

Reduzierung von Phosphoreinträgen in oberirdische Gewässer nach der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie- WRRL

Inhalt:

1. Grundsätze und Ziele der WRRL
2. Anforderungen an Kläranlagen
3. Verfahren zur Phosphorreduzierung



Landkreis Waldeck- Frankenberg

FD Wasser- und Bodenschutz

K.W. Frese

Tel: 05631 / 954 862

E-Mail: karl-wilhelm.frese@landkreis-waldeck-frankenber.de

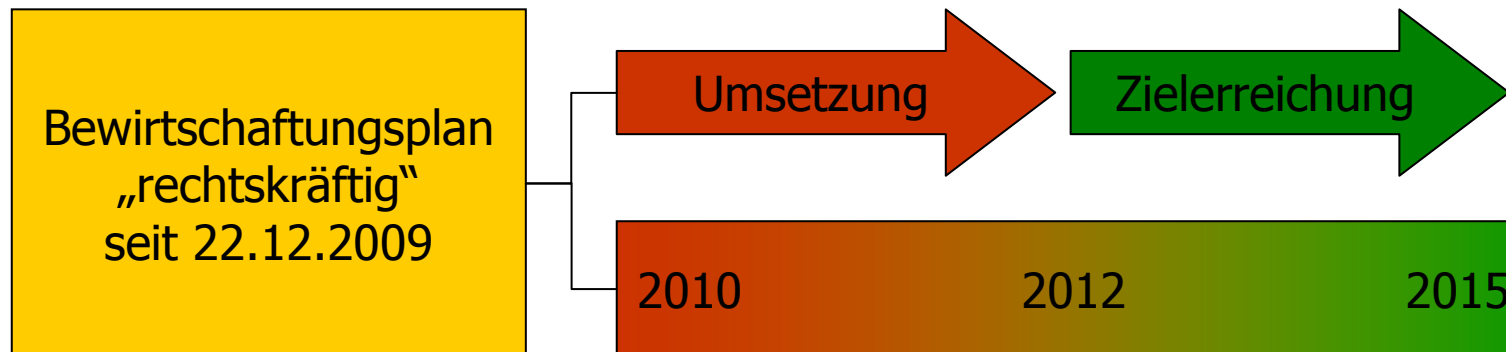
Maßnahmenschwerpunkte

Struktur und Durchgängigkeit der Gewässer

Stoffeinträge in Gewässer (organische Stoffe, Schadstoffe, Nährstoffe)

Diffuse Einträge in Grundwasser und Oberflächengewässer

Zeitliche Umsetzung der Maßnahmen



Die Umsetzung soll möglichst auf freiwilliger Basis erfolgen.

Reduzierung der Nährstoffbelastung

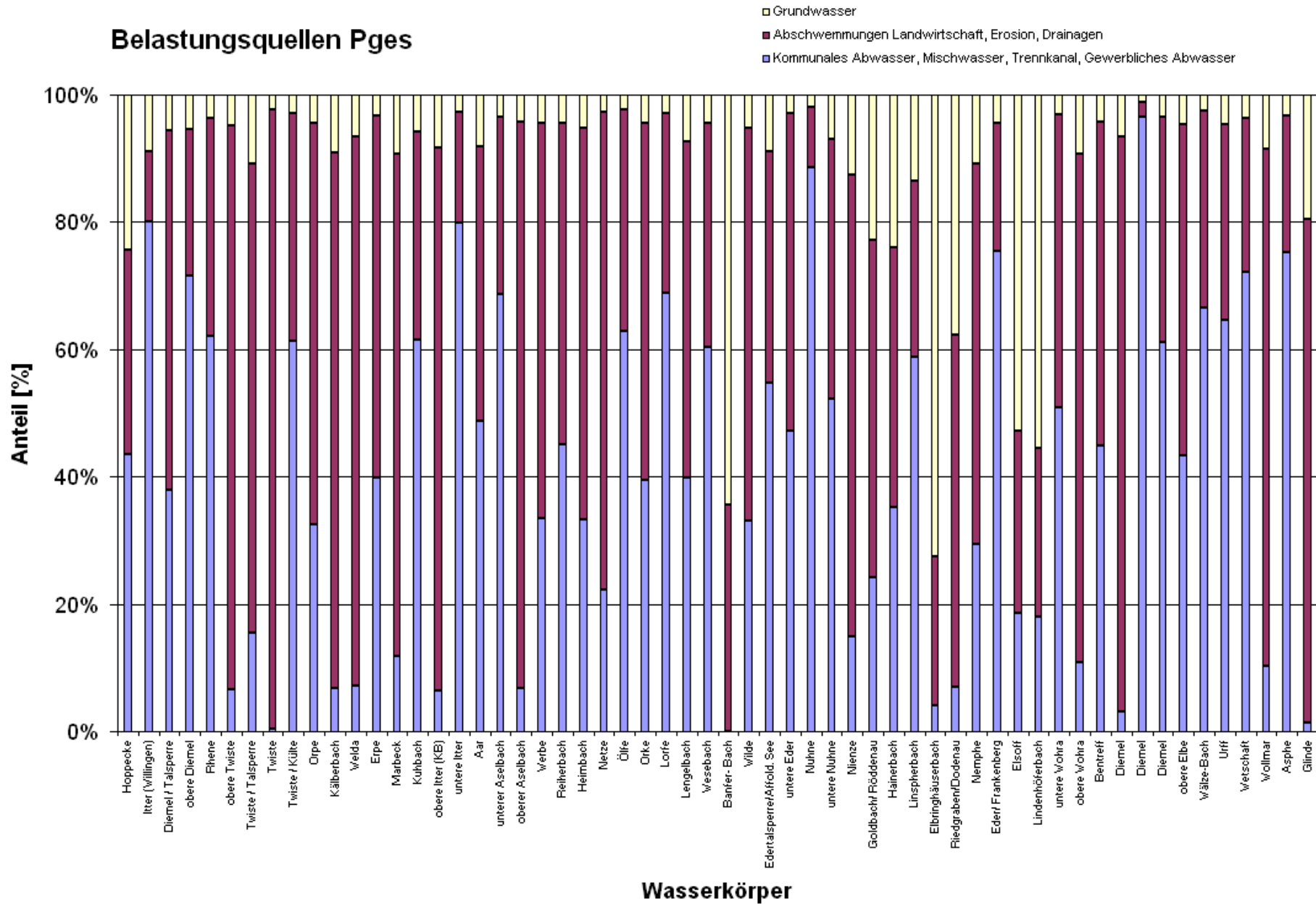
- Senkung der eingeleiteten Phosphormenge zur Reduzierung der für das Algen- und Pflanzenwachstum (Eutrophierung) verantwortlichen Biomasse im Gewässer.

