [3] festgelegt. Dabei lagen die $C_{P,AN}$ in der qualifizierten Stichprobe (qStP), 2-Stunden-Mischprobe (2-h-MP) oder 24-Stunden-Mischprobe (24-h-MP) und die AFS-Ablaufkonzentrationen in der Stichprobe als Jahresmittelwerte berechnet aus den Monatsmittelwerten für jede Kläranlage vor.

Aufgrund der hohen Schwankungsbreite der Werte wird ausschließlich der Median verwendet, da der Mittelwert zu

stark durch sehr hohe $C_{AN}$ dominiert und folglich nicht aussagekräftig ist.

Zur Bewertung des Ablaufs von Belebungsanlagen an p1-WK wurden die $C_{P,AN}$, gemessen in der qStP und 2-h-MP, mit den im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 aufgeführten $P_{ges}$-Bescheidswerten verglichen. Weiterhin wurden die $C_{P,AN}$ aus der 24-h-MP den im Schreiben genannten Betriebsmittelwerten gegenübergestellt. Diese Betriebs- bzw. Jahresmittelwerte sind aus der hochgerechneten Jahresfracht, ermittelt aus den Ablaufkonzentrationen in den Einzelmessungen im Rahmen der Selbstüberwachung und der korrespondierenden Abwassermenge, dividiert durch die jährliche Gesamtabwassermenge zu bestimmen [2]. Folglich soll durch die Einführung des Betriebs- bzw. Jahresmittelwertes eine Beurteilung der ganzjährlichen, approximierten Gewässerbelastung ermöglicht werden. Da im Rahmen der Selbstüberwachung 2018 diese Betriebs- bzw. Jahresmittelwerte noch nicht vorlagen, wird hier ein Vergleich mit den Konzentrationen gemessen in der 24-h-MP vorgenommen. Während die qStP und die 2-h-MP die Konzentration innerhalb eines begrenzten Zeitraums und somit in einem situativen Moment darstellen, zeigt die 24-h-MP eine „wirklichkeitsnähere Darstellung der eingeleiteten Schadstofffracht“ [4, §2 AbwV, Rn.3] und kann somit hinsichtlich der Aussagekraft des Betriebs- bzw. Jahresmittelwertes verglichen werden. Dabei ist zu beachten, dass sich quantitativ aufgrund der geforderten frachtbasierten Berechnung des Betriebsmittelwerts eine Abweichung gegenüber dem Jahresmittelwert der Konzentration aus der 24-h-MP ergeben kann.

## 4 Auswertung der Messungen im Rahmen der Selbstüberwachung 2018

### 4.1 Entwicklung der $P_{ges}$-Zulauf- und Ablauffrachten rheinland-pfälzischer Kläranlagen

Die Abwasserbehandlung in Rheinland-Pfalz hat bereits einen hohen Standard erreicht. Wie Abbildung 1 zeigt, konnten die Gesamtphosphorzulauf- wie auch die Ablauffrachten der Kläranlagen in den letzten Jahren gesenkt werden. Die Reduzierung der Gesamtphosphorzulauffrachten ($P_{ges}$-Zulauffrachten) kann auf die Maßnahmen an der Quelle, wie beispielsweise der Umsetzung der Detergenzienverordnung [5] am 1. Januar 2017 zur Verminderung des Phosphorgehaltes in Maschinengeschirrspülmitteln, zurückgeführt werden. Einerseits wird deutlich, dass 55 % der $P_{ges}$-Zulauffracht in Rheinland-Pfalz den Kläranlagen der Größenklasse (GK) 4 zufließt und diese wiederum für 47 % der Ablauffrachten verantwortlich sind. Andererseits werden 19 % der rheinland-pfälzischen $P_{ges}$-Zulauffrachten in Kläranlagen der GK 1, 2 und 3 eingeleitet, welche jedoch einen Anteil von 39 % der gesamten rheinland-pfälzischen $P_{ges}$-Ablauffracht emittieren.

### 4.2 Charakterisierung der Kläranlagen an p1-Wasserkörpern

Verteilung der Reinigungsverfahren der Kläranlagen an p1-WK

Insgesamt liegen 595 der 670 kommunalen Kläranlagen (ohne Kleinkläranlagen) in Rheinland-Pfalz an den sogenannten p1-WK. Der Großteil dieser Anlagen an p1-WK zählt zu den Belebungsanlagen (79,2 %, 471 Anlagen). 10,4 % bzw. 62 Anlagen sind Abwasserteichanlagen, die belüftet oder unbelüftet und teilweise mit Biofilmreaktor betrieben werden. Die restlichen 10,4 % teilen sich auf in Pflanzenkläranlagen (4,4 %, 26 Anlagen), Tropfkörperanlagen (3,5 %, 21 Anlagen) und Tauchkörperanlagen (2,5 %, 15 Anlagen). Im Weiteren werden nur die 471 Belebungsanlagen an p1-WK näher betrachtet.

