

22. LEISTUNGSVERGLEICH KOMMUNALER KLÄRANLAGEN 2009



Kläranlage Gut Marienhof



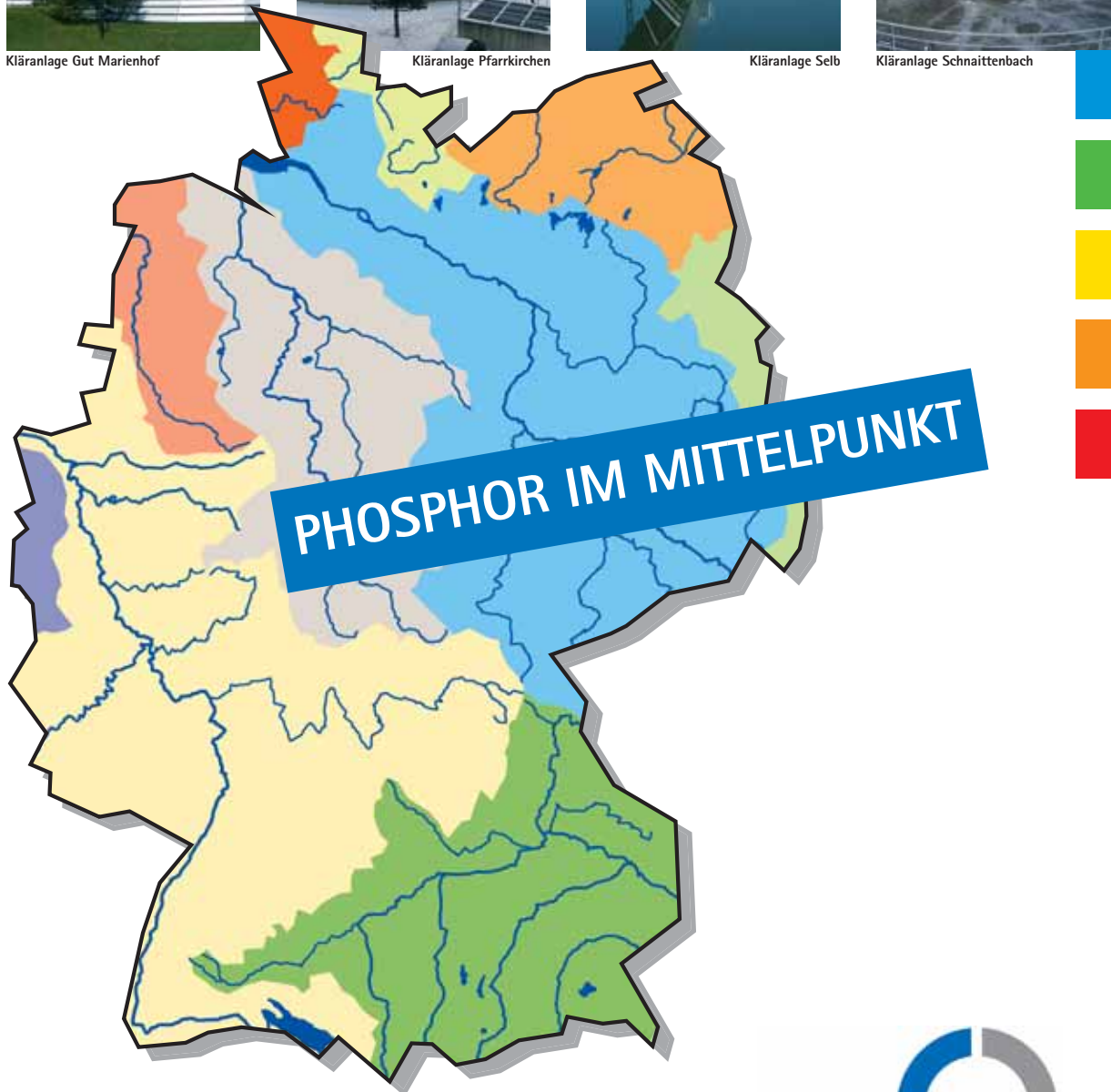
Kläranlage Pfarrkirchen



Kläranlage Selb



Kläranlage Schnaittenbach



PHOSPHOR IM MITTELPUNKT

22. DWA-Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2009



Kläranlage Kempten

Zusammenfassung

Dem großen Engagement des Betriebspersonals in der Nachbarschaftsarbeit ist es zu verdanken, dass auch am 22. bundesweiten Leistungsvergleich die Beteiligung sehr hoch ist. Die Ergebnisse geben damit ein repräsentatives Bild der Situation in Deutschland wieder. 2009 beteiligten sich 6.060 kommunale Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 138 Mio. Einwohnerwerten (EW). Bezogen auf die Gesamtausbaugröße von rund 151 Mio. EW aller Kläranlagen bedeutet dies eine Beteiligung von 91 %.