- Einleitungen aus Kläranlagen (Kommunal + Gewerbe)
- Einleitungen aus Mischwasserentlastungsanlagen
- Einleitungen aus Niederschlagswasserkanälen

- Abschwemmungen von landwirtschaftlichen Flächen
- Erosion von landwirtschaftlichen Flächen
- Einleitungen aus Drainagen

- Belastungen aus dem Grundwasser

Belastungsquellen Pges



Stand der Anforderungen- Phosphatfällung

Mindestanforderungen nach Anhang 1 der Abwasserverordnung

KA Größenklasse 4	2,0 mg/l P _{ges}
KA Größenklasse 5	1,0 mg/l P _{ges}

„Regelung Waldeck- Frankenberg“

Kläranlagen oberhalb der Stauseen	2,0 mg/l P _{ges}
-----------------------------------	---------------------------

<u>Schleswig Hollstein</u>	< 0,5 mg/l P _{ges}
----------------------------	-----------------------------

<u>Bodensee</u> KA 1.000 - 40.000 EW	1,0 mg/IP _{ges}
--------------------------------------	--------------------------

KA > 40.000 EW	0,3 mg/IP _{ges}
----------------	--------------------------

<u>Neusiedler See</u>	0,5 mg/l P _{ges}
-----------------------	---------------------------

Weitergehende Anforderungen an Kläranlagen

Zielsetzung der WRRL **0,1 mg/l P_{ges} im Gewässer**

Fragen:

- Welcher Überwachungswert ergibt sich daraus?
- Einhaltung nur bei Niedrigwasser?
- Berücksichtigung der oberhalb liegenden Einleitungsfrachten?

Vorschläge Land Hessen für die Festlegung von Überwachungswerten:

KA unter 1.000 EW-	P- Fällung wenn gewässerbezogen erforderlich
1.000 - 10.000 EW-	2,0 mg/l P _{ges}
10.000-100.000 EW-	1,0 mg/l P _{ges}
anderer Vorschlag	0,5 mg/l P _{ges} (Mittelwert?)

Kläranlage	EW	Ü-Wert Pges mg/l	Art	EKVO Pges mg/l	Ziel Pges mg/l	Fällung	Bemerkungen
Größenklasse 1: < 1.000 EW							
Altenlotheim	900	2,0	Oxydationsgraben	1,8		P-Fällung vorh.	
Fürstenberg	750	2,0	Belebung	1,5		P-Fällung vorh.	
Holzhausen	900	2,0	Belebung	1,5		P-Fällung vorh.	
Louisendorf	200	2,0	Teich	1,3		P-Fällung vorh.	
Neukirchen	600	2,0	Teich	1,8		P-Fällung vorh.	
Rattlar	700	2,0	Oxydationsgraben	1,3		P-Fällung vorh.	
Strothe	300	2,0	Oxydationsgraben	1,5		P-Fällung vorh.	
Vasbeck	700	4,0	Teich	4,0		P-Fällung vorh.	
Frebershausen	380	4,0	Belebung	1,8			
Gellershausen	700	3,0	Teich	1,5			
Herbelhausen	110		Tauchkörper				
Hundsorf	350	4,0	Oxydationsgraben	5,2			
Hüttenrode	55		Tauchkörper	10,5			
Lehnhausen	150		Tauchkörper				
Oberholzhausen	150	6,0	Tauchkörper				
Roda	760	5,0	Belebung	2,3			
Schiffelbach	400	6,0	Teich	2,8			
Willershausen	100	5,0	Pflanzenkläranlage	4,1			
	18						8

Vorerst keine (weitere) P-Fällung erforderlich. Ggfs. nach Einzelfallprüfung der vorhandenen Gewässerbelastung.

EW = Ausbaugröße der Kläranlage

Ü-Wert Pges = Überwachungswert gemäß Abwassereinleitungsbescheid für den Parameter Pges

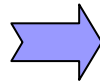
EKVO Pges = Reinigungsleistung gemäß Eigenkontrollbericht 2008 für den Parameter Pges (90 Perc.)

Kläranlage	EW	Ü-Wert Pges mg/l	Art	EKVO Pges mg/l	Ziel Pges mg/l	Fällung	Bemerkungen	Finanzierung aus Abwasserabgabe	
								Investitionen ver- rechnungsfähig	jährliche Einsparung

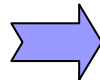


Größenklasse 2: 1.000 - 5.000 EW									
Aarmühle	3.800	2,0	Belebung	1,4	2,0	P-Fällung vorh.			
Asel	3.500	1,5	Teich	1,0	2,0	P-Fällung vorh.			
Berghofen	1.250	2,0	Oxydationsgraben	1,7	2,0	P-Fällung vorh.			
Dalwigksth	1.200	2,0	Teich	2,0	2,0	P-Fällung vorh.			
Ellershausen	1.800	2,0	Teich	0,9	2,0	P-Fällung vorh.			
Frankenau	4.000	2,0	Belebung	1,4	2,0	P-Fällung vorh.			
Giebringhausen	2.500	2,0	Teich	2,1	2,0	P-Fällung vorh.			
Goddelsheim	2.700	2,0	Oxydationsgraben	1,6	2,0	P-Fällung vorh.			
Hemfurth	4.000	2,0	Belebung	1,6	2,0	P-Fällung vorh.			
Heringhausen	3.500	2,0	Belebung	2,1	2,0	P-Fällung vorh.			
Höringhausen	1.600	2,0	Belebung	1,7	2,0	P-Fällung vorh.			
Kirchlotheim	3.000	2,0	Belebung	1,3	2,0	P-Fällung vorh.			
Oberwerbe	2.600	2,0	Teich	1,3	2,0	P-Fällung vorh.			
Rengershausen	3.800	2,0	Belebung	1,5	2,0	P-Fällung vorh.			
Rosenthal	1.800	2,0	Belebung	2,4	2,0	P-Fällung vorh.			
Sachsenberg	2.250	2,0	Oxydationsgraben	1,7	2,0	P-Fällung vorh.			
Sachsenhausen	3.580	2,0	Belebung	1,4	2,0	P-Fällung vorh.			
Scheid	2.000	2,0	Belebung	1,8	2,0	P-Fällung vorh.			
Usseln	4.900	2,0	Belebung	1,3	2,0	P-Fällung vorh.			
Waldeck	4.500		Belebung		2,0	P-Fällung vorh.	KA noch nicht in Betrieb		
Haina	1.900		Belebung		2,0		z.Zt. Neubau KA	39.000	5.600
Waldeck- West	2.150	3,0	Tropfkörper	1,9	2,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken		250
Hespringhausen	1.000	5,0	Teich	4,2	2,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken		950
Adorf	4.900	3,0	Belebung	2,5	2,0		Neubau Fällung	114.900	4.900
Bergfreiheit	1.500	3,0	Belebung	2,1	2,0		Neubau Fällung		
Braunau	2.200	5,0	Belebung	2,1	2,0		Neubau Fällung	42.600	4.700
Ernsthausen	2.300	4,0	Belebung	4,2	2,0		Neubau Fällung	12.400	1.000
Freienhagen	1.400	6,0	Oxydationsgraben	4,7	2,0		Neubau Fällung	13.700	1.300
Gemünden	4.000	3,0	Tropfkörper	2,3	2,0		Neubau KA erforderlich	137.900	3.900
Grüsen	1.500	5,0	Belebung	3,4	2,0		Neubau Fällung	36.000	1.000
Löhlbach	1.700	4,0	Teich	4,8	2,0		Neubau Fällung	24.000	1.200
Neudorf	2.000	5,0	Teich	4,6	2,0		Neubau Fällung	29.000	7.800
Anzahl	32					22		12	