Verteilung der Größenklassen der Belebungsanlagen an p1-WK

Mehr als die Hälfte dieser Belebungsanlagen gehören zu der GK 1 und 2. Folglich sind in der Anzahl an p1-WK überwiegend kleinere Belebungsanlagen der GK 1, 2 und 3 mit einer Ausbaugröße kleiner als 10 000 EW anzutreffen. Die Belebungsanlagen der GK 4, die in ganz Rheinland-Pfalz den Großteil der gesamten Abwassermenge reinigen, ist allerdings mit rund einem Drittel der Anlagen an den p1-WK vertreten. Sieben der insgesamt neun Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von über 100 000 EW leiten ihr Abwasser in p1-WK ein (Abbildung 2).

### 4.3 Verteilung der $P_{ges}$-Bescheidswerte von Belebungsanlagen an p1-Wasserkörpern

Alle Belebungsanlagen an p1-WK mit Ausnahme einer Anlage haben bereits Vorgaben für die Einleitung des gereinigten Abwassers hinsichtlich des Parameters $P_{ges}$. Die Abwasserverordnung (AbwV), in der die Mindestanforderungen an den Ablauf kommunaler Kläranlagen festgeschrieben sind, ist damit bereits übertroffen, denn sie stellt bislang nur an Kläranlagen der GK 4 und 5 Anforderungen an das Abwasser für die Einleitungsstelle hinsichtlich dieses Parameters. Die Abwasserbe-

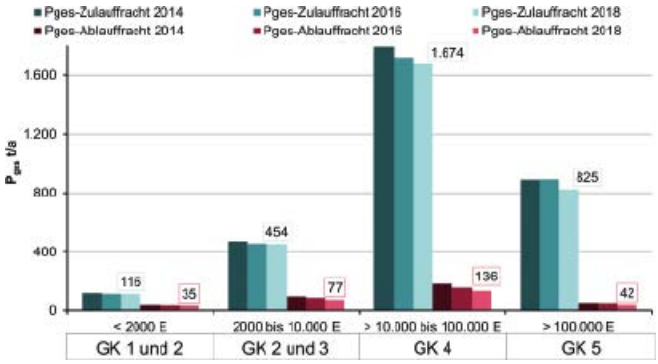



*Abb. 1: Entwicklung der $P_{ges}$-Zulauf- und Ablauffrachten von Kläranlagen in ganz Rheinland-Pfalz (Daten aus [6, 7]) Charakterisierung der Kläranlagen an p1-Wasserkörpern*

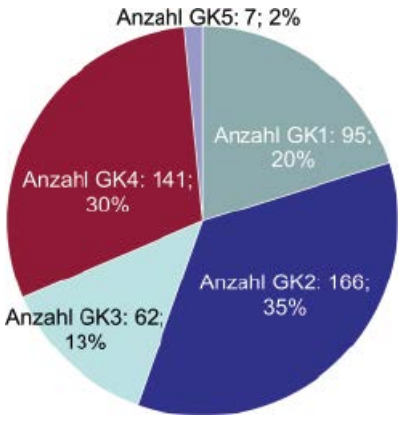



*Abb. 2: Verteilung der GK der Belebungsanlagen an p1-WK*

handlungsanlagen der GK 4 haben nach Anhang 1 Teil C der AbwV Überwachungswerte von 2,0 mg $P_{ges}$/L und der GK 5 von 1,0 mg $P_{ges}$/L im Ablauf einzuhalten [8]. Abbildung 3 zeigt die Verteilung der Bescheidswerte innerhalb der einzelnen Größenklassen und aller Belebungsanlagen an p1-WK.

Mehr als ein Drittel aller Belebungsanlagen an p1-WK haben $P_{ges}$-Bescheidswerte über 2,0 mg/L, und ein weiterer Anteil von über einem Drittel hat $P_{ges}$-Bescheidswerte zwischen 1,5 und 2,0 mg/L. An die rheinland-pfälzischen Kläranlagen der GK 1, 2 und 3 werden mit $P_{ges}$-Bescheidswerten von überwiegend größer als 1,5 mg/L bereits Anforderungen gestellt, die in der Abwasserverordnung bislang nicht gefordert werden. Knapp 50 % der Belebungsanlagen der GK 2 und 74 % der GK 3 müssen bereits $P_{ges}$-Bescheidswerte der GK 4 von 2,0 mg/L und strengere Werte einhalten. Es wird darüber hinaus ebenfalls deutlich, dass einzelne Anlagen der GK 1, 2 und 3 für diese Ausbaugröße vergleichsweise strenge $P_{ges}$-Bescheidswerte von 1,0 mg/L, die laut Abwasserverordnung für die GK 5 gelten, erfüllen müssen. Auch die Hälfte der Kläranlagen der GK 4 müssen bereits Überwachungswerte von bis zu 1,5 mg/L einhalten. Darunter zählen ebenfalls zwei Kläranlagen der GK 4 mit Grenzwerten von 0,5 mg/L bzw. 0,7 mg/L.

