

Praxisforum der Dresdner Abwassertagung 2026

Praxisleitfaden zur Bewertung und Optimierung der Phosphorelimination

Elina Hiess, Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft, TU Dresden

Dresden, 25.03.2026

Gliederung

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen
2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool
3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb





1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

Amblett der Europäischen Union DE
Recht L
12.12.2024

2024/3019
RICHTLINIE (EU) 2024/3019 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 27. November 2024 über die Behandlung von kommunalem Abwasser

(Text von Rechts)

LANDESAMT FÜR UMWELT, LANDWIRTSCHAFT UND GEOLOGIE Freistaat SACHSEN

Minderung von Phosphoreinträgen in Gewässer

Das EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union, auf Vorschlag der Europäischen Kommission, nach Zuleitung des Entwurfs des Gesetzgebungsakts an die nach Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialrats, nach Stellungnahme des Ausschusses der Regionen (1), gemäß dem ordentlichen Gesetzgebungsverfahren (2), in Erwägung nachstehender Gründe:

(1) Die Richtlinie 91/271/EWG des Rates (3) ist mehrfach geändert worden, im Rahmen der anstehenden Änderungen (4).

(2) Wasser ist ein elementares Gut von allen und für natürliche Ressourcen muss es in drei Dimensionen – geschlechtlich und behandelt werden.

den Kontrast einer Gesundheit, die darauf abzielt, darauf abzielt, ein ausgeglichenes Verhältnis zu bringen beitragen, insbesondere wenn kommunales Abwasser die Trinkwasserversorgung genutzt werden, sowie Parameter dient, die für die öffentliche Gesundheit von Bedeutung sind, und zu wichtigen Informationen über die Qualität des kommunalen Abwassers beitragen können. Strategische und Maßnahmen zur Ausweitung der Überwachung zu verstärken, insbesondere die Überwachung, wobei die Digitalisierung optimales Instrument zur Verbesserung der Überwachung des Abwasserstandes, insbesondere durch eine weitere

(1) ARK C 144 vom 17.4.2023, S. 15.
(2) ARK C 2/2023/106, 14.10.2023, 121 <http://data.europa.eu/eli/consolidation/2024/3019>
(3) Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Abwasserbehandlung.
(4) Siehe Anhang VIII Teil A.
(5) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1), die zuletzt durch die Richtlinie 2014/101/EU (ABl. L 311 vom 31.10.2014, S. 32) geändert worden ist.

ELI: <http://data.europa.eu/eli/dir/2024/3019/q>

Novellierung der Europäischen Kommunalabwasserrichtlinie (2024)

Sächsischer Erlass zur weitergehenden Phosphorelimination auf Kläranlagen (2024)

Ein Service des Bundesministeriums der Justiz sowie des Bundesamts für Justiz - www.gesetze-im-internet.de

Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer¹ (Oberflächengewässerverordnung - OGW)

OGW

Ausfertigungsdatum: 20.06.2016

Vollzitat:

Oberflächengewässerverordnung vom 20. Juni 2016 (BGBl. I S. 1373), die zuletzt durch Artikel 2 Absatz 4 des Gesetzes vom 9. Dezember 2020 (BGBl. I S. 2873) geändert worden ist

Stand: Zuletzt geändert durch Art. 2 Abs. 4 G v. 9.12.2020 | 2873
Ersetzt V 753-13-3 v. 20.7.2011 | 1429 (OGW)

1 Diese Verordnung dient der Umsetzung der

- Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik (ABl. L 327 vom 22.12.2000, S. 1), die zuletzt durch die Richtlinie 2014/101/EU (ABl. L 311 vom 31.10.2014, S. 32) geändert worden ist.

+++ Textnachweis ab: 24.6.2016 +++
+++ Zur Anwendung vgl. Anlage 8, Anlage 10 +++
+++ Amtlicher Hinweis des Normenbers auf EG-Recht: Umsetzung der
EGRL 60/2000 (CELEX Nr: 32000L0060)
EGRL 105/2008 (CELEX Nr: 32008L0105)
EGRL 90/2009 (CELEX Nr: 32009L0090)
EURL 101/2014 (CELEX Nr: 32014L0101)
EUBes 480/2013 (CELEX Nr: 320130480) +++

Die V wurde als Artikel 1 der V v. 20.6.2016 | 1373 von der Bundesregierung nach Anhörung der beteiligten Kreise und vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit auf Vorschlag der Freien und Hansestadt Hamburg und Niedersachsen und mit Zustimmung des Bundesrates beschlossen. Sie ist gem. Art. 3 Satz 1 dieser V am 24.6.2016 in Kraft getreten.

Inhaltsübersicht

- Seite 1 von 87 -

Immissionsorientierte Betrachtung (z.B. Berlin, Brandenburg)

Oberflächengewässerverordnung (2016)

TEXTE
56/2024

Fällmittelnotstand bei der Abwasserbehandlung
Fachgutachten

von:
Prof. Dr. Ing. Matthias Barjenbruch
FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Berlin, Berlin