Grundlage sind die Einzelmessungen aus der Selbstüberwachung, die als Jahresmittelwerte in die Bewertung einfließen. Aussagen über die jahreszeitlichen Schwankungen und zur Betriebsstabilität sind an Hand der Mittelwerte nicht möglich.

Die Auswertungen der Zu- und Ablauffrachten und damit der Abbaugrade nach Kläranlagen-Größenklassen zeigen, dass der CSB-Abbau bei allen Größenklassen nur geringe Unterschiede aufweist. Beim Stickstoff weisen die Anlagen der Größenklasse 3 die besten Ergebnisse auf. Bei der P-Elimination werden in der Größenklasse 5 die besten Ergebnisse erzielt.

Detailauswertungen zum Parameter Phosphor zeigen auch bei Kläranlagen der Größenklasse 1 – 3 im Mittel Abbaugrade von 67 % bis knapp 80 %. Bei einem erhöhten spezifischen Abwasseranfall sinkt der Eliminationsgrad.

	An zentrale Kläranlagen angeschlossene Einwohner*	Beteiligung am Leistungsvergleich nach EW
Baden-Württemberg	99 %	100 %
Bayern	96 %	100 %
Berlin	99 %	100 %
Brandenburg	85 %	71 %
Bremen	100 %	100 %
Hamburg	99 %	100 %
Hessen	99 %	97 %
Mecklenburg-Vorpommern	86 %	93 %
Niedersachsen	94 %	90 %
Nordrhein-Westfalen	98 %	84 %
Rheinland-Pfalz	99 %	94 %
Saarland	94 %	100 %
Sachsen	85 %	85 %
Sachsen-Anhalt	90 %	73 %
Schleswig-Holstein	94 %	91 %
Thüringen	69 %	94 %
Bundesgebiet	95 %	91 %

Tabelle 1: Anschluss- und Beteiligungsgrad

Bei geringem spezifischem Abwasseranfall können Eliminationsgrade > 95 % erreicht werden. Mit weitergehenden Eliminationsverfahren (Filter, etc.) können im Mittel P_{ges} -Werte im Ablauf < 0,3 mg/l gesichert eingehalten werden. Dabei wird auch der Ablauf-CSB um bis zu 15 % reduziert.

1. Ziele, Grundlagen und Grenzen des bundesweiten Leistungsvergleiches

Mit Hilfe des Leistungsvergleiches soll die Öffentlichkeit über die Qualität der Abwasserreinigung in verständlicher Form informiert werden. Dabei soll der aktuelle Stand der Reinigungs niveaus dargestellt werden.

Für die Beurteilung der Ergebnisse ist es wichtig, den Anschlussgrad der Einwohner an kommunale Kläranlagen und die Beteiligung am Leistungsvergleich, bezogen auf die Ausbaugröße der Kläranlagen, zu kennen. Aufschluss darüber gibt Tabelle 1. Wegen der regionalen Unterschiede sind hier die Werte der Bundesländer von Bedeutung. Insgesamt beteiligten sich 6.060 Kläranlagen. Die über 3,6 Mio. Einzelmessungen aus der Selbstüberwachung, auf die sich der Leistungsvergleich stützt, sind ein Verdienst der guten Arbeit des Betriebspersonals. Mit dieser Veröffentlichung soll nicht zuletzt dieses Engagement gewürdigt werden. Die im Leistungsvergleich ermittelten Jahreswerte der einzelnen Abwasseranlagen werden in den Nachbarschaften zusammengefasst, durch die DWA-Landesverbände aufbereitet und an die Bundesgeschäftsstelle zur Auswertung weitergeleitet.

Wegen der Mittelwertbildung der Jahresergebnisse ist es nicht möglich, regionale Besonderheiten oder Schwankungen herauszuarbeiten. Hier wird auf die Auswertungen der einzelnen Landesverbände verwiesen. Interessant ist die extreme Verteilung der Kläranlagen zwischen Ausbaugröße und Anzahl (siehe Abb. 1). So besitzen nur 3,6 % der Kläranlagen eine Ausbaugröße von > 100.000 EW, die 51 % der Gesamtausbaugröße repräsentieren.

2. Zu- und Ablaufkonzentrationen und Abbaugrade

Die Ergebnisse der Zu- und Ablaufmessungen (frachtgewichtete Jahresmittelwerte) sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Gegenüber dem Vorjahr ergaben sich bei den mittleren Zu- und Ablaufkonzentrationen und bei den C-, N- und P-Abbaugraden keine signifikanten Änderungen.