Kläranlage	EW	Ü-wert		EKVO Pges mg/l	Ziel Pges mg/l	Fällung	Bemerkungen	Finanzierung aus Abwasserabgabe	
		Pges mg/l	Art					Investitionen ver- rechnungsfähig	jährliche Einsparung



Größenklasse 3: 5.000 - 10.000 EW										
Wrexen	6.200	2,0	Belebung	1,9	2,0	P-Fällung vorh.				
Bergheim	6.000	2,0	Belebung	1,7	2,0	P-Fällung vorh.				
Reddighausen	5.800	2,0	Belebung	2,3	2,0	P-Fällung vorh.				
Twistetal	9.000	3,0	Belebung	1,8	2,0		Neubau Fällung	154.500		6.900
	4						3			



Größenklasse 4: 10.000 - 100.000 EW										
Haine	13.000	2,0	Belebung	1,5	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			7.900
Willingen	17.000	2,0	Belebung	1,5	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			5.300
Frankenberg	29.000	1,8	Belebung	1,0	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			? (RP)
Bad Wildungen	36.600	2,0	Belebung	1,0	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			? (RP)
Ittertäl	50.000	2,0	Belebung	1,0	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			? (RP)
Bad Arolsen	26.300	2,0	Belebung	0,9	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			? (RP)
Volkmarsen	22.000	2,0	Belebung	0,8	1,0	P-Fällung vorh.	Fällung verstärken			? (RP)
	7						7			

Phosphorreduzierung in Abwasseranlagen

Anteile im Ablauf bei 0,5 mg/l

0,15 mg/l

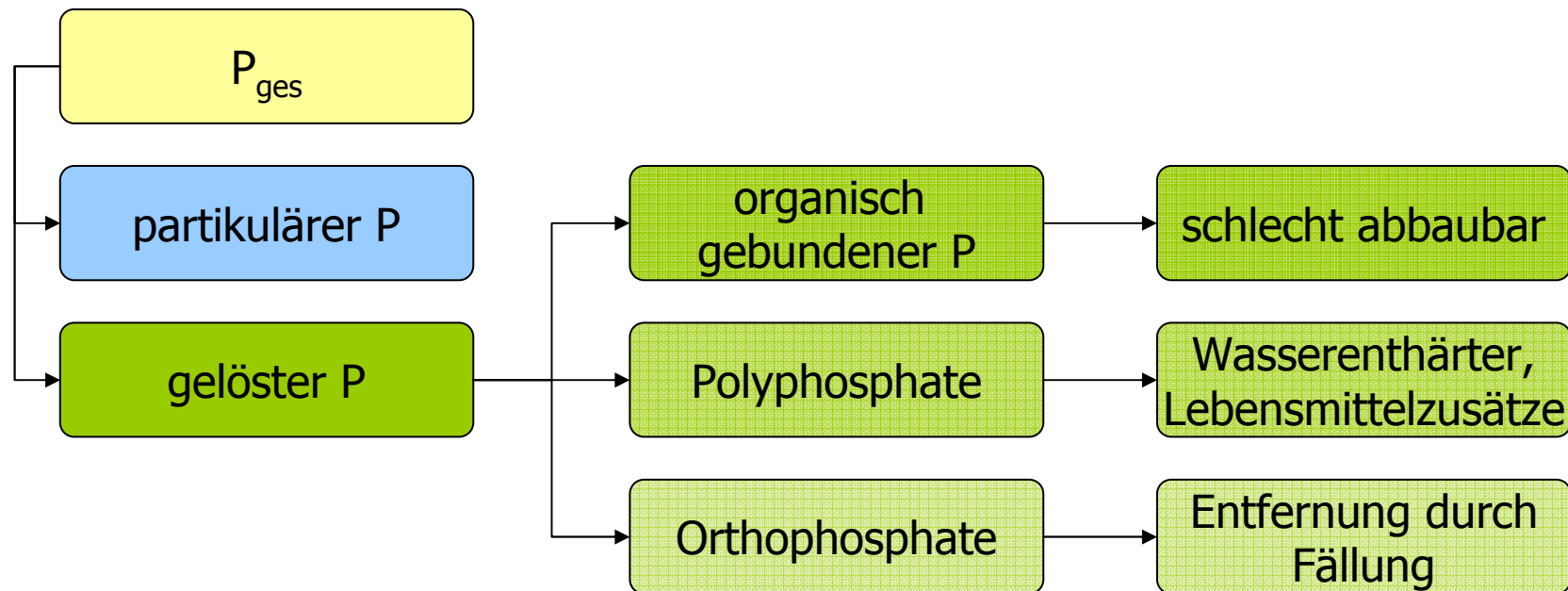
Orthophosphat

0,05 – 0,1 mg/l

nicht fällbarer gelöster Anteil

0,25 mg/l

Feststoffabtrieb partikulär gebundenes Phosphat



Phosphorreduzierung in Abwasseranlagen

Schwerpunkt Kläranlage! Der Anteil der P-Emissionen von Niederschlagswasser und Mischwassereinleitungen beträgt „nur“ ca. 10%.