Insgesamt sind bereits bei 40 % der Belebungsanlagen an p1-WK die im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 genannten $P_{ges}$-Bescheidswerte ohne die Berücksichtigung der begründeten Einzelfälle in den jeweiligen Bescheiden festgeschrieben. Dabei haben ohne die Berücksichtigung von begründeten Einzelfällen bereits 47 % der Belebungsanlagen der GK2,

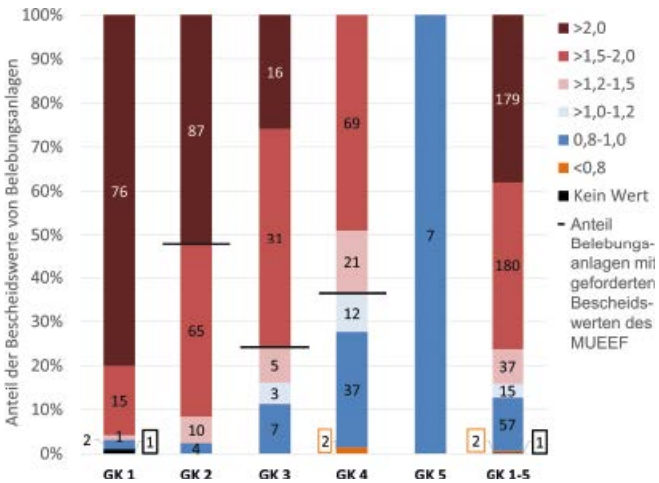



*Abb. 3: Verteilung der $P_{ges}$-Bescheidswerte der Belebungsanlagen an p1-WK*

24 % der GK 3 und 36 % der GK 4 die vom MUEEF geforderten Bescheidswerte.

### 4.4 $P_{ges}$-Ablaufkonzentrationen in der qualifizierten Stichprobe bzw. 2-Stunden-Mischprobe und Unterschreitung der $P_{ges}$-Bescheidswerte

In Tabelle 2 sind die medianen $C_{P,AN}$ in der qStP und 2-h-MP innerhalb von bestimmten Wertebereichen der Bescheidswerte

| $P_{ges}$-Bescheidswertebereich [mg/L] | GK | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 bis 5 |
| | $P_{ges}$-Ablaufwert in der qStP / 2-h-MP [mg/L] | | | | | |
| < 0,8 | | | | 0,25 | | 0,25 |
| 0,8–1,0 | 0,23 | 0,53 | 0,41 | 0,38 | 0,40 | 0,39 |
| > 1,0–1,2 | | | 0,35 | 0,41 | | 0,41 |
| > 1,2–1,5 | 0,80 | 0,60 | 0,75 | 0,55 | | 0,52 |
| > 1,5–2,0 | 1,11 | 0,70 | 0,73 | 0,67 | | 0,70 |
| > 2,0 | 1,14 | 1,47 | 1,10 | | | 1,35 |
| im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 genannter $P_{ges}$-Bescheidswert | keine Vorgaben im Rundschreiben | 2,0 | 1,5 | 1,0–1,2 | 0,8–1,0 | |

*Tabelle 2: Mediane der $C_{P,AN}$ gemessen in der qStP und 2-h-MP von Belebungsanlagen an p1-WK (Die Werte der GK 1 beschränken sich auf die Ausbaugröße von 500 EW bis < 1000 EW)*

aufgeführt. Dabei wird deutlich, dass kleinere als auch mittlere Belebungsanlagen der GK 2 bis 3 bereits im Jahresmittel $C_{P,AN}$ von 0,75 mg/L und niedriger erreichen. Auch Belebungsanlagen der GK 1 mit einer Ausbaugröße von mindestens 500 EW weisen mittlere $C_{P,AN}$ von 0,8 mg/L in der qStP auf. Somit zeigt sich, dass die Anforderungen an die GK 5 von 1,0 mg/L nach Abwasserverordnung im Median auch von Belebungsanlagen mit wesentlich kleineren Ausbaugrößen unterschritten werden können. Des Weiteren haben auch Anlagen mit einer geringeren Ausbaugröße ähnliche bis niedrigere $C_{P,AN}$ als größere Belebungsanlagen mit gleichen Anforderungen hinsichtlich ihrer Bescheidswerte. Insgesamt haben 67 % der Belebungsanlagen ungeachtet ihrer GK an p1-WK eine mittlere $C_{P,AN}$ von höchstens 1,0 mg/L.