Coro Eichholtz
FG Siedlungswasserwirtschaft, TU Berlin, Berlin

Prof. Dr. Ing. Peter Hartwig
aqua & waste international GmbH, Hannover

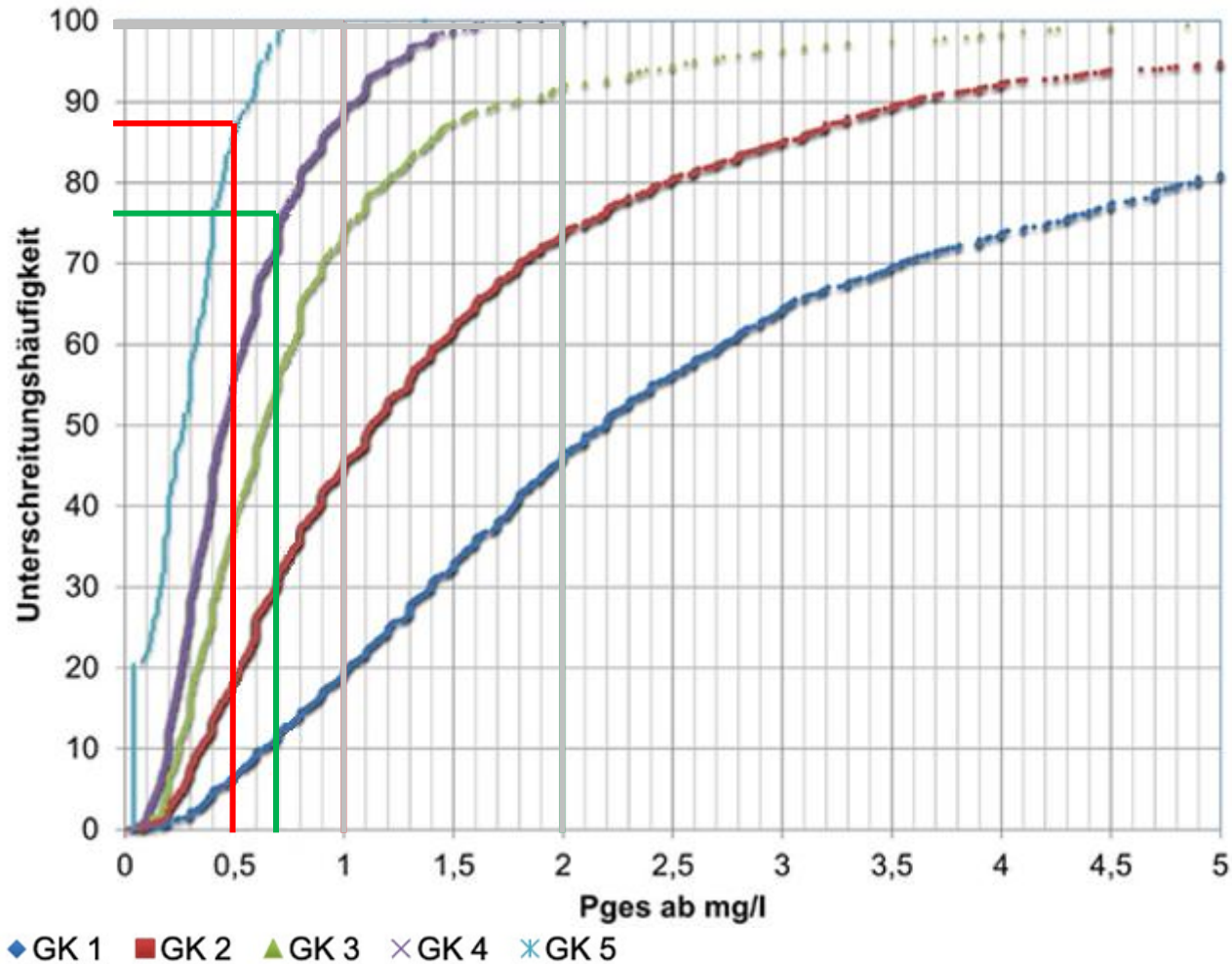
Krisen / Wirtschaftlichkeit

Für Mensch & Umwelt
Umwelt Bundesamt

Krisen / Wirtschaftlichkeit

Veröffentlichung UBA zum Fällmittelnotstand 2022 (2024)

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen



36. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen 2023 (DWA, 2024)

**Aktuelle Überwachungswerte
(AbwV, Anhang 1)**

$\leq 1 \text{ mg P}_{\text{ges}}/\text{L}$ (ab 100.000 EW)

$\leq 2 \text{ mg P}_{\text{ges}}/\text{L}$ (ab 10.000 EW)

**Neue Überwachungswerte
(KARL)**

$\leq 0,5 \text{ mg P}_{\text{ges}}/\text{L}$ (ab 150.000 EW)

$\leq 0,7 \text{ mg P}_{\text{ges}}/\text{L}$ (ab 10.000 EW)

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

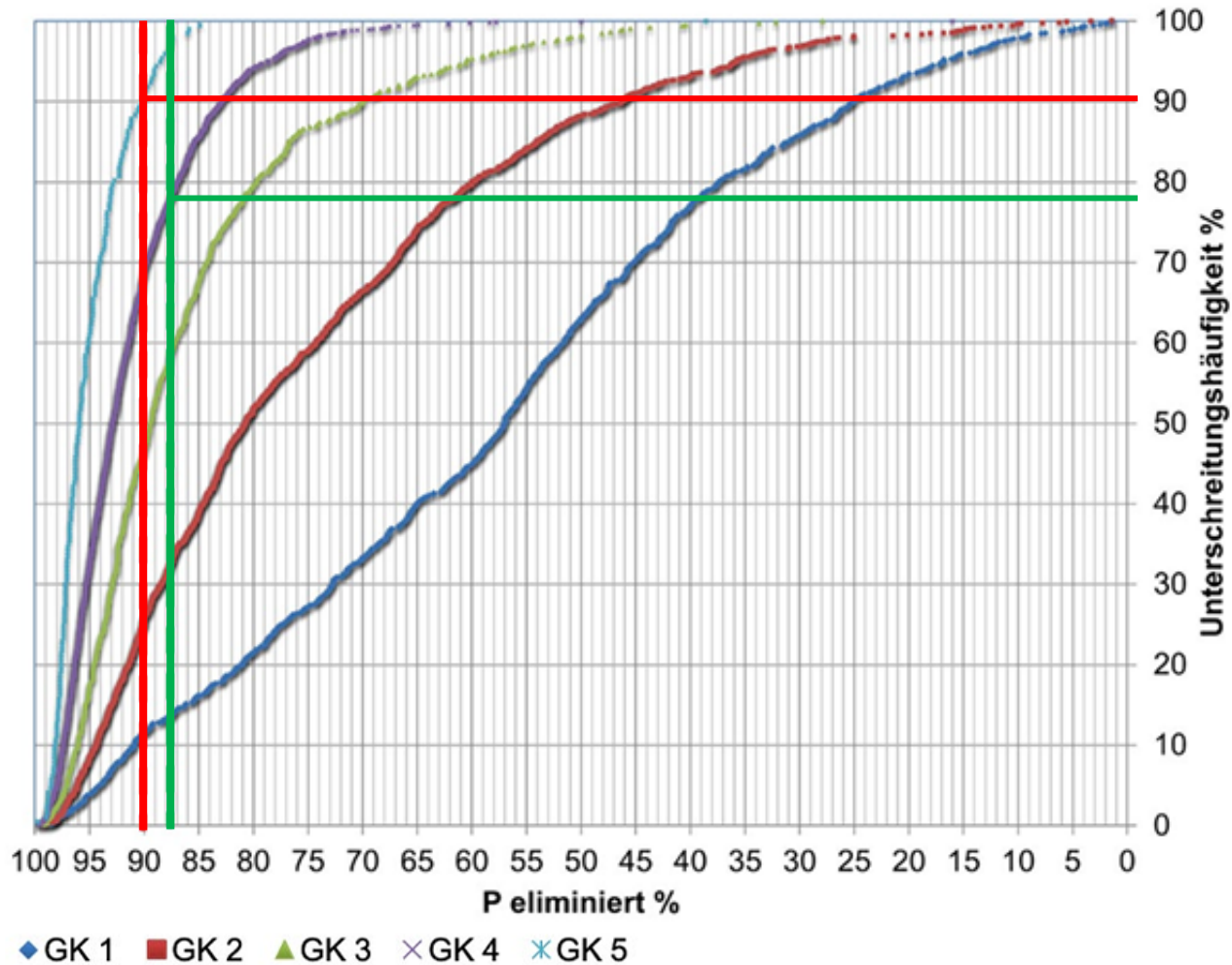
Sächs. P-Erlass: ÜW für alle KA ≥ 2000 EW