Verfahren der Phosphatreduzierung in Kläranlagen

- a. Chemische Fällung
- b. Biologische P- Elimination
- c. Weitergehende Suspensaentnahme (Filtration)
- d. Umstellung der Prozesstechnik / MSR- Technik

Ergänzende Maßnahmen im Kanalnetz nach Einzelfallprüfung

- Bau von Speicherbecken zur Mischwasserbehandlung
- Optimierung der Drosselabflüsse
- Reduzierung Fremdwasser
- Weitergehende Mischwasserbehandlung

Phosphorreduzierung in Abwasseranlagen

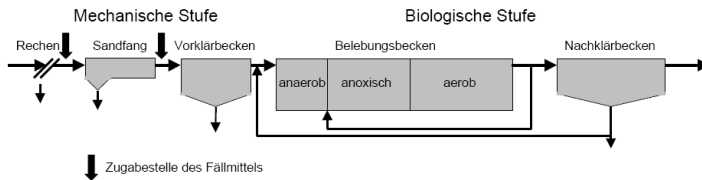
Aspekte, die bei der Planung betrachtet werden sollten

- Eingesetzte Fällmittel (Wirkung und Wirtschaftlichkeit)
- Einmischung, Dosierung und Steuerung des Fällmittels
- Erreichbare Ablaufwerte
- Auswirkungen auf die Kläranlagenbiologie

a. Chemische Fällung

Erreichbare Ziele

- **Vorfällung** Ablauf 1,5 – 2,5 mg/l Pges

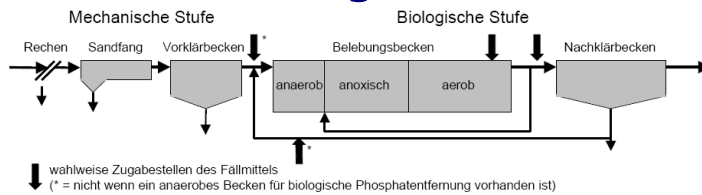


Kombination Vor- und Simultanfällung (Zweipunkt-fällung)

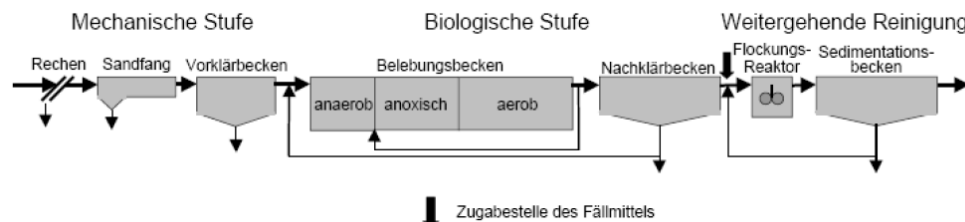
Fällmittelzugabe:

1/3 in Vor- und 2/3 in Nachfällung

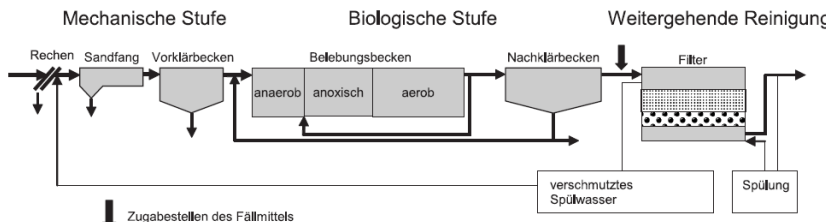
- **Simultanfällung** Ablauf 1,0 – 1,5 mg/l Pges



- **Nachfällung** Ablauf ~ 0,5 mg/l Pges



- **Flockungsfiltration** Ablauf ~ 0,5 mg/l Pges



	Vorteile	Nachteile
Vorfällung	<ul style="list-style-type: none"> - geringeres Belebungsbeckenvolumen - Einsatz von Kalkmilch möglich - nur wenige bauliche Maßnahmen erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - vermehrte Entnahme von Kohlenstoff in der Vorklärung dadurch evtl. unzureichende Denitrifikation - mögliche Verschlechterung des Schlammindex - Änderung der Säurekapazität
Simultanfällung	<ul style="list-style-type: none"> - gute Fällmittelausnutzung durch Rezirkulation des Fällschlammes - nur wenige bauliche Maßnahmen erforderlich - durch Beschwerung des Schlammes mit Metallionen bessere Absetz- und Eindickfähigkeit - im Belebungsbecken kann Fe^{2+} eingesetzt werden 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergrößerung des Belebungsbeckenvolumens - durch Metallsalzzugabe pH-Wert-Verschiebung in den sauren Bereich - bei Kalkmilchzugabe pH-Wert-Anhebung, dadurch betriebliche Probleme - Erhöhung des anorganischen Anteils des belebten Schlammes und Verminderung des Schlammalters - ggf. Beeinträchtigung der Nitrifikation
Nachfällung	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige P-Ablaufwerte erreichbar - hoher Wirkungsgrad - hohe Betriebssicherheit durch Unabhängigkeit von anderen Prozessen - separate Erfassung der Phosphorschlämme 	<ul style="list-style-type: none"> - hoher zusätzlicher Bauaufwand mit hohen Investitionen - hoher Fällmittelbedarf
Flockungsfiltration	<ul style="list-style-type: none"> - besonders niedrige Phosphorablaufwerte erreichbar 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht als einstufiges Fällungsverfahren einsetzbar - hoher zusätzlicher Bauaufwand mit hohen Investitionen

