

30. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen



Kläranlage Bensheim



Kläranlage Neuburg a.d. Donau

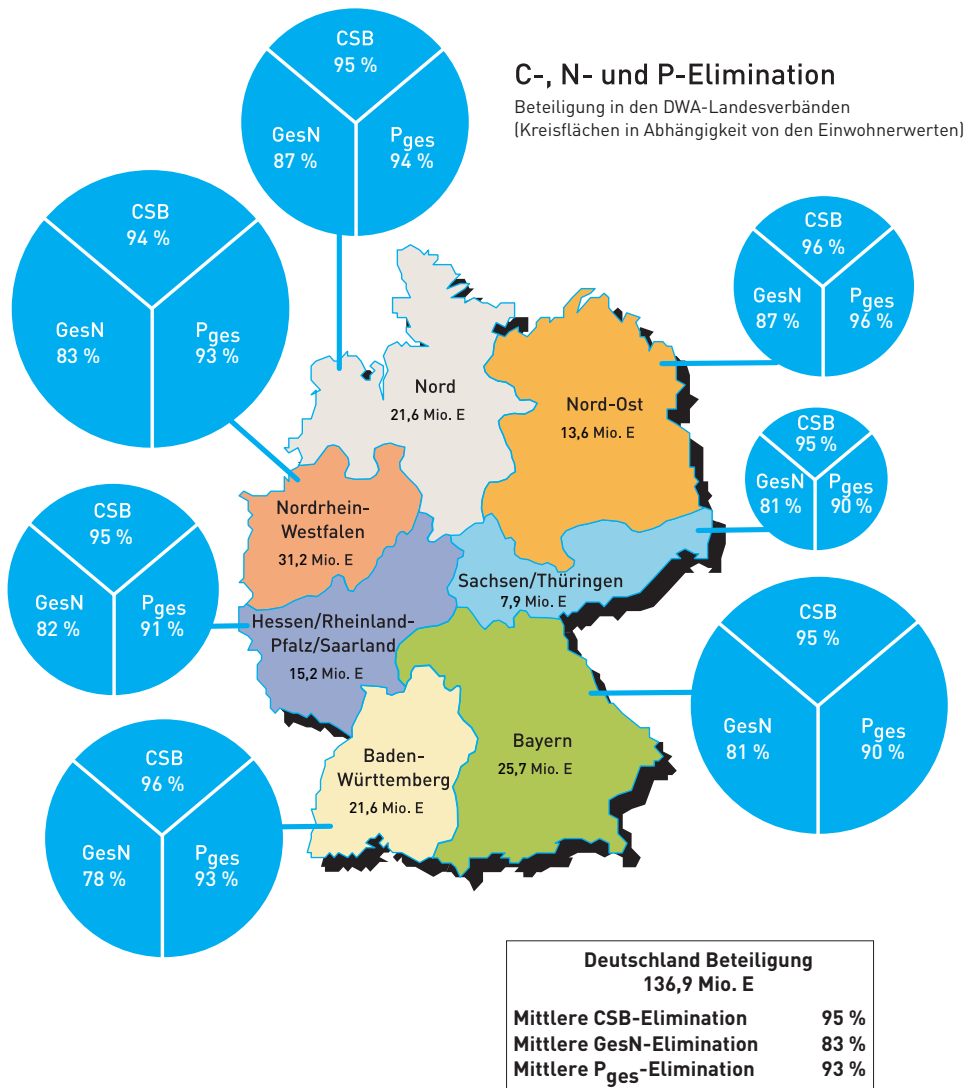


Kläranlage Völklingen



Kläranlage Kiel-Büik

Faulgasanfall – Eigenstromerzeugung



30 Jahre Kläranlagen-Leistungsvergleich

Die Wurzeln des Leistungsvergleiches der kommunalen Kläranlagen gehen in Baden-Württemberg bis zum Jahr 1974 zurück. Bundesweit wird der Leistungsvergleich seit 1988 erhoben, ab 1993 mit den ATV-Landesgruppen Nord-Ost und Sachsen/Thüringen. Als Information für die Bevölkerung und die Fachwelt werden im Leistungsvergleich die Ablaufergebnisse dokumentiert und der Stand der Abwasserreinigung aufgezeigt. Im 30. Jahr des Leistungsvergleichs ergibt sich damit auch ein umfassendes Bild der Verbesserung von Ablaufwerten und Abbaugraden über drei Jahrzehnte. Gleichzeitig dient der Leistungsvergleich der regelmäßigen Motivation und Sensibilisierung des Betriebspersonals.