KA-Nr	KA-Name	Land-kreis	Kapazität (EW)	Jahresmittelwert P im Ablauf Ziel-Szenario (mg/l)	Jahresmittelwert P-ÜW _{ordnungs} (mg/l)	Mindest-eigen-kontroll-umfang	Szenario-Zuordnung Ziel-Szenario	OWK	OWK-Name
146	KA Dresden-Kaditz	DD	787.000	0,1	0,4 (0,1)	täglich	6b	DESN_5-1	Elbe-1
591	Rosental	L	550.000	0,2	0,4 (0,2)	täglich	6a ¹⁾	DESN_56692	Neue Luppe
76	Chemnitz								
4112	Zwickau								
718	ZKA Görlitz								Elbe-6
4070	ZKA Plauen								r-4
668	ZKA Weiden								
202	GKA Meißen								
722	ZKA Radebeul								er-3
179	Freiberg								
2053	ZKA Schönbuch								
586	KA Riesa								
162	Espenhain								
706	ZKA Hoyerswerda								Kanal
741	ZKA Zittau								Elbe-4
692	ZKA Bautzen	BZ	75.000	0,6	0,6	2 x wöch.	2	DESN_582288	Albrechtsbach
4084	ZKA Schlematal	ERZ	73.500	0,6	0,6	2 x wöch.	2	DESN_54-4	Mulde-4
4081	ZKA Rodewisch	V	60.000	0,6	0,6	2 x wöch.	2	DESN_5662-2	Göltzsch-2

Ausbaugröße [EW]	Überwachungswert nach Sächs. Erlass zur weitergehenden P-Elimination
2.000 – 5.000	1,2 mg P _{ges} /L
> 5.000 – 10.000	0,8 mg P _{ges} /L
> 10.000 – 100.000	0,6 mg P _{ges} /L
> 100.000	0,4 (0,2 / 0,1) mg P _{ges} /L

Anforderungen an Kläranlagen ab 2000 EW als Ergebnis der Szenarienrechnung aus dem Sächsischen Erlass zur weitergehenden Phosphorelimination auf Kläranlagen (2024), Tabelle 19

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen



36. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen 2023 (DWA, 2024)

Neue Überwachungswerte (KARL)

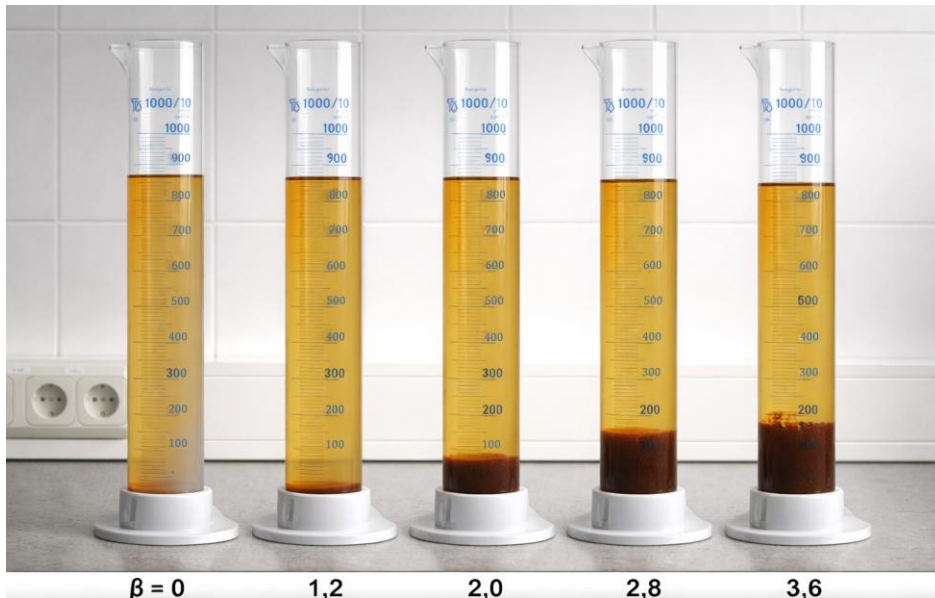
- ≥ **90%** Elimination (ab 150.000 EW)
- ≥ **87,5%** Elimination (ab 10.000 EW)