Die Auswertungen der Ablaufwerte aufgeteilt nach Kläranlagen-Größenklassen zeigen ebenso wie im Vorjahr bei den C- und N-Parametern für die Größenklassen 3 – 5 sehr gute Ergebnisse. Bei den Größenklassen 1 und 2 liegen die Werte signifikant höher und weisen eine höhere Schwankungsbreite auf. Bei den P-Ablaufwerten sind die unterschiedlichen Anforderungen deutlich erkennbar. Die Ablaufwerte der Größenklassen 1 – 3 liegen auf einem deutlich höheren Niveau. Da die Grafiken und diesbezüglichen Erläuterungen für das Jahr 2009 gegenüber dem Vorjahr praktisch unverändert sind, wurde auf einen Abdruck verzichtet, auf den Leistungsvergleich 2008 darf im Detail verwiesen werden.

Die Ergebnisse der Auswertung der Zu- und Ablauffrachten und der Abbaugrade nach Kläranlagengrößenklassen (Datenbasis: 5.220 Anlagen, 134 Mio. EW, siehe auch Kap. 3) für die Parameter CSB, GesN und P_{ges} sind in den Tabellen 3 – 5 zusammengestellt. Die spezifischen Stickstoff- und Phosphorfrachten ergeben sich aus dem Bezug auf eine CSB-Fracht von 120 g/(EW*d) und der mittleren CSB-Fracht im Zulauf. Beim CSB weisen die Größenklassen 3 – 5 annähernd gleich hohe Abbaugrade auf. Die Mittelwerte der Größenklassen 1 und 2 liegen geringfügig niedriger (Tab. 3).

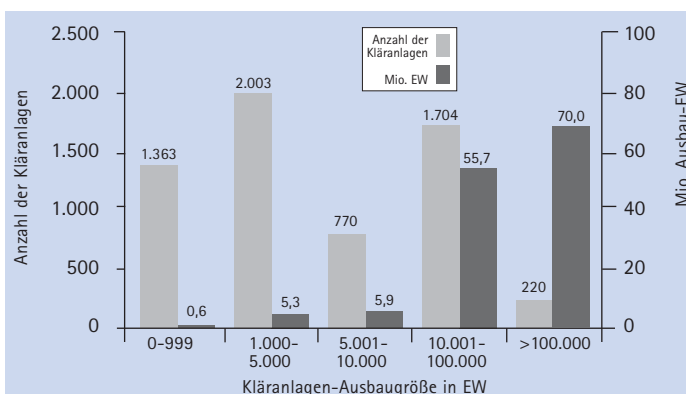


Abbildung 1: Am Leistungsvergleich 2009 beteiligte Kläranlagen

*Quelle: Statistisches Bundesamt, 2009 / Ergebnisse für 2007

DWA-Landesverband	Baden-Württemberg	Bayern	Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland	Nord	Nord-Ost	Nordrhein-Westfalen	Sachsen/Thüringen	Gesamt
Kläranlagen (Anzahl)	1.008	1.621	1.497	550	285	523	576	6.060
Jahresabwassermenge (Mio. m ³)	1.612	1.564	1.460	826	496	2.270	480	8.708
Ausbau-EW (Mio. EW)	21,6	26,6	18,2	21,4	13,1	28,8	7,8	137,5
Mittlere EW-Belastung (Mio. EW)	16,3	19,1	15,8	16,6	10,7	20,4	6,5	105,4
Ausbau-EW/Mittlere EW-Belastung	1,33	1,40	1,15	1,29	1,22	1,41	1,19	1,30
Spezifischer Abwasseranfall (m ³ /E.a)	99	82	92	50	46	111	73	83
BSB ₅ * Zulauf (mg/l)	-	270	231	-	402	-	285	274
	Ablauf (mg/l)	-	4,3	4,5	-	3,9	-	4,3
CSB Zulauf (mg/l)	442	534	475	881	945	393	596	530
	Ablauf (mg/l)	22	28	24	40	41	26	28
GesN** Zulauf (mg/l)	42,0	48,1	46,9	72,6	83,1	38,0	54,6	48,8
	Ablauf (mg/l)	10,4	10,2	9,1	9,5	11,2	8,1	9,5
P _{ges} Zulauf (mg/l)	6,5	9,9	7,5	11,6	14,0	5,6	8,2	8,0
	Ablauf (mg/l)	0,71	1,00	0,95	0,70	0,57	0,49	0,75
NH ₄ -N Ablauf (mg/l)	1,02	1,53	1,75	1,47	1,29	0,92	1,28	1,28

* BSB₅ wird in Baden-Württemberg, NRW und Nord nicht mehr gemessen. ** GesN = N_{amorg} + N_{org}