Tabelle 1: Gebräuchliche Fällmittel

Produktbezeichnung	chemische Formel	Typische Lieferform Dichte bzw. Schüttgewicht in t / m ³	Lagerung und <i>Dosierung</i>	Wirksames Kation zur P-Fällung	übliche Wirkstoffgehalte in g/kg und mol/kg Lieferform	pH-Wert der (gesättigten) Lösung
Aluminiumchlorid	AlCl ₃	Lösung 1,3	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Al ³⁺	58 – 60 2,2	1
Aluminium-Eisen(III)-chlorid	AlCl ₃ + FeCl ₃	Lösung 1,15	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Al ³⁺ Fe ³⁺	19 10 0,9	1
Aluminiumsulfat	Al ₂ (SO ₄) ₃	Granulat, Pulver 1 Lösung 1,27	Silo <i>Schnecke</i> Tank <i>Pumpe</i>	Al ³⁺	40 <u>1,5</u> 24 0,9	3
Aluminium-Eisen(III)-sulfat	[Al ₂ (SO ₄) ₃ + Fe ₂ (SO ₄) ₃] • n H ₂ O	Granulat 0,95	Silo <i>Schnecke u.</i>	Al ³⁺ Fe ³⁺	82 10	2
Natriumaluminat	NaAl(OH) ₄	Lösung 1,3 – 1,5	Tank <i>Pumpe</i>	Al ³⁺	62 – 105 2,3 – 3,9	14
Polyaluminium-(hydroxid)-chlorid (PAC)	[Al(OH) _{3-x} Cl _x] _n	Lösung 1,2 – 1,37	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Al ³⁺	70 – 90 2,6 – 3,3	1 - 3
Polyaluminium-(hydroxid)-chlorid-sulfat	Al _x (OH) _y Cl _z (SO ₄) _k	Lösung 1,4	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Al ³⁺	52 – 90 1,9 - 3,3	1
Polyaluminium-Eisen(III)-chlorid	[Al(OH) _{3-x} Cl _x] _n + FeCl ₃	Lösung 1,3	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Al ³⁺ Fe ³⁺	59 6 – 15 2,3 – 2,5	1

Produktbezeichnung	chemische Formel	Typische Lieferform Dichte bzw. Schüttgewicht in t / m ³	Lagerung und <i>Dosierung</i>	Wirksames Kation zur P-Fällung	übliche Wirkstoffgehalte in g/kg und mol/kg Lieferform	pH-Wert der (gesättigten) Lösung
Eisen(II)-chlorid	FeCl ₂	Lösung 1,32 – 1,36	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	86 – 90 1,5 – 1,6	1
Eisen(III)-chlorid	FeCl ₃	Lösung 1,41 – 1,43	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Fe ³⁺	135 – 138 2,4 – 2,5	1
Eisen(III)-chloridsulfat	FeClSO ₄	Lösung 1,43 – 1,52	Tank <i>säurefeste Pumpe</i>	Fe ³⁺	123 2,2	1
Eisen(II)-sulfat	FeSO ₄ • 7 H ₂ O	restfeuchtes (Grün-)Salz 1	Einsumpfbunker <i>Pumpe</i>	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	178 – 195 3,2 – 3,5	2
Eisen(II)-sulfat	FeSO ₄ • n H ₂ O	Granulat 0,8	Silo <i>Schnecke u. Exzenterpumpe</i>	Fe ²⁺ → Fe ³⁺	195 3,5	3
Eisen(III)-sulfat	Fe ₂ (SO ₄) ₃	Lösung 1,5	Tank <i>Pumpe</i>	Fe ³⁺	118 2,1	1
Calciumhydroxid Weisskalkhydrat (gelöschter Kalk) stabilisierte Kalkmilch (20 %ig)	Ca(OH) ₂	Pulver 0,45 Suspension 1,15	Silo <i>Schnecke</i> Tank <i>Exzenterpumpe</i>	Ca ²⁺	376 <u>9,4</u> 75 1,9	12,5

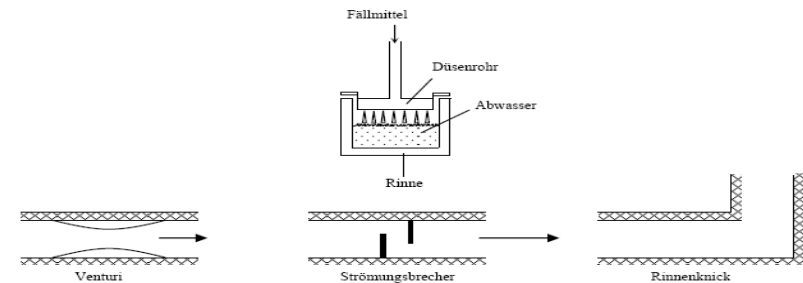
Dosierstellen

Für die Auswahl der Dosierstellen gelten folgende Kriterien:

- gute Einmischungsbedingungen (große Turbulenzen, hoher Energieeintrag)
- kurze Entfernung von der Lager- und Dosiervorrichtung
- gut zugänglich und sichtbar

Auflistung geeigneter Dosierstellen:

- Hydraulischer Wechselsprung
- Toskammern von Wehren
- Zusammenführung v. Teilströmen
- Einbau von Blenden
- druckseitige Turbulenz von Pumpen
- Querschnittserweiterungen
- Absturzbauwerke
- Einbau von Röhren
- Schneckenpumpwerk
- belüftete Fließstrecken

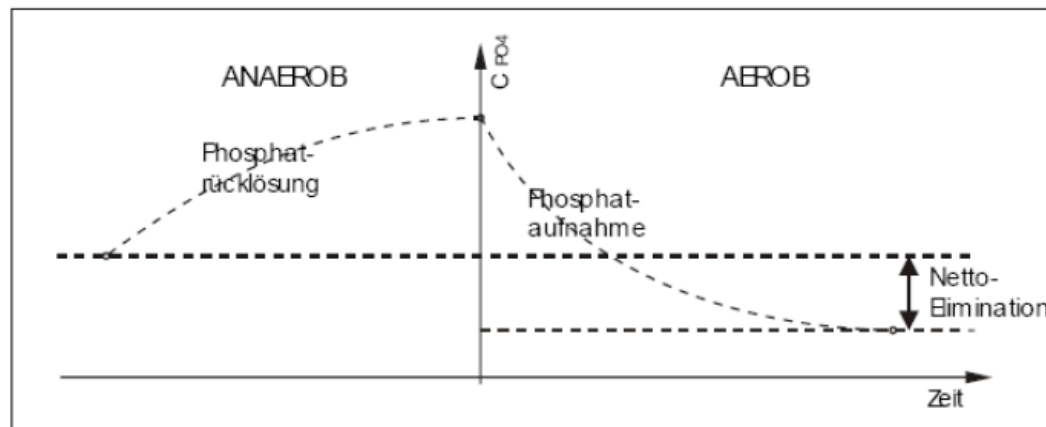


Phosphorreduzierung in Abwasseranlagen

b. Biologische P- Elimination (Bio-P)

Steigerung der Phosphoraufnahme und –bindung an den belebten Schlamm durch Anreicherung bestimmter Bakteriengruppen.

Die erforderlichen Prozessbedingungen für die Bio-P sind ein ständiger Wechsel von anaeroben zu aeroben Verhältnissen, um einen Stoffwechselstress zu erzielen.