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

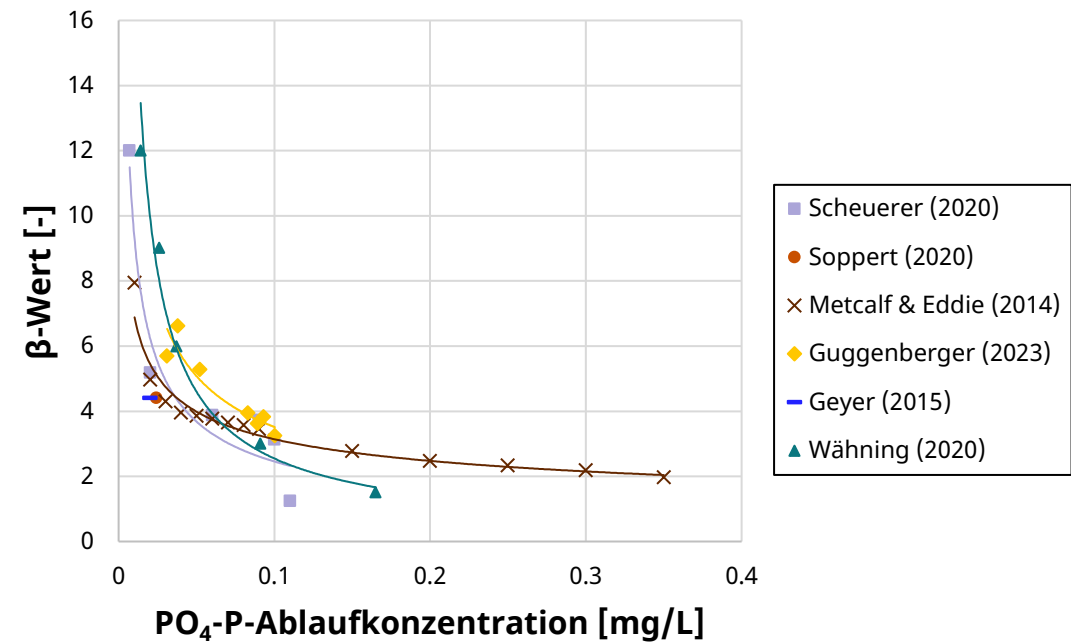
$\beta_{\text{Fäll}}$ -Wert



- Zugegebene **Mol Metall** (Fe, Al) je **Mol zu fällendem Phosphor**
- $>1 \rightarrow$ Überdosierung Fällmittel
- Je niedriger die P_{ges} -Konzentration, desto höher Fällmittelbedarf



Darstellung KI-generiert, ursprünglich von Barjenbruch (2025)



β -Wert in Abhängigkeit der erzielbaren PO_4 -P-Ablaufkonzentration (Abb.7, Entwurf DWA-A 202, 2024)

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

$\beta_{\text{Fäll}}$ -Wert



- Zugegebene **Mol Metall** (Fe, Al) je **Mol zu fällendem Phosphor**
- >1 → Überdosierung Fällmittel
- Je niedriger die P_{ges} -Konzentration, desto höher Fällmittelbedarf

$$\beta_{\text{Fäll}} = \frac{\frac{X_{\text{Me}}}{AM_{\text{Me}}}}{\frac{X_{\text{P,Fäll}}}{AM_{\text{P}}}}$$

mit

X_{Me} = (erforderliche) Fällmittelmenge [g Me/L] oder [g Me/d]
 $X_{\text{P,Fäll}}$ = zu fällender Phosphor [g P/L] oder [g P/d]
 AM_{Me} = Molare Masse [g/mol]
 AM_{P} = Molare Masse [g/mol]

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

$\beta_{\text{Fäll}}$ -Wert



- Zugegebene **Mol Metall** (Fe, Al) je **Mol zu fällendem Phosphor**
- >1 → Überdosierung Fällmittel
- Je niedriger die P_{ges} -Konzentration, desto höher Fällmittelbedarf

$$\beta_{\text{Fäll}} = \frac{\frac{X_{\text{Me}}}{AM_{\text{Me}}}}{\frac{X_{\text{P,Fäll}}}{AM_{\text{P}}}}$$

	$\beta_{\text{Fäll}}$ -Wert [-]
Vorfällung	1,2
Simultanfällung	1,2 - 2
Nachfällung und weitergehende Verfahren	$\geq 2,5$

Anhaltswerte $\beta_{\text{Fäll}}$ für Verfahren zur Fällung (Tab. 5, Entwurf DWA-A 202, 2024)

1. Bewertung der Phosphorelimination auf Kläranlagen

K_P -Wert



- **Menge Fällmittel** (mol Me/d) pro Kilogramm Phosphor P_{ges} **im Zulauf**
- Vom Anlagentyp abhängig
- Je mehr Fällmittelzugabe im Verhältnis zur P-Zulaufkonzentration, desto höher der K_P -Wert

$$K_P = \frac{FM_d}{C_{P,Z} \cdot Q_d} \cdot 1000$$

mit

FM_d = Fällmittelverbrauch [mol Me/d]
 $C_{P,Z}$ = P_{ges} im Zulauf zur Kläranlage [g/m³]
 Q_d = Abwassermenge [m³/d]



Der K_P -Wert gilt als veraltet und ist im neuen DWA-A 202 (2024) nicht mehr enthalten