Tabelle 2: Mittlere Zu- und Ablaufkonzentrationen

Die für die Bemessung von kommunalen Kläranlagen angesetzten spezifischen Frachten im Zulauf von 11 g/(EW*d) für Stickstoff und von 1,8 g/(EW*d) für Phosphor werden im Mittel nur geringfügig über- bzw. unterschritten (Tab. 4 und 5). Bei den Größenklassen 1 und 2 liegen die spezifischen Frachten deutlich höher, was auch auf die Art der Probenahme (2-Stunden-Mischproben bzw. qualifizierte Stichproben im Zulauf) zurückgeführt werden kann. Umgekehrt liegen die spezifischen Frachten in der Größenklasse 5 unter den Bemessungswerten, was z. B. auf nährstoffarme Abwässer aus dem Bereich Industrie und Gewerbe weist.

Bei den N-Abbaugraden (Tab. 4) weist die Größenklasse 3 die besten Werte auf. Dies ist darauf zurückzuführen, dass in dieser Größenklasse sehr viele Stabilisierungsanlagen mit intermittierender Belüftung zu finden sind. Aber auch in den Größenklassen 1 und 2, in denen keine Anforderungen für die N-Elimination bestehen, werden bereits sehr hohe Abbaugrade erzielt.

Beim Phosphor (Tab. 5) wird in der Größenklasse 5 (Mindestanforderung: 1 mg/l P_{ges} im Ablauf) eine mittlere Phosphorelimination von 94 % erzielt. Die Anlagen der Größenklasse 4 (Mindestanforderung 2 mg/l P_{ges} im Ablauf) erreichen eine Phosphorelimination von 90,5 %. Die Größenklassen, in welchen keine für alle Anlagen verbindlichen Anforderungen an die Phosphorelimination gestellt werden, liegen deutlich darunter.

3. Auswertungen zum Phosphor

Im Rahmen des bundesweiten Leistungsvergleiches werden auch die Phosphorkonzentrationen im Zulauf der Kläranlagen erhoben. Für insgesamt 5.220 Anlagen mit einer Ausbaugröße von 134 Mio. EW lagen vollständige Datensätze vor. Die P_{ges}-Zulaufkonzentrationen weisen eine große Streubreite von 3 mg/l bis 30 mg/l auf. Wie Abb. 2 zeigt, wird die P_{ges}-Zulaufkonzentration maßgeblich vom Abwasseranfall beeinflusst. Der Abwasseranfall setzt sich aus dem Schmutzwasser aus Haushalten, Gewerbe und Industrie sowie aus Fremdwasser und auf Kläranlagen mitbehandeltem Regenwasser zusammen.

Etwa 13 % der Anlagen weisen einen spezifischen Abwasseranfall von weniger als 50 m³/(EW*a) auf. Zwischen 50 m³/(EW*a) und 100 m³/(EW*a) liegen rd. 45 % der Anlagen. Bei 33 % der Anlagen liegt der spezifische Abwasseranfall zwischen 100 und 200 m³/(EW*a), bei 9 % der Anlagen ist dieser Wert größer als 200 m³/(EW*a).

Im Allgemeinen wird ein Abwasseranfall von mehr als 50 m³/(EW*a) durch die Einleitung von Fremd- und Regenwasser verursacht, das im Vergleich zum Schmutzwasser im Regelfall nur wenig Phosphor enthält. Die bei den unterschiedlichen spezifischen Abwasseranfällen gemessenen P_{ges}-Zulaufkonzentrationen folgen der sich aus einer spezifischen P_{ges}-Fracht von 1,8 g/(EW*d) ergebenden Linie mit einer entsprechenden Streuung (Abb. 2).

Anzahl	Ausbau-EW Mio. EW	mittlere EW-Belastung Mio. EW	CSB-Fracht	spez.-CSB	CSB-Fracht	Abbau-	
			Zulauf t/a	Fracht Zulauf g/(EW*d)	Ablauf t/a	grad %	
GK1	992	0,5	0,6	28.225	120	2.399	91,5
GK2	1635	4,6	3,9	172.447	120	12.204	92,9
GK3	722	5,6	4,8	209.640	120	10.660	94,9
GK4	1653	53,8	41,2	1.812.424	120	84.997	95,3
GK5	218	69,6	53,0	2.321.452	120	123.693	94,7
Alle	5220	134,1	103,5	4.544.188	120	233.952	94,9