Prinzipieller Verlauf der P- Konzentration in einer Anlage zu biologischen Phosphorelimination

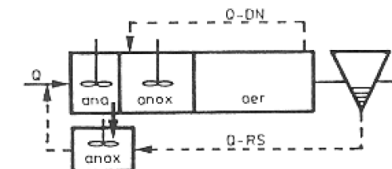
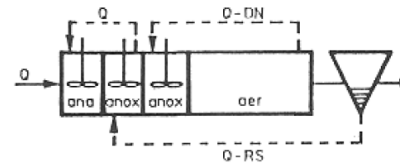
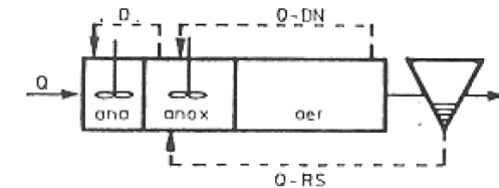
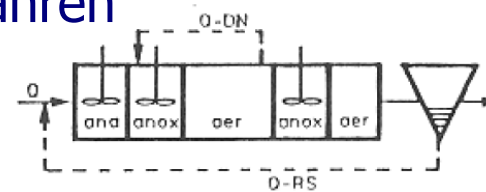
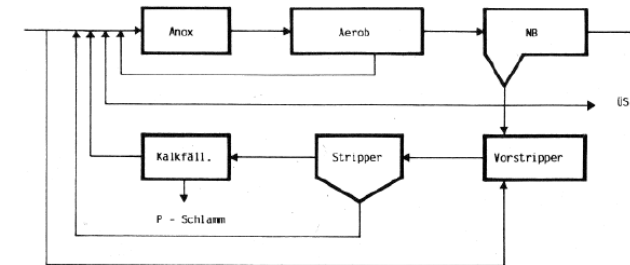
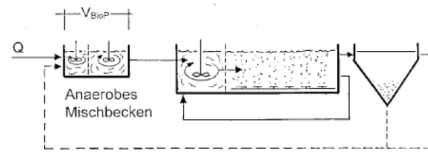
(Schönberger, 1990)

Günstige Voraussetzungen für Bio- P

- Möglichst geringer $\text{NO}_3\text{-N}$ Zufluss ins Anaerobbecken ($< 0,5 \text{ mg/l}$)
- günstige Nährstoffverhältnisse ($\text{P/BSB}_5 < 0,03$ und $\text{N/BSB}_5 < 0,25$)
- geringes Schlammalter ($t_{\text{TS}} = 8 - 10 \text{ d}$)
- Anaerobe Kontaktzeit ($0,5 - 2 \text{ h}$)
- Phosphataufnahme (aerobe Bedingung $\text{O}_2 > 1 \text{ mg/l}$)
- Temperatur (besser $> 10^\circ \text{ C}$)
- pH- Wert (optimaler Bereich pH 7)

Verfahrenen für Bio- P

- Hauptstromverfahren
- Nebenstromverfahren
- patentrechtlich geschützte Verfahren
 - PHOREDOX- Verfahren
 - UCT- Verfahren
 - Modifiziertes UCT- Verfahren
 - ISAH- Verfahren



Mess- und Regelkonzepte

Messgröße	C_P Gesamtphosphor	S_{PO_4} Orthophosphat
Messorte		
Zulauf Biologie	<p>Möglich</p> <p>Der P-Einbau in den Überschussschlamm ist durch Abschätzung zu berücksichtigen. Eine kontinuierliche Probenahme muss so erfolgen, dass die Probe nicht durch eine Vorbehandlung, die ggf. zu einer Abtrennung von partikulär gebundenem Phosphor führen kann, beeinflusst wird. Dies ist jedoch an diesem Messort nur schwer zu gewährleisten.</p>	<p>Möglich</p> <p>An diesem Messort liegen nur 60-75 % der Phosphorverbindungen bereits als Orthophosphat vor. Der chemisch eliminierbare Phosphatanteil muss abgeschätzt werden. Dabei ist auch der P-Einbau in den Überschussschlamm zu berücksichtigen. Die Probenvorbereitung kann an diesem Messort aufwendig sein.</p>
Ablauf Biologie	<p>Nicht sinnvoll</p> <p>Das in der Schlammflocke gebundene, aber nicht fällbare Phosphat wird miterfasst, daher für Einbindung in die Regelung der Fällung nicht geeignet.</p>	<p>Sinnvoll</p> <p>Direkte Erfassung des fällbaren P-Anteils, durch kurze Verzugszeit gut geeignet zur Einbindung in die Regelung (bei geeigneter Dosierstelle). Nachteil: Keine vollständige Erfassung der Überwachungsgröße.</p>
Ablauf Nachklärung	<p>Nicht sinnvoll für die Einbindung in eine Regelung*</p> <p>Die Überwachungsgröße wird vollständig erfasst. Die Verzugszeit ist jedoch für eine Einbindung in die Regelung zu groß.</p>	<p>Nicht sinnvoll</p> <p>Wie Ablauf Biologie, aber wegen zu langer Verzugszeit nicht zur Einbindung in die Regelung geeignet.</p>

Kombinationen von Messorten und Messgrößen bei der Simultanfällung (ATV-DVWK-M 206, 2001)

Mess- und Regelkonzepte

Messgröße zur P-Frachtermittlung in Abhängigkeit von der Dosierstelle (Sölter, K. und Weber, N., 2000, verändert),

Dosierstelle für das Metallsalz	Grundlage für die P-Fracht-Ermittlung (24 h Mischprobe)
Zulauf Vorklärung	S_{PO_4} im Ablauf Sandfang (nur das gelöste P kann an dieser Stelle ausgefällt werden)
Zulauf Belebungsbecken	C_P im Zulauf zur Belebung (C_P wird in der Belebung aufgeschlossen und fällbar gemacht)
Ablauf Belebung = Zulauf Nachklärung	S_{PO_4} im Ablauf Belebung/ Zulauf Nachklärung
Rücklaufschlamm	S_{PO_4} in der Nitrifikationsstufe
Zulauf Filter	S_{PO_4} im Zulauf Filter

Steuerungs- und Regelkonzepte für die Phosphatelimination

Die Steuerung oder Regelung der Fällmitteldosierung kann:

- zeitabhängig
- nach gemessenen Ganglinien (bei kleinen Kläranlagen)
- durchflussproportional (bei mittelgroßen Anlagen)
- phosphorfrachtproportional (bei großen Kläranlagen)
- durch eine Dosierung abhängig von Phosphatkonzentration im Ablauf durchgeführt werden.