2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool

Automatische Berechnung $\beta_{\text{Fäll}}$ - und K_p -Wert

2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool

Eingabe der Betriebsdaten Q, CSB und P

Kennzahlen der Chemisch-Physikalischen Phosphorelimination

Name Beispielkläranlage 1
 Auswertungsjahr 2020

Datum	Zulauf Anlage					Zulauf Biologie					Ablauf Anlage					Fällmittelverbrauch		
	Volumenstrom [m³/d]	CSB [mg/L] [kg/d]		P _{ges} [mg/L] [kg/d]		CSB [mg/L] [kg/d]		P _{ges} [mg/L] [kg/d]		Temp [°C]	CSB [mg/L] [kg/d]		P _{ges} [mg/L] [kg/d]		PO ₄ -P [mg/L] [kg/d]		[L FM/d]	[g Me/d]
01.01.2020	96805	735	71152	10	997	359	34753	8,4	811,2	16,5	33	3195	0,7	63,0	0,5	48,4		2800000
02.01.2020	107011	718	76834	10	1025	419	44838	7,9	846,5	16,4	33	3531	0,7	70,1	0,5	55,6		2419259
03.01.2020	120078	874	104948	10	1237	429	51513	8,3	1001,5	16,4	33	3963	0,6	75,8	0,5	57,6		2038518
04.01.2020	156911	662	103875	8	1287	451	70767	7,8	1219,2	15,5	32	5021	0,7	116,0	0,5	84,7		1657777
05.01.2020	121153	911	110371	9	1071	501	60698	7,6	914,7	15,2	31	3756	0,7	82,7	0,5	64,2		1891084
06.01.2020	108155	668	72248	9	996	403	43586	8,2	884,7	15,8	30	3245	0,7	72,0	0,5	56,2		2124392
07.01.2020	109782	722	79263	9	1031	404	44352	8,1	889,2	16,1	29	3184	0,7	73,6	0,5	54,9		2357699
08.01.2020	162092	670	108602	9	1428	402	65161	7,8	1265,9	16,1	29	4701	0,7	117,0	0,5	84,3		2591007
09.01.2020	209309	369	77235	5	1053	302	63211	5,3	1117,7	14,1	28	5861	0,7	142,7	0,5	106,7		2824314
10.01.2020	129719	692	89765	9	1167	338	43845	7,3	949,5	15,1	25	3243	0,7	96,1	0,5	68,8		3057621
11.01.2020	126363	418	52820	7	897	360	45491	7,0	880,8	15,4	28	3538	0,7	93,0	0,6	69,5		3290929
12.01.2020	107818	737	79462	10	1089	357	38491	8,4	900,3	15,7	29	3127	0,7	76,8	0,5	58,2		3196586
13.01.2020	110161	714	78655	10	1073	359	39548	8,4	919,8	16,0	30	3305	0,7	71,6	0,5	52,9		3102244
14.01.2020	129251	723	93449	10	1243	432	55837	8,7	1123,2	16,1	29	3748	0,6	83,1	0,5	63,3		3007902
15.01.2020	113799	646	73514	9	1033	398	45292	8,3	943,4	16,0	29	3300	0,7	79,3	0,6	62,6		2913560
16.01.2020	112906	708	79938	10	1125	375	42340	8,4	948,4	16,1	27	3048	0,7	75,6	0,5	58,7		2819218
17.01.2020	114194	770	87930	9	1061	385	43965	7,7	874,7	16,0	31	3540	0,7	79,3	0,5	61,7		2724875
18.01.2020	109402	736	80520	10	1058	338	36978	8,0	878,5	16,1	28	3063	0,7	71,4	0,6	63,5		2630533
19.01.2020	114546	699	80068	9	1057	359	41122	7,8	898,0	16,1	29	3322	0,7	74,6	0,6	63,0		2664466
20.01.2020	105821	671	71006	9	988	363	38413	8,0	848,7	16,1	25	2646	0,6	67,1	0,5	55,0		2698398
21.01.2020	109593	746	81756	10	1129	349	38248	8,0	872,4	16,0	24	2630	0,6	66,3	0,5	50,4		2732330
22.01.2020	117837	642	75652	9	1069	471	55501	8,7	1020,5	15,8	21	2475	0,6	72,5	0,5	60,1		2766263
23.01.2020	118118	713	84218	9	1081	392	46302	7,3	867,0	16,0	24	2835	0,6	73,5	0,5	61,4		2800195
24.01.2020	111996	675	75597	9	1049	353	39534	7,6	854,5	15,8	26	2912	0,6	63,7	0,5	59,4		2834128

2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool

Angabe Verfahrenskombination und Fällmittel

2 Verfahrenskombinationen der Anlage

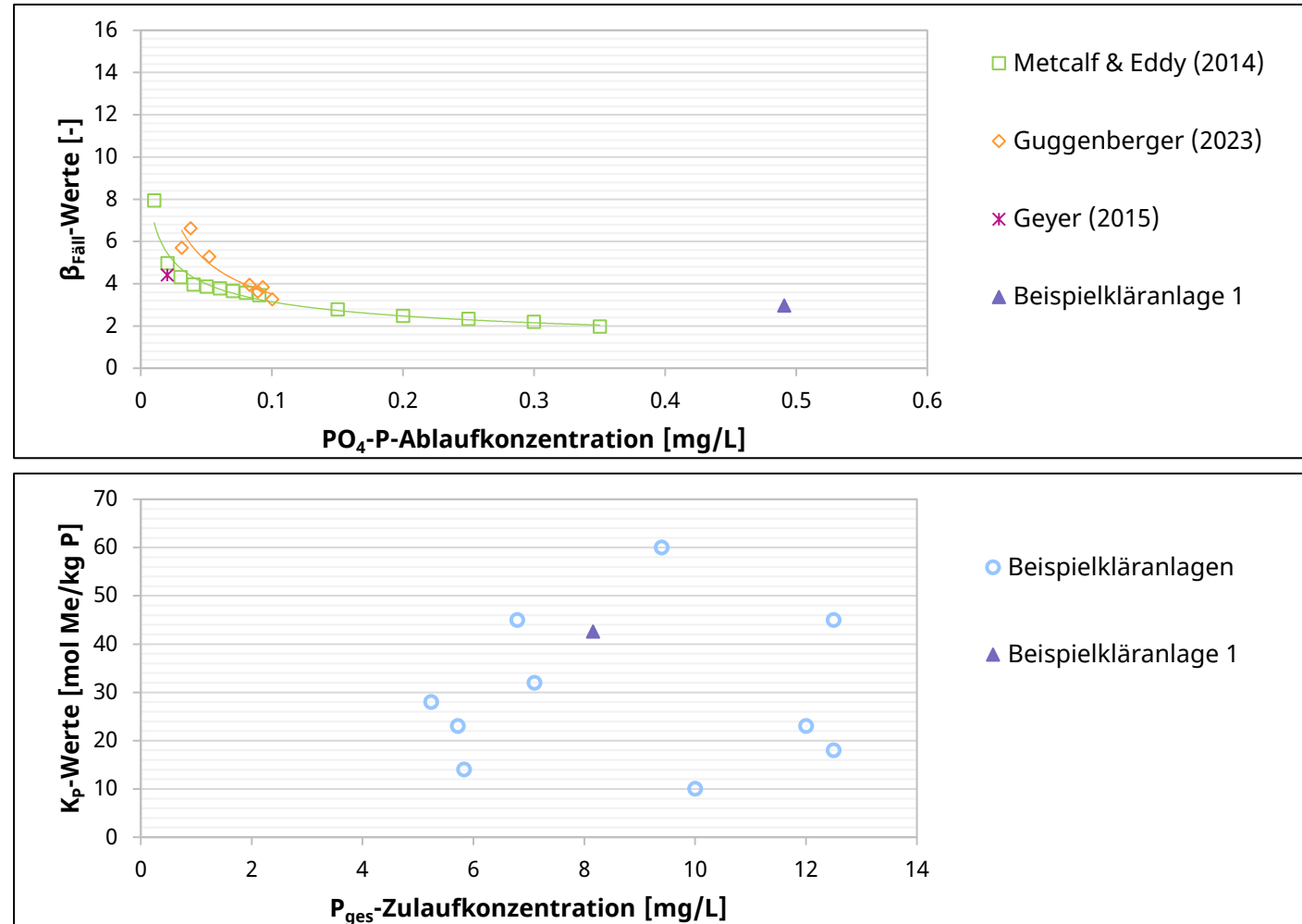
Vorhandene Verfahren in Anlage		Faktor		Anwendung
		CSB	P_{ges}	
Vorklärung				
	0,5 - 1,0 h	0,75	0,89	1
	1,5 - 2,0 h	0,67	0,89	0
Für Zellaufbau (CSB & Nitrifikation) benötigter Phosphor $X_{P,BM}$		0,005		1
Vorgeschaltetes anaerobes Becken $X_{P,BioP}$				0
	normale Temperatur	0,006		
	niedrige Temperatur	0,00375		
Vorgeschaltete Denitrifikation / Kaskadendenitrifikation ohne Berücksichtigung vorgeschaltetes anaerobes Becken $X_{P,BioP}$		0,002		1
Vorgeschaltete Denitrifikation mit interner Rezirkulation ins anaerobe Becken bei niedrigen Temperaturen $X_{P,BioP}$		0,002		0