Tabelle 3: CSB - Zu- und Ablauffrachten sowie Abbaugrade

Anzahl	Ausbau-EW Mio. EW	mittlere EW-Belastung Mio. EW	GesN-Fracht	spez.-GesN	GesN-Fracht	Abbau-	
			Zulauf t/a	Fracht Zulauf g/(EW*d)	Ablauf t/a	grad %	
GK1	992	0,5	0,6	3.104	13,24	983	68,3
GK2	1635	4,6	3,9	20.341	14,18	4.727	76,8
GK3	722	5,6	4,8	22.021	12,61	3.647	83,4
GK4	1653	53,8	41,2	171.683	11,42	30.933	82,0
GK5	218	69,6	53,0	200.764	10,38	39.371	80,4
Alle	5220	134,1	103,5	417.914	11,06	79.661	80,9

Tabelle 4: GesN - Zu- und Ablauffrachten sowie Abbaugrade

Anzahl	Ausbau-EW Mio. EW	mittlere EW-Belastung Mio. EW	P _{ges} -Fracht	spez.-P _{ges}	P _{ges} -Fracht	Abbau-	
			Zulauf t/a	Fracht Zulauf g/(EW*d)	Ablauf t/a	grad %	
GK1	992	0,5	0,6	460	1,96	152	67,0
GK2	1635	4,6	3,9	2.890	2,01	897	69,0
GK3	722	5,6	4,8	3.292	1,89	667	79,7
GK4	1653	53,8	41,2	27.535	1,83	2.617	90,5
GK5	218	69,6	53,0	31.720	1,64	1.913	94,0
Alle	5220	134,1	103,5	65.897	1,74	6.246	90,5

Tabelle 5: P_{ges} - Zu- und Ablauffrachten sowie Abbaugrade

Die P_{ges} -Ablaufkonzentrationen (Abb. 3) sind bei den Anlagen der Größenklasse 4 und 5, welche gezielte Maßnahmen zur Phosphorelimination durchführen müssen, weitgehend unabhängig vom Abwasseranfall und liegen nahezu ausnahmslos unter 2 mg/l P_{ges} . Da nicht an alle kleineren Kläranlagen Anforderungen zur Phosphorelimination gestellt werden, ist deren Streubreite der Ablaufkonzentrationen wesentlich größer. Auch hier führt ein hoher spezifischer Abwasseranfall zu geringeren Ablaufwerten (Verdünnung).

Im Hinblick auf die Phosphorelimination (Abb. 4) zeigen die Ergebnisse der Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5, dass die gezielten Maßnah-

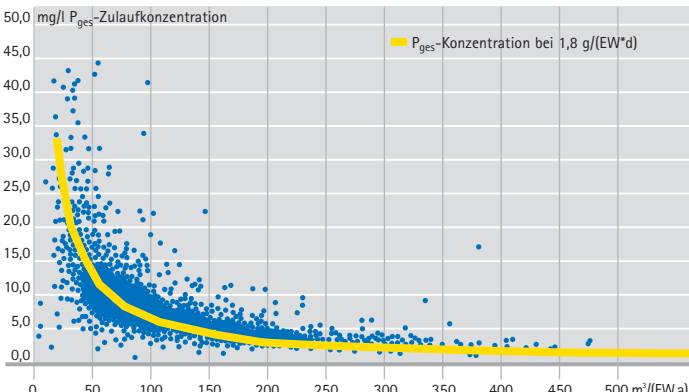


Abbildung 2: Gesamt-P Zulaufkonzentrationen in Abhängigkeit vom spezifischen Abwasseranfall

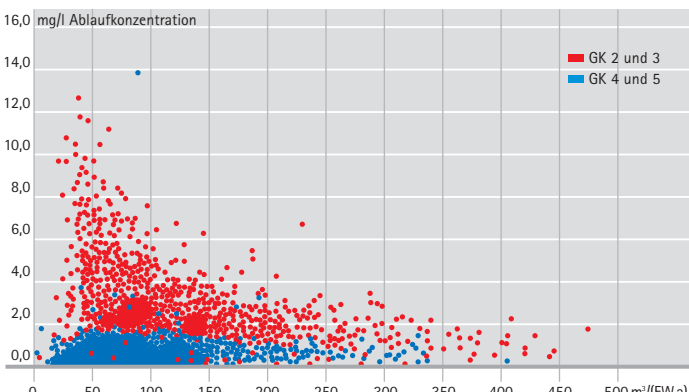


Abbildung 3: Gesamt-P Ablaufkonzentrationen in Abhängigkeit vom spezifischen Abwasseranfall