Fällmittelbedarf in Abhängigkeit vom Zugabeverfahren (IWA Publishing, 2005)

Verfahrenstechnik	Zugegebenes Fällmittel
Frachtabhängige Regelung	100 % (Basis für den Vergleich)
Konstante Zugabe	264 %
Durchflussproportionale Zugabe	209 %
Frachtproportionale Zugabe	201 %

Optimierung des Fällmitteleinsatzes

Vergleich anhand von Kennzahlen:

- β - Wert ist nicht zu empfehlen, da keine einheitliche Definition
- Kennzahl K_p bezogen auf die Tagesfracht [kg P /d]

$$K_p = \frac{FM_d}{C_{P,Z} * Q_d} * 1000 \text{ [mol ME/kg P]}$$

FM_d = Wirksubstanz [mol/kg] * Dichte [kg/l] * Tagesverbrauch [l/d]

FM_d = Mittelwert des Fällmittelverbrauchs pro Tag [mol Me/d]

$C_{P,Z}$ = Durchschnittskonzentration von Pges im Zulauf KA [g/m³]

Q_d = Mittelwert der Abwassermenge pro Tag [m³/d]

Erfahrungswerte K_p

BioP- Anlagen	11
Stabi- Anlagen	17
Deni- Anlagen	23
ChemP- Anlagen	30

(siehe auch KA- Betriebsinfo 1/2006)

Phosphatelimination in Abwasserteichen

- Eine wesentliche Rolle spielt der Sauerstoffgehalt im Sedimentbereich.
- Der Abwasserteich sollte bis in den Bodenschlamm aerob sein.
- Bei anaeroben Verhältnissen kommt es zu Rücklösungen des im Schlamm sedimentierten Phosphors.

Praxis:

- Dosierung in Sandfang
- Dosierung in den Zulauf zum 2. Teich

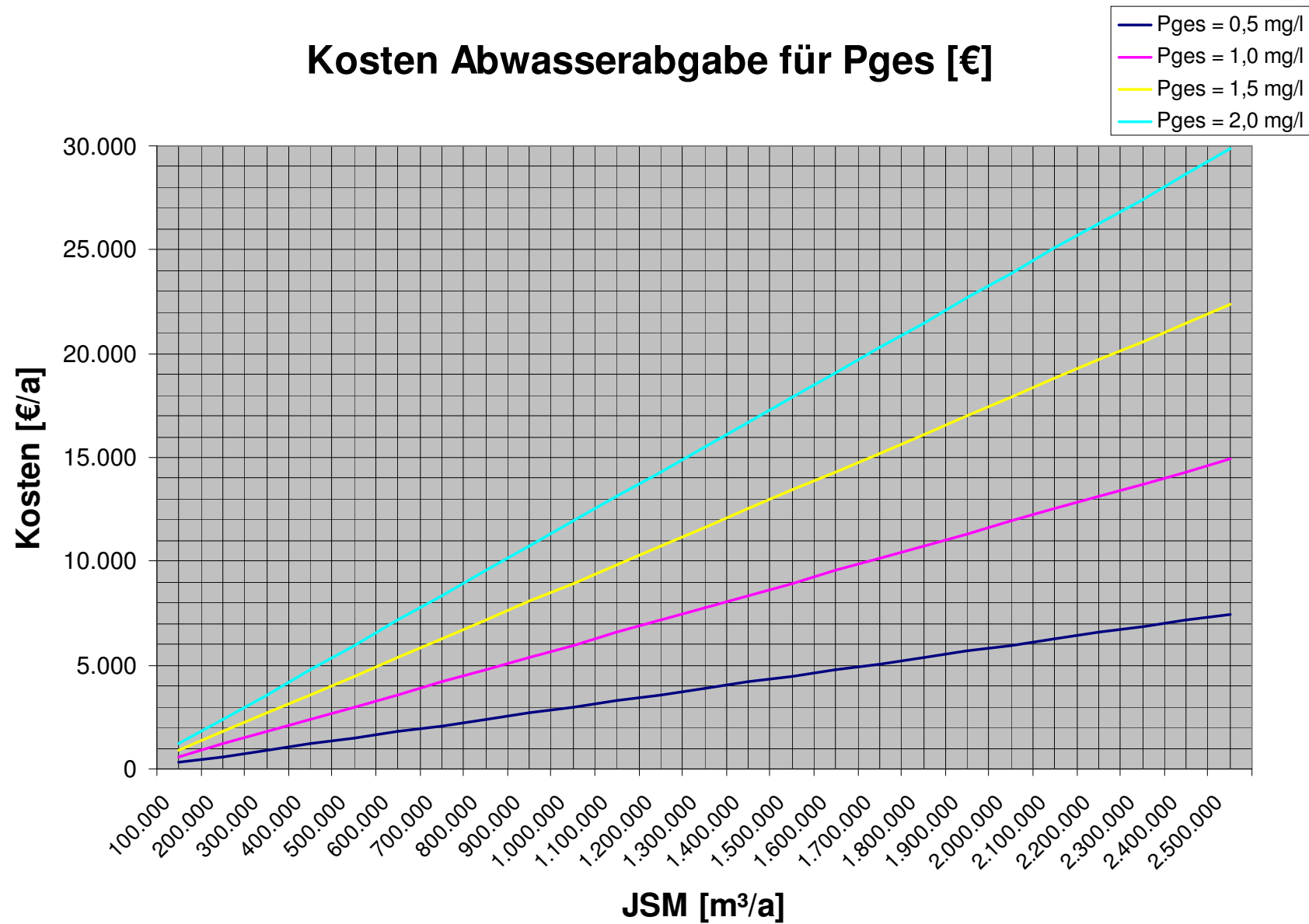
Chem-P			
spezifischer Abwasseranfall:	200		l/(E · d)
chemisch zu entfernendes P:	1		g P/(E · d)
Wirksubstanzbedarf Fe:	2,7		g Fe/(E · d)
Wirksubstanzbedarf Al:	1,3		g Al/(E · d)
Schlammanfall Fe-Fällung:	6,8		g TR/(E · d)
Schlammanfall Al-Fällung:	5,2		g TR/(E · d)
spezifische Kosten	von	bis	
Fällmittelkosten Fe:	64,1	96,1	€Cent/(E · a)
Fällmittelkosten PAC:	94,9	142,4	€Cent/(E*a)
Fällmittelkosten Na-Al:	54,2	67,8	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Fe:	49,3	98,6	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Al:	38,0	75,9	€Cent/(E · a)
Kapitaldienst Fällmittelstation:	2,3	3,5	€Cent/(E*a)
Gesamtkosten Fe:	115,7	198,2	€Cent/(E · a)
	1,6	2,7	€Cent/m3
Gesamtkosten PAC:	135,2	221,7	€Cent/(E · a)
	1,9	3,0	€Cent/m3
Gesamtkosten Na-Al:	94,5	147,2	€Cent/(E · a)
	1,3	2,0	€Cent/m3