**Mineralische Beschichtung für Regenüberlaufbecken**

- Sehr gut zu reinigen
- Geringe Verschmutzungsneigung
- Dauerhaft wasserbeständig
- Rissüberbrückend (- 20 °C): Klasse B 3.1 und A3 (0,5 mm) gemäß DIN EN 1062-7

**StoCretec GmbH**
Gutenbergstraße 6
D-65830 Kriftel
T 06192 401104
stocretec@sto.com
www.stocretec.de

sto StoCretec
Bewusst bauen.

Die medianen $C_{P,AN}$ der Belebungsanlagen an den p1-WK in den jeweiligen GK sind niedriger als die vom Land Rheinland-Pfalz vorgegebenen, anzustrebenden $P_{ges}$-Bescheidswerte. Bezogenen auf die einzelnen Anlagen konnte festgestellt werden, dass 91 % der durchschnittlichen Ablaufkonzentrationen im Jahr 2018, die im Rahmen der Selbstüberwachung übermittelt und aus den Messungen in der qStP und 2-h-MP resultieren, unter den in dem Rundschreiben genannten $P_{ges}$-Bescheidszielwerten liegen.

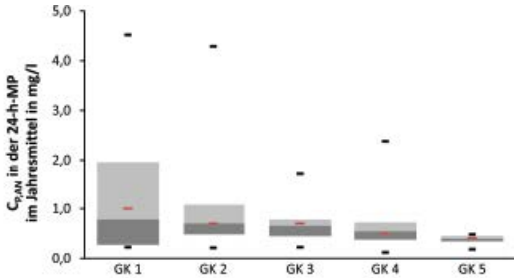
Das Arbeitsblatt DWA-A 131 zur Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen empfiehlt eine Unterschreitung des $P_{ges}$-Überwachungswerts von 30–40 % [9], damit die Bescheidswerte sicher eingehalten werden können. Die Jahresmittelwerte der $C_{P,AN}$ in der qStP bzw. 2-h-MP der rheinland-pfälzischen Belebungsanlagen an den p1-WK unterschreiten ihren jeweiligen Bescheidswert um im Median 60 %.

### 4.5 $P_{ges}$-Ablaufkonzentrationen in der 24-Stunden-Mischprobe von Belebungsanlagen an p1-Wasserkörpern und Einhaltung der Mindestzielwerte

Des Weiteren werden die $C_{P,AN}$ in der 24-h-MP den $P_{ges}$-Mindestzielwerten für den Betriebsmittelwert gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass diese Messungen bei weniger als der Hälfte der betrachteten Belebungsanlagen vorlagen (n = 224), sodass hier eine wesentlich geringe Anzahl von Kläranlagen bewertet wird, als dies vorangehend bei der Betrachtung der $C_{P,AN}$ in der qStP bzw. 2-h-MP (n = 460) der Fall ist. Weitere vier Belebungsanlagen der GK1 mit 24-h-MP wurden hier nicht in den Vergleich miteinbegriffen, da deren Ausbaugröße kleiner als 500 EW ist. Die im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 genannten Bescheids- und Betriebsmittelwerte finden nur für Belebungsanlagen mit einer Ausbaugröße von mindestens 500 EW Anwendung. Für die Anlagen mit weniger als 500 EW ist im Einzelfall auf der Grundlage der örtlichen Randbedingungen zu entscheiden, ob die Festlegung von Mindestzielwerten verhältnismäßig ist.

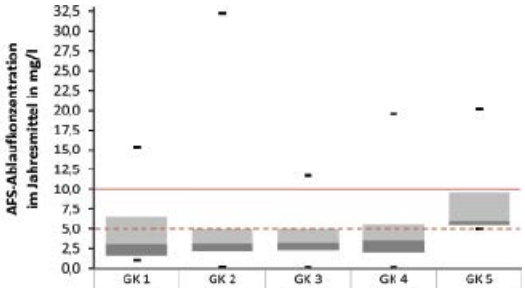
Abbildung 4 zeigt, dass die $C_{P,AN}$ in der 24-h-MP der hier betrachteten Belebungsanlagen der GK 1, 2, 3 und 5 im Median bzw. der Belebungsanlagen der GK 4 im 25 %-Quantil gleich hoch oder niedriger sind als die im Rundschreiben genannten $P_{ges}$-Betriebsmittelwerte. Dies zeigt, dass die vorliegende Technik der entsprechenden Anlagengrößen es zulässt, die Mindestzielwerte zu erreichen und teilweise deutlich zu unterschreiten.