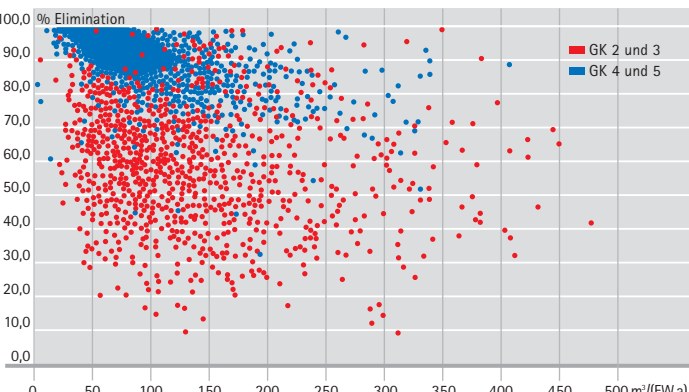


Abbildung 4: Gesamt-P Elimination in Abhängigkeit vom spezifischen Abwasseranfall

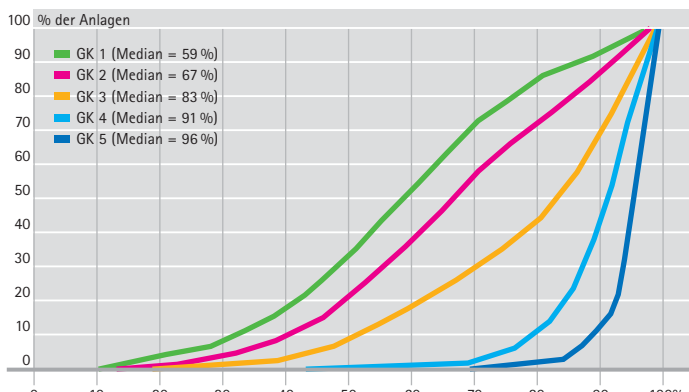


Abbildung 5: Summenhäufigkeit P_{ges} -Elimination

men zur Phosphorelimination bei einem höheren Abwasseranfall weniger greifen. Die Elimination sinkt hier häufig auf Werte unter 90 % ab. Die Phosphorelimination streut bei den kleineren Anlagen aufgrund der uneinheitlichen Anforderungen sehr stark, eine Elimination von 40 %, die in etwa dem Phosphoreinbau in die Biomasse entspricht, wird nur bei einem geringen Anteil der Anlagen (17 % der Anlagen der Größenklasse 1 und 9 % der Größenklasse 2) unterschritten (Abb. 5).

Um die Leistungsfähigkeit einer weitergehenden P-Elimination aufzuzeigen, wurden ergänzend die Möglichkeiten der Abwasserfiltration exemplarisch am Datensatz für das Jahr 2008 ausgewertet. Zu den eingesetzten Verfahren der Abwasserfiltration zählen Tuchfilter, Oberflächenfilter, kontinuierlich gespülte Filter, Raumfilter, Flockungsfilter und Biofilter (nicht im Einsatz als Hauptstufe). Somit werden nicht alle Filteranlagen gezielt zur P-Elimination eingesetzt. In Deutschland werden ca. 200 Abwasserfilter betrieben, von denen 85 % im Leistungsvergleich 2008 erfasst wurden. 84 % der Abwasserfilter kommen in den Größenklassen 4 und 5 zum Einsatz. Abb. 6 zeigt die Unterschreitungshäufigkeit der P_{ges} -Ablaufkonzentrationen im Vergleich von Kläranlagen mit und ohne Abwasserfiltration. Dabei ist zu beachten, dass aus auswertetechnischen Gründen die Anlagen mit Abwasserfiltern in der Referenzkurve enthalten sind. Es zeigt sich, dass mit der Abwasserfiltration deutlich niedrigere P_{ges} -Ablaufwerte erzielt werden können. Der Medianwert bei Anlagen mit Filtern liegt bei 0,31 mg/l P_{ges} , während er für Anlagen ohne Filter 1,42 mg/l P_{ges} beträgt. Die Steilheit der Kurve weist auf eine hohe Prozessstabilität hin. Auch für den Parameter CSB lassen sich leichte Verbesserungen im Medianwert von 27 mg/l auf 23 mg/l erkennen.

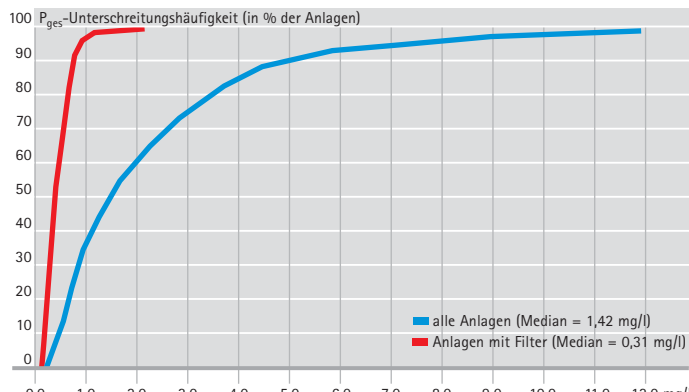


Abbildung 6: Summenhäufigkeit P_{ges} im Ablauf mit und ohne Abwasserfiltration

4. Auswertung nach Flussgebieten

Für die verschiedenen Flussgebiete wurden die aus den kommunalen Kläranlagen emittierten Restbelastungen, die emittierten Schmutzfrachten und die Abbaugrade ermittelt. Erstmals wurde diesmal auch ein Kohlenstoffparameter in Form des CSB zusätzlich betrachtet.