Bereits 1986 wurde vom Fachausschuss 5.4 „Kläranlagen-Nachbarschaften“ beschlossen, einheitliche Grundlagen zu schaffen, die eine bundesweite Auswertung ermöglichen. Der erste bundesweite Leistungsvergleich wurde im Jahr 1988 durchgeführt und veröffentlicht.

Zunächst standen die BSB₅-, CSB- und NH₄-N-Ablaufwerte im Fokus. Mit den fortschreitenden Anforderungen an die Abwasserreinigung wurde der Leistungsvergleich schon ab dem Jahr 1992 um die Ablaufwerte für Gesamtstickstoff und Gesamtphosphor erweitert. Der Leistungsvergleich wurde kontinuierlich weiterentwickelt und umfasst heute die relevanten Zu- und Ablaufwerte, Abbaugrade sowie Stromverbräuche. Nach regionaler Ausprägung in den unterschiedlichen DWA-Landesverbänden werden auch noch weitere Parameter, z. B. Fremdwasser- und Schmutzwasseranfall erhoben. Zuletzt sind bundesweit die Parameter Stromerzeugung und Faulgasanfall hinzugekommen. Damit ist der Leistungsvergleich ein wertvoller Datenbestand, der den Stand und die Entwicklung der Abwasserreinigung übersichtlich und verständlich dokumentiert.

Gerade in den ersten Jahren war die Verbesserung der Reinigungsleistung der Kläranlagen deutlich erkennbar. Der Ausbau der Kläranlagen zur weitergehenden Abwasserreinigung ging stetig voran und die Konzentrationen der Nährstoffe, aber auch

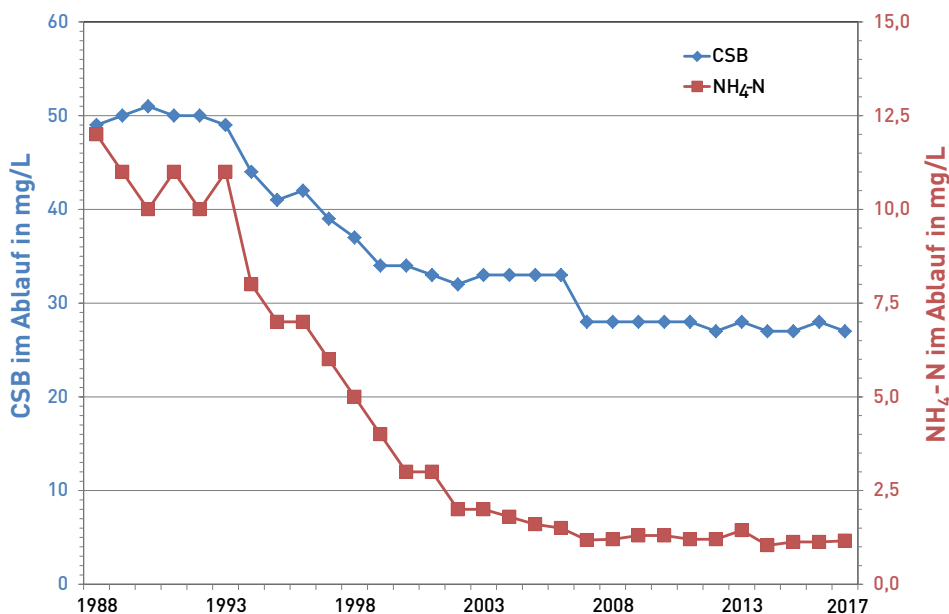
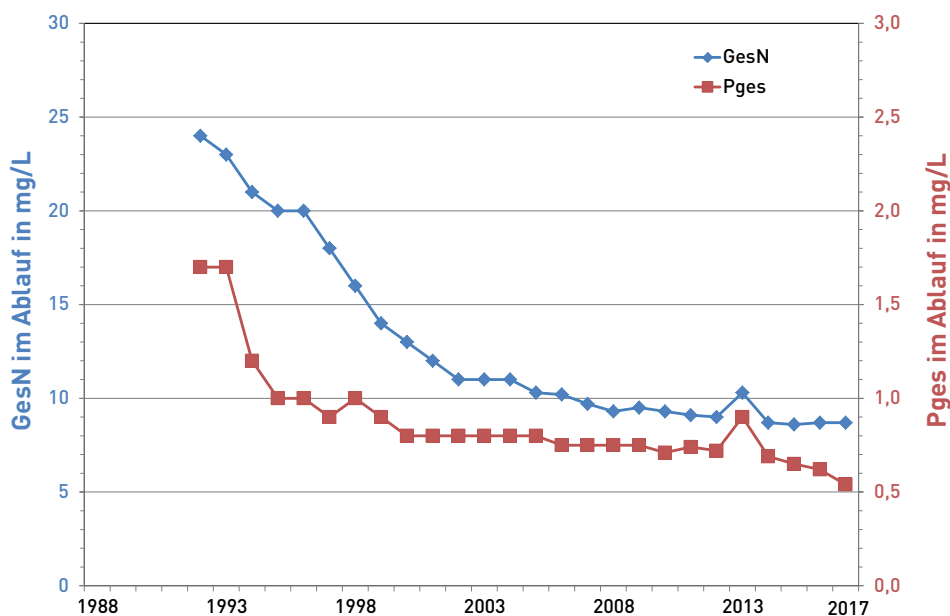