3 Informationen zum verwendeten Fällmittel

Fällmittelname	Ferrifloc ($FeClSO_4$)
Metall	Eisen
Dichte [kg/L]	1,52
Wirksubstanz [kg Me/kg FM]	0,123
Fällmittel-Kosten [€/t]	300

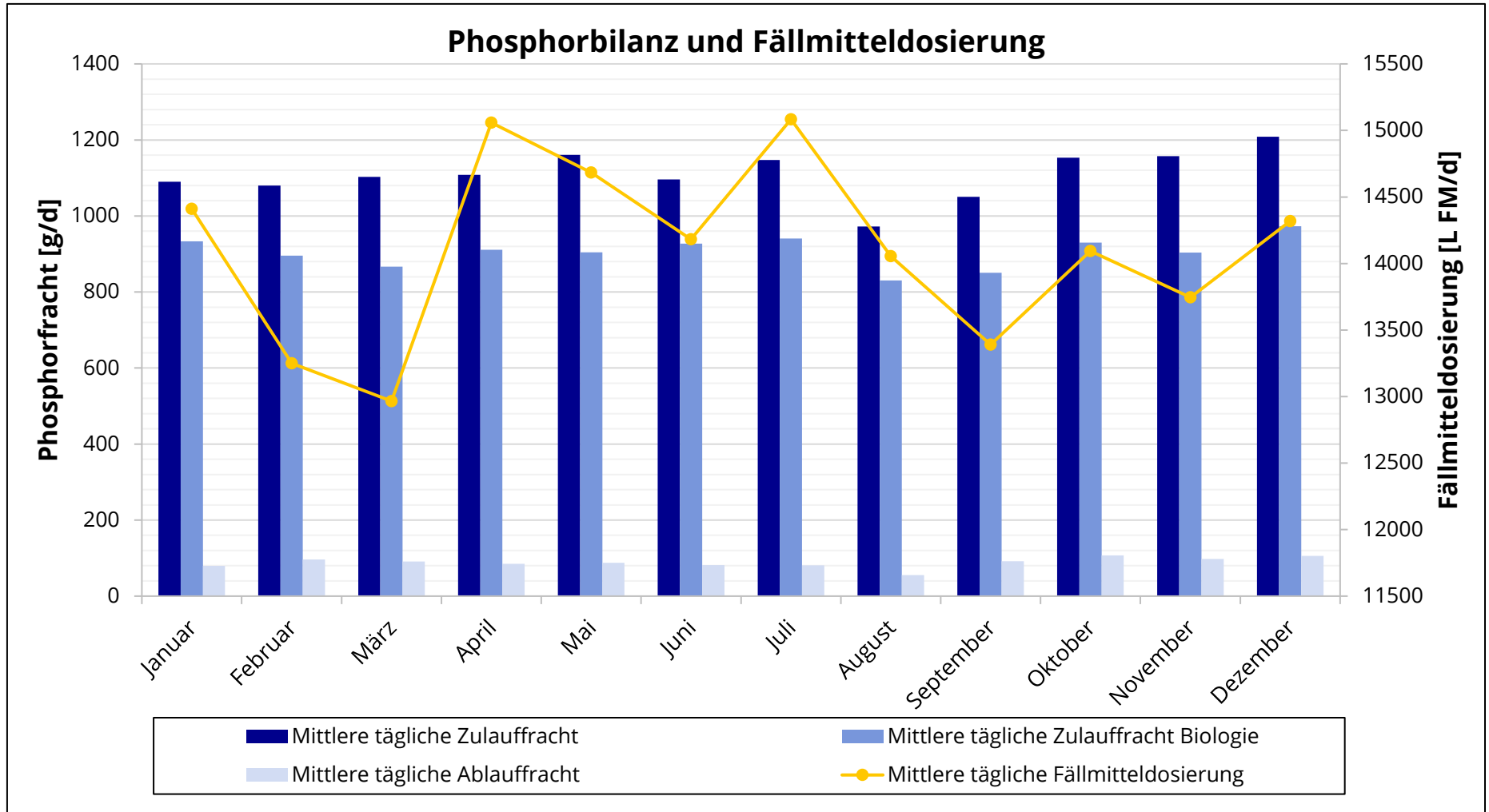
2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool