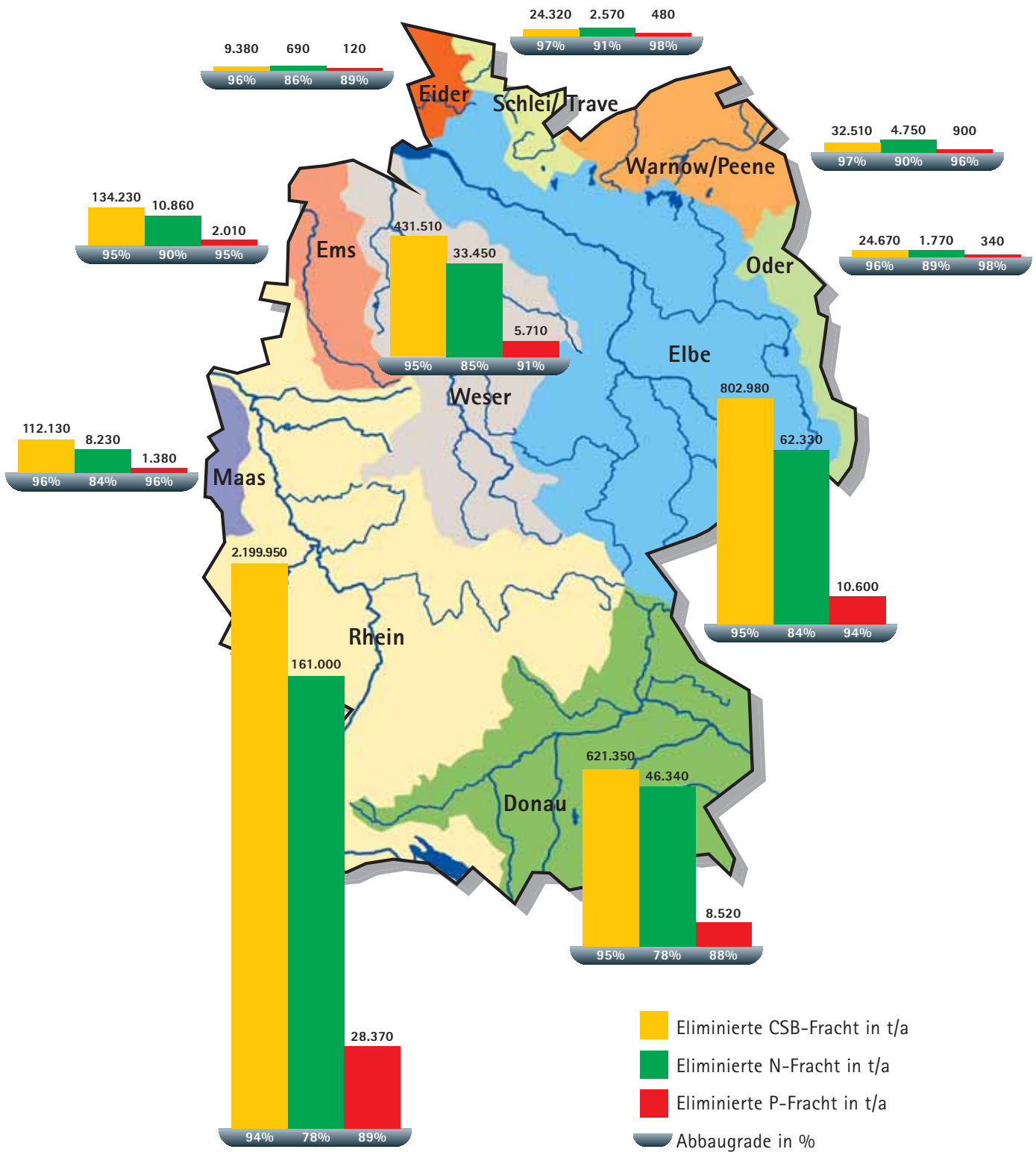
In Summe haben im Jahre 2009 die kommunalen Kläranlagen 4.393.030 t CSB, 331.990 t N und 58.430 t P eliminiert. Dieses Ergebnis wird von den großen Flussgebieten Rhein, Donau, Elbe und Weser dominiert. Beim CSB zeigen sich nur geringe Unterschiede bei den Abbaugraden (94 – 97 %). Beim Stickstoff liegen die Abbaugrade in Donau und Rhein unter 80 %, in den anderen Flussgebieten merklich höher (84 – 90 %). Im Flussgebiet Schlei/Trave werden sogar 91 % erreicht.