Abbildung 1:
CSB und NH₄-N-Ablaufwerte

Abbildung 2:
GesN und Pges-Ablaufwerte



von CSB und $\text{NH}_4\text{-N}$, verringerten sich in den Abläufen der Kläranlagen kontinuierlich. Ab dem Jahr 2000 waren die Bauaktivitäten weitgehend abgeschlossen. Die Funktion der neuen Verfahrenstechniken war dem Betriebspersonal bekannt und wurde von diesem weiter optimiert. Insgesamt kann nunmehr nach 30 Jahren eine ausgezeichnete Ablaufqualität attestiert werden. Die Grenzen der Leistungsfähigkeit der biologischen Abwasserreinigung sind weitgehend erreicht. So konnten in den letzten 10 Jahren nur noch geringe Verbesserungen der Reinigungsleistungen hinsichtlich CSB und der Stickstoffparameter erzielt werden. In den letzten Jahren zeichnet sich jedoch eine weitere Verminderung der Pges-Ablaufwerte ab, die auf die aktuellen Verschärfungen der Ablaufanforderungen zurückzuführen ist. Darüber hinausgehende Steigerungen der Reinigungsleistung sind nur durch den Einsatz weitergehender Abwasserbehandlungsverfahren (z. B. Filtration, Zugabe von Aktivkohle oder Ozon) möglich.

Ab dem Jahr 2006 wurden mit dem umfangreichen bundesweiten Datenmaterial der Eigen- und Betriebsüberwachung zusätzliche Auswertungen zu spezifischen Fragestellungen vorgenommen. Mit wechselnden Schwerpunkten standen z. B. die Nährstoffentfernung, die Leistung der unterschiedlichen Reinigungsverfahren sowie der Stromverbrauch im Fokus. Auch zukünftig sollen aktuelle Entwicklungen aufgegriffen werden, um weitere Impulse für einen optimalen Betrieb geben zu können. In diesem Zusammenhang könnte mit dem jährlich durchgeführten Leistungsvergleich z. B. auch der Energiecheck für die Kläranlagen durchgeführt werden. Dies zeigt, dass das Projekt „Kläranlagen-Leistungsvergleich“ noch nicht abgeschlossen ist, sondern laufend an neue Fragestellungen im Abwasserbereich angepasst und weiterentwickelt werden muss.