Berechnung und Einordnung $\beta_{\text{Fäll-}}$ und K_p -Wert



2. Anwendungsbeispiel Excel-Tool

Auswertung als Diagramme

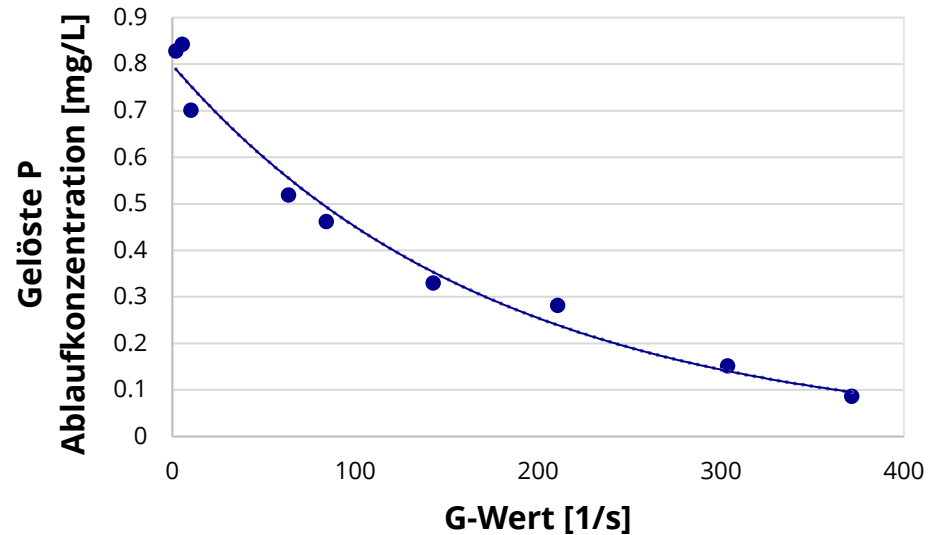


3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

Dosierstelle

→ Optimierte Fällmitteleinmischung



Auswirkung der Turbulenz bei Einmischung des Fällmittels auf die gelöste P-Ablaufkonzentration (Szabó et al., 2008)

gute Einmischung



sehr schlechte Einmischung

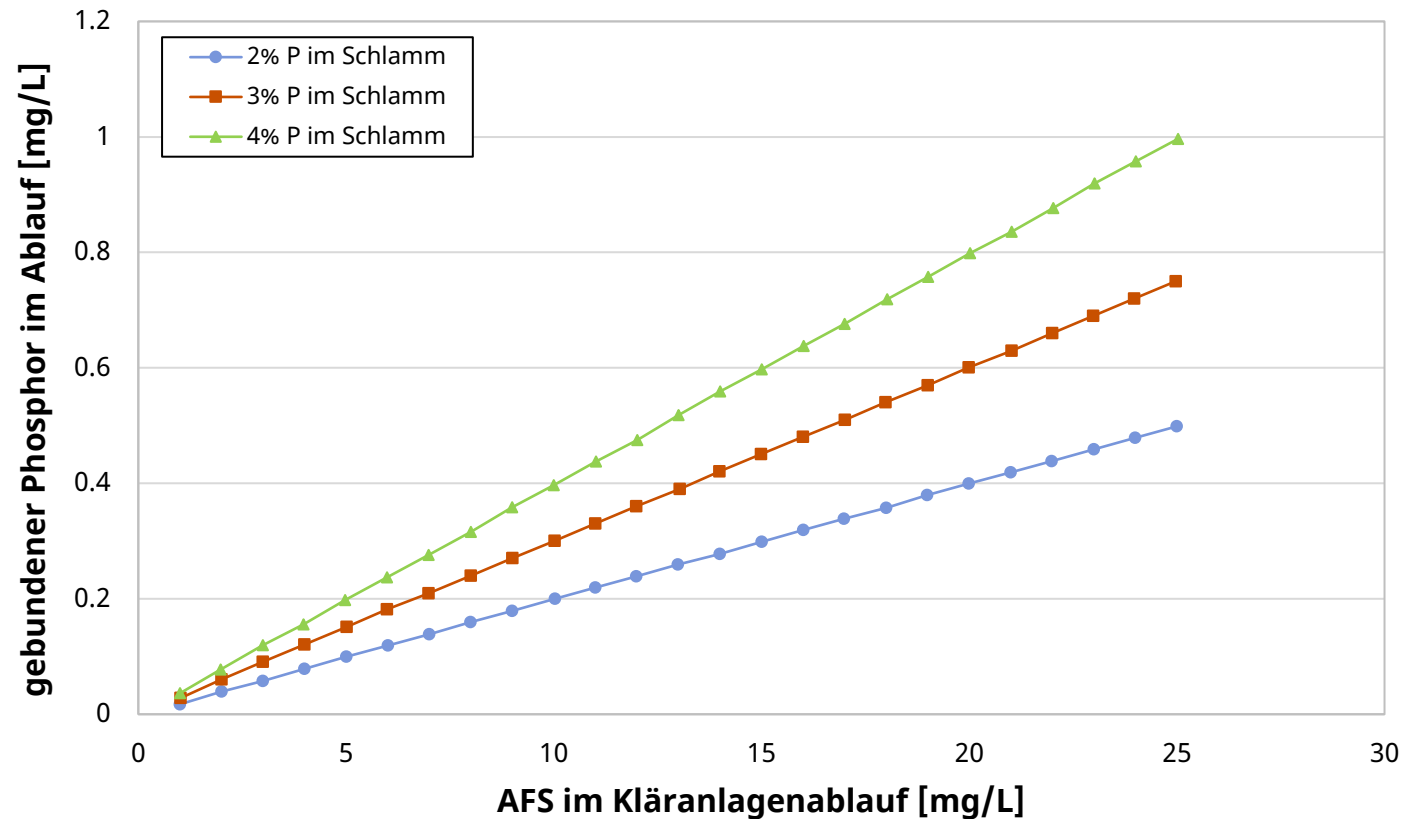


FM-Dosierstellen aus Präsentation von H. Scheer und P. Wulf im Rahmen des Praxisseminars „Neues zur Phosphorelimination in Kläranlagen“ der DWA im April 2025