Bio-P			
spezifischer Abwasseranfall:	200		l/(E · d)
spezifische RLS-Förderung:	300		l/(E · d)
biologisch zu entfernendes P:	1		g P/(E · d)
Schlammanfall Bio-P:	3		g TR/g P
spezifische Kosten	von	bis	
Kapitaldienst anaerobes Mischbecken:	36,1	72,3	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Bio-P:	21,9	43,8	€Cent/(E · a)
Gesamtkosten Bio-P:	58,0	116,1	€Cent/(E · a)
	0,8	1,6	€Cent/m3

Bio-P und unterstützende Chem-P			
spezifischer Abwasseranfall:	200		l/(E · d)
biologisch zu entfernendes P:	0,8		g P/(E · d)
chemisch zu entfernendes P:	0,2		g P/(E · d)
Wirksubstanzbedarf Fe:	0,54		g Fe/(E · d)
Wirksubstanzbedarf Al:	0,3		g Al/(E · d)
Schlammanfall Fe-Fällung:	1,4		g TR/(E · d)
Schlammanfall Al-Fällung:	1,04		g TR/(E · d)
Schlammanfall Bio-P:	2,4		g TR/(E · d)
spezifische Kosten	von	bis	
Fällmittelkosten Fe:	12,8	19,2	€Cent/(E · a)
Fällmittelkosten PAC:	19,0	28,5	€Cent/(E*a)
Fällmittelkosten Na-Al:	10,8	13,6	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Bio-P:	17,5	35,0	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Fe:	9,9	19,7	€Cent/(E · a)
Schlammbehandlungskosten Al:	7,6	15,2	€Cent/(E · a)
Kapitaldienst Fällmittelstation:	2,3	3,5	€Cent/(E*a)
Gesamtkosten Fe:	42,5	77,4	€Cent/(E · a)
	0,6	1,1	€Cent/m3
Gesamtkosten PAC:	46,4	82,2	€Cent/(E · a)
	0,6	1,1	€Cent/m3
Gesamtkosten Na-Al:	38,3	67,3	€Cent/(E · a)
	0,5	0,9	€Cent/m3

Ergebnisse einer vergleichenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für verschiedene Verfahren der P- Elimination

Kosten Abwasserabgabe für Pges [€]



Anhang- Anforderungen an oberirdische Lageranlagen für Phosphatfällmittel der Wassergefährdungsklasse 1 (Eisen II, Eisen III, Aluminiumsalze)

1. Grundsatzanforderungen an Lageranlagen (§§ 3-5 VAWS sowie Anhänge 1+2 VAWS)

Anlagen müssen so beschaffen sein und betrieben werden, dass wassergefährdende Stoffe nicht austreten können. Sie müssen dicht, standsicher und gegen die zu erwartenden mechanischen, thermischen und chemischen Einflüsse hinreichend widerstandsfähig sein. Die Anforderungen an Anlagen, vor allem zur Anordnung, zum Aufbau, zu den Schutzvorkehrungen und zur Überwachung, sind nach ihrem Gefährdungspotenzial zu stufen. Einwandige unterirdische Behälter sind unzulässig.

Undichtheiten aller Anlagenteile, die mit wassergefährdenden Stoffen in Berührung stehen, müssen schnell und zuverlässig erkennbar sein.

Austretende wassergefährdende Stoffe müssen schnell und zuverlässig erkannt, zurückgehalten sowie ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder beseitigt werden.

Im Schadensfall anfallende Stoffe, die mit ausgetretenen wassergefährdenden Stoffen verunreinigt sein können, insbesondere verunreinigtes Löschwasser, müssen zurückgehalten sowie ordnungsgemäß und schadlos verwertet oder beseitigt werden.

Rohr- und Dosierleitungen müssen nach § 12 VAWS folgende Anforderungen erfüllen:

- doppelwandige Leitung mit Leckanzeige oder
- Saugleitung oder
- Leitung im Schutzrohr oder
- gleichwertiger technischer Aufbau

2. Besondere Anforderungen an Lageranlagen > 1 m³ bis 100 m³ Rauminhalt

Es gelten die Grundsatzanforderungen nach Ziffer 1 sowie folgende Anforderungen:

Im Regelfall müssen die Lageranlagen mit einem dichten und beständigen Auffangraum ausgerüstet werden, sofern sie nicht doppelwandig und mit Leckanzeigergerät versehen sind. Auffangräume dürfen keine Abläufe haben. Die Wasserbehörde kann Abläufe zulassen, wenn dies zur Ableitung des Niederschlagswassers unvermeidlich ist und wenn ausgeschlossen ist, dass wassergefährdende Stoffe über die Abläufe austreten können.

Beim Befüllen brauchen im Allgemeinen an die Abfüllplätze keine besonderen Anforderungen gestellt werden, wenn ortsfeste Behälter höchstens viermal je Jahr befüllt oder entleert werden und der Rauminhalt 100 m³ nicht übersteigt. Ansonsten muss der Abfüllplatz stoffundurchlässig hergestellt sein; z.B. Asphaltbelag in Straßenbauweise oder Betonfläche.

Es ist eine Betriebsanweisung nach § 3 Nr. 6 VAWS mit Überwachungs-, Instandhaltungs- und Alarmplan aufzustellen. Das Bedienungspersonal ist regelmäßig insbesondere über die Betriebsanweisung zu unterrichten. Die erfolgte Unterweisung ist in einer geeigneten betrieblichen Unterlage zu vermerken.

Anmerkungen:

Nur unterirdische Lageranlagen sind wasserrechtlich anzeige- und prüfpflichtig
Anlagen größer 5 m³ Rauminhalt sind baurechtlich genehmigungspflichtig

Der Abfüllplatz ist so herzustellen, dass von der Fläche nach außen nichts abfließen und von außen nichts auf die Fläche abfließen kann.

Zusammenfassung

Verringerung der Phosphateinleitungen

- **Zielwert für Pges im Kläranlagenablauf**
- **Verfahrenstechnik der Phosphateliminierung**
- **Art des eingesetzten Fällmittels**
- **Dosierung / Dosierstelle**
- **MSR- Technik**