Kleinere Belebungsanlagen der GK 1 und 2 weisen innerhalb ihrer GK eine größere Schwankungsbreite des mittleren




| | GK 1 | GK 2 | GK 3 | GK 4 | GK 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Maximum | 4,52 | 4,29 | 1,70 | 2,38 | 0,48 |
| 75%-Quantil | 1,96 | 1,08 | 0,78 | 0,73 | 0,45 |
| Median | 0,78 | 0,70 | 0,66 | 0,54 | 0,39 |
| 25%-Quantil | 0,27 | 0,48 | 0,45 | 0,38 | 0,34 |
| Minimum | 0,22 | 0,21 | 0,22 | 0,12 | 0,18 |
| Pges-Mindestzielwerte für den Betriebsmittelwert der Kläranlagen an p1-Gewässern | 1 | 0,7 | 0,7 | 0,5 | 0,4 |
| Anzahl der Kläranlagen, bei denen Messungen in der 24-h-MP vorliegen | 8 | 50 | 24 | 131 | 7 |

*Abb. 4: Statistische Kenngrößen der Jahresmittelwerte der $C_{P,AN}$ gemessen in der 24-h-MP von Belebungsanlagen an p1-WK aufgeteilt nach GK (Die Werte der GK 1 beschränken sich auf die Ausbaugröße von 500 EW bis < 1000 EW)*




| | GK 1 | GK 2 | GK 3 | GK 4 | GK 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Maximum | 15,37 | 32,25 | 11,73 | 19,58 | 20,20 |
| 75%-Quantil | 6,56 | 4,95 | 5,00 | 5,63 | 9,58 |
| Median | 3,00 | 3,07 | 3,20 | 3,61 | 6,02 |
| 25%-Quantil | 1,67 | 2,17 | 2,29 | 2,05 | 5,49 |
| Minimum | 1,12 | 0,16 | 0,10 | 0,10 | 4,97 |
| Anzahl Kläranlagen mit AFS-Messungen | 23 | 156 | 57 | 135 | 7 |
| Anzahl Kläranlagen < 5mg AFS/l | 15 | 118 | 41 | 95 | 1 |
| Anzahl Kläranlagen 5-10 mg AFS/l | 5 | 24 | 13 | 32 | 4 |
| Anzahl Kläranlagen > 10 mg AFS/l | 3 | 14 | 3 | 8 | 2 |

*Abb. 5: Statistische Kenngrößen der AFS-Ablaufkonzentrationen (rote durchgezogenen Linie: AFS-Konzentration von 10 mg/l, rote gestrichelte Linie: AFS-Konzentration von 5 mg/l)*

$C_{P,AN}$ im Vergleich zu größeren Anlagen der GK 3 bis 5 auf. Bei kleineren Belebungsanlagen der GK 1 und 2 könnten hier Optimierungspotenziale mit geringem betrieblichen und monetärem Aufwand im Bereich der Implementierung einer ersten gezielten Phosphorelimination und Verbesserung der bestehenden Technik ausgeschöpft werden. Die größere Schwankungsbreite der $C_{P,AN}$ in der 24-h-MP der hier analysierten Belebungsanlagen der GK 4 gegenüber derer der GK 3 und 5 könnte aus der größeren Anzahl der beprobten Anlagen und auch aus der großen Bandbreite der Ausbaugrößen von über 10 000 bis 100 000 EW innerhalb dieser GK resultieren. Deutlich wird hingegen, dass die untersuchten Belebungsanlagen der GK 3 und 4 sich im 75 %-Quantil nicht merklich unterscheiden. Dies zeigt den in vielen Fällen bereits guten Stand der Phosphorelimination bei den kleineren Anlagen der GK 3 auf.

### 4.6 Ablaufkonzentrationen der abfiltrierbaren Stoffe

Phosphor liegt im Ablauf der Nachklärung in partikulärer und gelöster Form vor. Der gelöste Phosphor besteht aus einem größeren Anteil aus ortho-Phosphat, das chemisch fällbar und reaktiv ist, und einem kleineren Anteil aus schwer abbaubaren, organischen Phosphorverbindungen, die nicht reaktiv sind. Der partikuläre Phosphor kann mithilfe der $C_{AN}$ der AFS und Literaturwerten zum Phosphorgehalt in den AFS (0,012 mg $P_{ges}$/L bis 0,04 mg $P_{ges}$/L in 1 mg AFS/l [9]) quantifiziert werden. Hohe Anteile an ortho-Phosphat können auf eine unzureichende Fällung hindeuten, während ein hoher AFS-Ablaufwert auf eine schlechte Abtrennung des Schlamms in der Nachklärung hinweist.

Eine Abwasserfiltration nach der biologischen Reinigung, zum Beispiel durch Raumfilter oder Scheibenfilter, kann eine AFS-Konzentration von unter 5 mg/L im Ablauf erreichen [10, 11]. Im Ablauf von der Nachklärung gelten 10 mg AFS/L als gering [10].