Obwohl die Ergebnisse bei den Phosphorabbaugraden enger beieinander liegen, zeigen sich ähnliche Tendenzen. Hier liegen mit Ausnahme der Flussgebiete Donau, Rhein und Eider die Abbaugrade über 90 %. Spitzenwerte werden in den Flussgebieten Schlei/Trave, Warnow/Peene, Maas und Ems erreicht.



Kläranlage Uffenheim

Eliminierte CSB-, N- und P-Frachten und Abbaugrade in den Flussgebieten



5. Schlussfolgerungen

Der 22. bundesweite Leistungsvergleich der kommunalen Kläranlagen konnte mit Hilfe der DWA-Kläranlagen-Nachbarschaften erfolgreich durchgeführt werden. Insgesamt verringerte sich die im Leistungsvergleich erfasste Kläranlagen-Kapazität gegenüber dem Vorjahr um etwa 4 Mio. EW. Die Gesamtzahl der zentralen Kläranlagen nahm geringfügig ab (Stilllegung älterer Kläranlagen, Anschluss an zentrale Anlagen). Derzeit sind etwa 78 Mio. E an zentrale kommunale Kläranlagen angeschlossen. Die gemessene mittlere Gesamtbelastung der Anlagen zeigt, dass in den erfassten kommunalen Anlagen derzeit auch etwa 35 Mio. EW aus den Bereichen Industrie, Gewerbe und Landwirtschaft mitgereinigt werden.

Die detaillierten Auswertungen zum Phosphor zeigten, dass auch bei Kläranlagen der Größenklassen 1 - 3, für welche keine generellen Mindestanforderungen für den P_{ges} -Gehalt im Ablauf gelten, im Mittel Abbaugrade von 67 % bis knapp 80 % erreicht werden. Die höchsten Eliminationsgrade erzielen Anlagen der Größenklasse 5. Die Phosphorelimination wird wesentlich von der spezifischen Abwassermenge (Verdünnung) beeinflusst. Bei einem höheren spezifischen Abwasseranfall kann eine weitgehende P-Frachtreduktion nur durch Herabsetzung der Grenzwerte (z.B. auf 0,3 - 0,5 mg/l P_{ges}) und einer dadurch erforderlichen optimierten Fällung bzw. Abwasserfiltration erreicht werden (z.B. Bodensee).

Mit weitergehenden P-Eliminationsverfahren (Abwasserfiltration) können auch sehr niedrige P_{ges} -Ablaufwerte bei hoher Prozessstabilität erzielt werden. Zudem wird dabei bedingt durch den fast vollständigen Rückhalt ungelöster Feststoffe der CSB im Ablauf um ca. 15 % reduziert.

Erneut wurde entsprechend der EU-Wasserrahmenrichtlinie auch eine Auswertung nach Flusseinzugsgebieten vorgenommen. Auch hier zeigte sich ein hoher Wirkungsgrad der Kläranlagen, wodurch 95 % der CSB-Fracht, 81 % der N-Fracht und 91 % der P-Fracht in den Kläranlagen entfernt werden konnte. Signifikante Unterschiede in der Ablaufqualität (vor allem beim CSB) zwischen den einzelnen Landesverbänden sind nunmehr vor allem auf die vorwiegend eingesetzten Kanalisationssysteme (Misch- und Trennverfahren), den unterschiedlich hohen Fremdwasseranfall und die dadurch bedingte Verdünnung des Abwassers zurückzuführen. Dies zeigen auch die

Abbaugrade. Insgesamt konnten auch im Jahre 2009 die Anforderungen der EU-Kommunalabwasserrichtlinie im bundesweiten Mittel erfüllt bzw. deutlich übertroffen werden. Dennoch besteht bei einigen Anlagen diesbezüglich noch ein gewisser Anpassungsbedarf (Kanalnetz und Kläranlage).

Die DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 Kläranlagen-Nachbarschaften bedankt sich bei allen Teilnehmern, Obleuten und LehrerInnen der Kläranlagen-Nachbarschaften für die Unterstützung bei der Erhebung und Auswertung der Daten, ohne die dieser bundesweite Leistungsvergleich nicht möglich wäre. Der Leistungsvergleich 2009 ist auch von der DWA-Internetseite (www.dwa.de) unter den Menüpunkten „Fachthemen - Kommunale Abwasserbehandlung - Aus der Facharbeit“ kostenfrei abrufbar.