3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

Feststoffrückhalt

→ Elimination des an Partikel gebundenen Phosphors

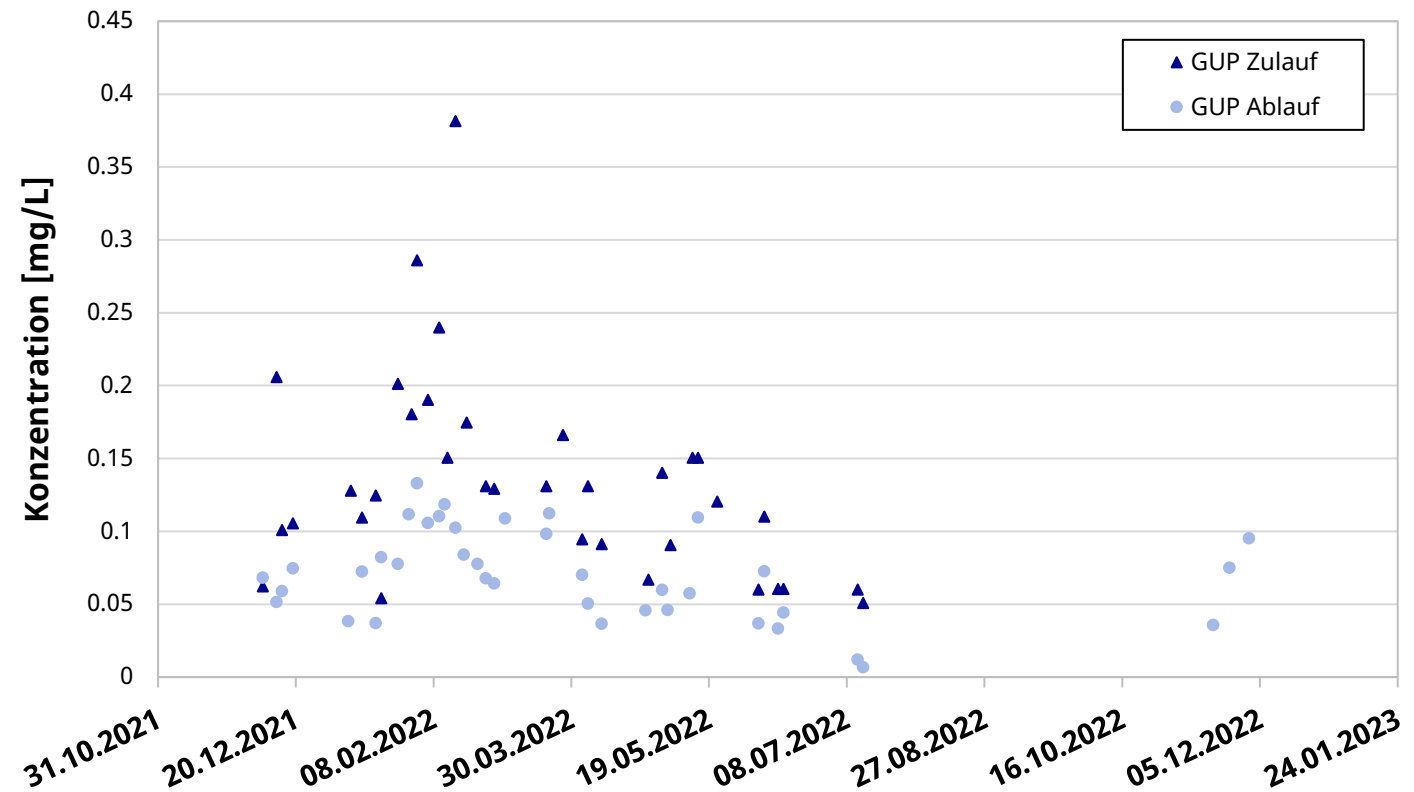


Gebundener Phosphor in Abhängigkeit der Feststoffe im Ablauf aus Präsentation von P. Wulf im Rahmen des Praxisseminars „Neues zur Phosphorelimination in Kläranlagen“ der DWA im April 2025

3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

Bestimmung des gelösten unreaktiven Phosphors (GUP)

- Zu Teilen entfernbar, aber ungezielt
- Abstimmung mit Behörde



Reduktion von GUP durch Flockungsfiltration aus Präsentation von P. Wulf im Rahmen des Praxisseminars „Neues zur Phosphorelimination in Kläranlagen“ der DWA im April 2025

3. Optimierungsmöglichkeiten im Betrieb

Weitere Optimierungsmöglichkeiten

- **Automatisierung** der Fällmitteldosierung
- (Flexible) **Verfahrens Anpassung**
 - BioP oder 2. Fällungsstufe integrieren
- **Fällmittel** anpassen
- Einsatz **Flockungshilfsmittel**

Anmerkungen

- Weniger Flexibilität bei geringer **Säurekapazität**
- **Zu hoher pH-Wert** ungünstig für Fällung
- „**Dickes**“ **Abwasser** führt zu höheren $\beta_{\text{Fäll}}$ -Werten

4. Zusammenfassung

4. Zusammenfassung

Herausforderungen und Lösungsansätze

1 Aktuelle Betriebsdatenauswertung



P-Bilanz, Kenngrößen, Fällmittel-Verbrauch

2 Verfahrensführung, Anlagentechnik und MSR-Konzepte prüfen



- Dosierstelle & Automatisierung
- Feststoffabscheidung
- Anaerobe Zonen / Zeiten

3 Laborversuche und Messprogramme



- GUP-Anteil
- Säurekapazität

4 Ableitung und Umsetzung von Maßnahmen

Nach Präsentation von P. Wulf im Rahmen des Praxisseminars „Neues zur Phosphorelimination in Kläranlagen“ der DWA im April 2025

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

... noch Fragen?



Fällmitteldosierung der HTVA der TUD auf der Kläranlage Dresden Kaditz

Kontakt:

Elina Hiess
elina.hiess@tu-dresden.de

Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft
TU Dresden