Da keine korrespondierenden Messungen des AFS und der Phosphorkonzentrationen vorlagen, kann hier der Anteil des partikulären und gelösten Phosphors an dem Gesamtphosphor nicht stichhaltig berechnet werden. Dennoch soll mithilfe der Bewertung der AFS-Ablaufkonzentrationen die Funktionsfähigkeit der Nachklärung von rheinland-pfälzischen Belebungsanlagen bewertet werden. In Abbildung 5 sind die statistischen Kenngrößen der AFS-Ablaufkonzentrationen der rheinland-pfälzischen Belebungsanlagen an p1-WK aufgeführt.

Die AFS-Ablaufkonzentrationen aller GK weisen eine hohe Schwankungsbreite auf. Jedoch erreichen 75 % der Belebungs-

MECANA
A Metawater Company
SEIT 1964 SINCE
Schlussfiltration – Mikroplastikrückhalt
Vierte Reinigungsstufe – P Elimination
**Polstofffiltration** ist eine günstige und effiziente Alternative gegenüber der Sandfiltration und Mikrosiebe. Mecana forscht auf diesem Gebiet schon seit 25 Jahren und hat zahlreiche Anlagen weltweit geliefert.
Die Mecana Versuchsanlagen sind dafür konzipiert die Technologie unter realen Bedingungen zu testen um unseren Kunden die maximale Investitionssicherheit zu gewährleisten. Die letzte Generation unserer OptiFiber® eignet sich für die verschiedensten Anwendungen, von Schlussfiltration über Phosphorelminination bis hin zu vierter Reinigungsstufe.

Mecana: kompetente Beratung
kombiniert mit robuster Anlagentechnik!
Mecana Umwelttechnik GmbH www.optifibermedia.com
CH-8864 Reichenburg | T +41 55 464 12 00 | www.mecana.ch | info@mecana.ch

anlagen aller GK eine AFS-Ablaufkonzentration von unter 10 mg/L, was auf eine gut funktionierende Nachklärung hindeutet. Nur einzelne Kläranlagen zeigen AFS-Ablaufkonzentrationen von über 10 mg/L, hier insbesondere die der GK 2 (14 Anlagen) und GK 4 (8 Anlagen). Darüber hinaus erreichen die hier betrachteten Belebungsanlagen in der GK 1 und 4 bereits im Median und in der GK 2 und 3 überdies im 75 %-Quantil AFS-Ablaufkonzentrationen von unter 5 mg/L, was der Ablaufqualität einer Abwasserfiltration entspricht. Diese umfassen insgesamt ca. 70 % (n = 270) der Belebungsanlagen, bei denen Messungen durchgeführt wurden. Gegenüber den Belebungsanlagen der GK 1 bis 4 weisen die GK 5 tendenziell höhere Werte auf, die zum Großteil im Bereich zwischen 5 und 10 mg/L streuen und somit als zufriedenstellend für den Ablauf einer Nachklärung bewertetet werden können.

## 5 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der dominierende Anteil der Kläranlagen an p1-WK gehört zu den GK 1 bis 3, die in der gesamt-rheinland-pfälzischen Betrachtung zwar einen kleinen Anteil der $P_{ges}$-Rohabwasserfracht behandeln, jedoch im Durchschnitt eine geringere Reinigungsleistung als die größeren Kläranlagen aufweisen und dadurch einen maßgeblichen Anteil der $P_{ges}$-Ablauffracht in die Gewässer emittieren.

Die Belebungsanlagen an den p1-WK haben flächendeckend Anforderungen an den Parameter Gesamtphosphor zu erfüllen. Im Gegensatz zu den Vorgaben der AbwV werden auch an die Belebungsanlagen der GK 1 bis 3 in Rheinland-Pfalz bereits Anforderungen gestellt. Zum Teil wurden in diesen kleinen GK die Bescheidswerte zur Reduzierung der Abwasserabgabe soweit heraberklärt, dass sie unter denen der AbwV für die GK 4 und 5 liegen. 40 % der Belebungsanlagen an p1-WK haben bereits die im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 aufgeführten, strengeren Bescheidswerte.

Der Vergleich der $C_{P,AN}$ in der qStP bzw. 2-h-MP in Abhängigkeit von deren Bescheidswerten zeigt, dass die $C_{P,AN}$ im Jahresmittel sich teilweise trotz unterschiedlicher Ausbaugröße nur geringfügig unterscheiden. Teilweise wiesen die kleineren Belebungsanlagen der GK 1 bis 3 niedrigere mittlere $C_{P,AN}$ gegenüber größeren Anlagen bei gleichen Anforderungen auf. Des Weiteren werden die für die jeweilige Kläranlage genannten Bescheidswerte durchschnittlich um 60 % unterschritten.

Im zweiten Schritt wurden die mittleren $C_{P,AN}$ in der 24-h-MP mit den im Schreiben des MUEEF vom 10. Januar 2019 genannten $P_{ges}$-Betriebsmittelwerten gegenübergestellt. Die hier untersuchten kleineren Belebungsanlagen der GK 1 bis 3 an den p1-WK mit Messungen in der 24-h-MP und die Anlagen der GK 5 weisen im Median niedrigere $C_{P,AN}$ als die angestrebten Werte auf. Dieser vom MUEEF genannte Mindestzielwert wurde von den Belebungsanlagen der GK 4 nur im 25 %-Quantil des $C_{AN}$ im Jahresdurchschnitt unterschritten. Die große Schwankungsbreite insbesondere die teilweisen hohen $C_{P,AN}$ der kleinen Belebungsanlagen der GK 1 und 2 deutet auf Verbesserungspotenziale hinsichtlich einer ersten Implementierung einer Phosphorelimination oder einer Optimierung der bestehenden Technik hin. Gleichermaßen treten große Schwankungsbreiten der mittleren $C_{P,AN}$ von Belebungsanlagen an p1-WK bei der GK 4 auf. Hier liegen ebenfalls Optimierungspotenziale, die insbesondere hinsichtlich des größten Anteils der GK 4 an der emittierten Fracht genutzt werden sollten.

Es zeigen sich nur vereinzelt auffällig hohe AFS-Ablaufkonzentrationen bei Belebungsanlagen an p1-WK. Diese erreichen in den GK 1 bis 4 im Median bereits AFS-Ablaufkonzentrationen, welche vergleichbar mit denen einer Abwasserfiltration sind. Auch die GK 5 zeigt AFS-Ablaufkonzentrationen im Bereich von gut funktionierenden Nachklärbecken von unter 10 mg AFS/l.

## 6 Fazit und Ausblick

Die hier angefertigte Auswertung der $C_{P,AN}$ von Belebungsanlagen an p1-WK des Landes Rheinland-Pfalz zeigt, dass diese die Vorgaben der Abwasserverordnung teilweise weit unterschreiten. Es wird gezeigt, dass mit einer optimierten Fällung in vielen Fällen für den Parameter Phosphor strengere Werte eingehalten werden können als die im wasserrechtlichen Bescheid bislang festgelegten Anforderungen. Es ist erforderlich, diese Potenziale auszuschöpfen. Ein besonderes Optimierungspotenzial zeigt sich bei kleinen Belebungsanlagen insbesondere der GK 1 und 2, die voraussichtlich durch einfache Maßnahmen der ersten Implementierung einer Phosphorelimination oder der Optimierung der bestehenden Technik ihre $C_{P,AN}$ senken können. Weiterhin sollten die Belebungsanlagen der GK 4 aufgrund ihrer Bedeutung als größter Phosphoremittent im Bereich der Punktquellen und der hier aufgezeigten Verbesserungspotenzialen Maßnahmen ergreifen.

Im Rahmen der Optimierung der Phosphorelimination sollten die Anteile des gelösten und partikulären Phosphors im Ablauf der Nachklärung analysiert und betrachtet werden. Ein erhöhter Anteil an gelöstem Phosphor weist auf eine unzureichende Fällung bzw. eine unzureichende Überführung des gelösten in partikulärem Phosphor hin, worauf die Fällung zu verbessern ist. Bei einem erhöhten Anteil an partikulärem Phosphor bzw. hohen AFS-Ablaufkonzentrationen ist der Schlammrückhalt bzw. die Nachklärung zu betrachten. Mit Durchführung eines Messprogrammes zur Ermittlung der P-Fraktionen im Vorfeld der Planung können Maßnahmen zur Senkung der $C_{AN}$ passgenau gefunden werden und so eventuelle Investitionen gezielt getätigt werden. Auch bei technisch bereits optimierten Anlagen lohnt sich die Fraktionierung, um die installierte Anlagentechnik optimal betreiben zu können.

WASSER ▾ BODEN ▾ LUFT
Analytische Untersuchungen und beratende Leistungen
envilab
ANALYTIK AUS LEIDENSCHAFT
ENVILAB AG
Mühlethalstrasse 25, CH-4800 Zofingen
+41 62 745 70 50, www.envilab.ch

Weiterhin besteht Forschungsbedarf hinsichtlich der Entwicklung innovativer Verfahren zur weitergehenden, energieeffizienten Phosphorelimination gerade für kleinere Kläranlagen der GK 1, 2 und 3. Insbesondere in Bezug auf ihre Lokalisation im ländlichen Raum und der teilweise nicht dauerhaften Besetzung mit Betriebspersonal sind hier Steuerungs- und Regelungstechniken zu entwickeln, die diesen Umständen gerecht werden.

Infolge des Klimawandels werden vermehrt Niedrigwassersituationen in Flüssen auftreten. Folglich sind weitere Anstrengungen zur Senkungen der emittierten Frachten in die Gewässer notwendig.

Demgegenüber steht die Senkung des Energieverbrauches von Kläranlagen im Dienste des Klimaschutzes. Beispielsweise würde die vermehrte Implementierung von Flockungsfiltrationen den Energieverbrauch aufgrund des erhöhten Stromverbrauchs der Pumpen zum Heben des Abwassers erhöhen. Daher sollten Kläranlagenbetreiber zunächst versuchen, die $C_{P,AN}$ durch Verbesserung im Bestand oder durch die Implementierung einer Zwei-Punkt-Fällung auf ein Minimum zu reduzieren. Dabei sollte bei der Planung der Phosphorelimination bereits die zukünftige Phosphorrückgewinnung mit bedacht werden, um hier Handlungsfelder offen zu lassen.

Durch die bereits vielfach diskutierte Einführung einer vierten Reinigungsstufe zur Spurenstoffelimination auf Kläranlagen und somit eine Implementierung von Reinigungstechniken wie einer Ozonierung oder einer Stufe zur Behandlung mit Aktivkohle wird es zukünftig auch vermehrt zum Ausbau von Kläranlagen mit Abwasserfiltern zur Nachbehandlung kommen, die auch zur weitergehenden Phosphorelimination genutzt werden können. Durch den vermehrten Rückhalt von partikulärem Phosphor in der Abwasserfiltration oder die bewusste Nutzung der Filter zur Flockungsfiltration werden sich Synergieeffekte zwischen Spurenstoffelimination und Phosphorelimination ergeben. Hier sind bei der Planung einer vierten Reinigungsstufe beide Zielstellungen – Spurenstoffelimination und vermehrte Phosphorelimination – zu berücksichtigen.

## Literatur


[1] Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (Oberflächengewässerverordnung – OGewV) vom 20. Juni 2016 (*BGBl. I*, S. 1373)

[2] Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz: Maßnahmen im kommunalen Abwasserbereich zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL); Reduzierung der Phosphoreinträge aus Kläranlagen, 2019, Mainz

[3] SÜVOA: Landesverordnung über die Selbstüberwachung von Abwasseranlagen vom 27. August 1999 (*GVBl.* S. 211), die zuletzt durch § 137 des Gesetzes vom 14. Juli 2015 (*GVBl.* S. 127) geändert worden ist

[4] Zöllner: §2 Vorb AbwV Anh II 57.1. (Stand: Februar 2017), in: Siedler, Zeitler, Dahme (Hrsg.), Wasserhaushaltsgesetz und Abwasserabgabengesetz, Kommentar, Band II, C. H. Beck, Nördlingen, 2019

[5] Verordnung (EU) Nr. 259/2012 vom 14. März 2012 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 648/2004 in Bezug auf die Verwendung von Phosphaten und anderen Phosphorverbindungen in für den Verbraucher bestimmten Waschmitteln und Maschinengeschirrspülmitteln (*ABl.* L 94, S. 16)

[6] Landesamt für Umwelt: *Stand der Abwasserbeseitigung in Rheinland-Pfalz*, Lagebericht 2016, Mainz, 2017

[7] Landesamt für Umwelt: *Stand der Abwasserbeseitigung in Rheinland-Pfalz*, Lagebericht 2018, Mainz, 2019

[8] Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserverordnung – AbwV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004 (*BGBl. I*, S. 1108, 2625), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 22. August 2018 (*BGBl. I*, S. 1327) geändert worden ist

[9] DWA-A 131: *Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen*, Hennef, 2016

[10] DWA-A 203: *Abwasserfiltration durch Raumfilter nach biologischer Reinigung*, Hennef, 2019

[11] Huber SE (Hrsg.): *Steigerung der Ablaufqualität der Kläranlage Altötting mittels Huber RoDics Scheibenfilter*, 2020, *https://www.huber.de/de/huber-report/praxisberichte/rechen-und-siebe/steigerung-der-ablaufqualitaet-der-klaeranlage-altoetting-mittels-huber-rodiscr-scheibenfilter.html*, zuletzt geprüft am 1. April 2020


## Autoren


*Dipl.-Ing. Kathrin Münch, Dipl.-Ing. Thomas Jung*
*Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung und Forsten des Landes Rheinland-Pfalz*
*Abteilung 3 Wasserwirtschaft*
*Referat 35a Abwasser, anlagenbezogener Gewässerschutz – Kommunalabwasser*
*Kaiser-Friedrich-Straße 1, 55116 Mainz*

*E-Mail: Kathrin.Muench@mueef.rlp.de*

*Dipl.-Ing. (FH) Frank Angerbauer*
*Landesamt für Umwelt des Landes Rheinland-Pfalz*
*Abteilung 5 Gewässerschutz*
*Referat 55 Abwasser*
*Kaiser-Friedrich-Straße 7, 55116 Mainz*