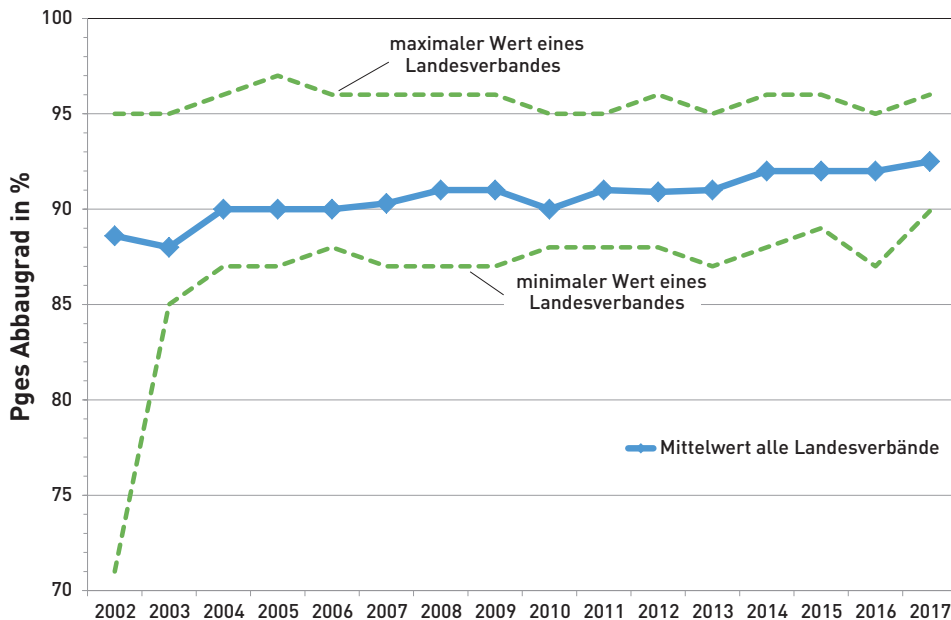
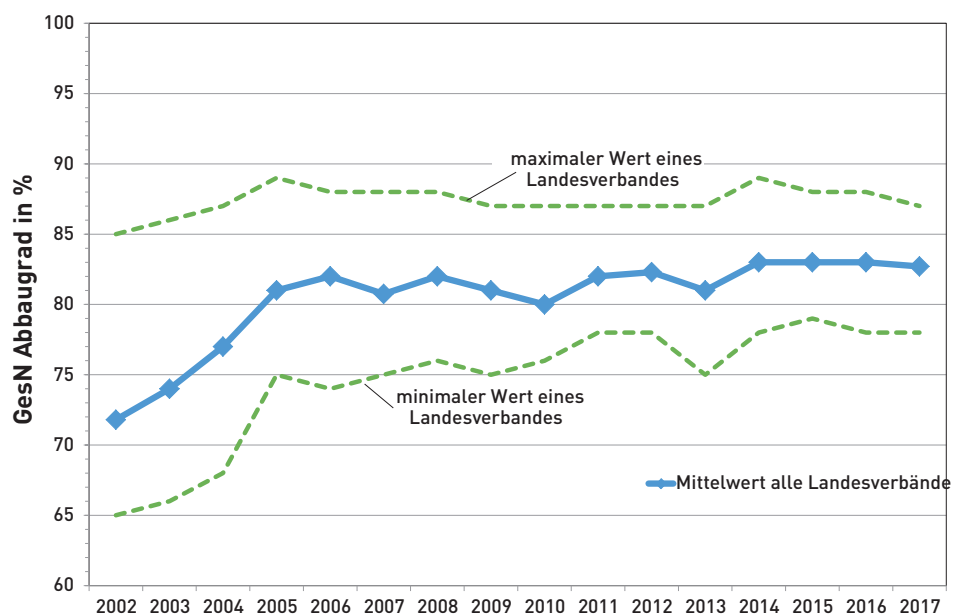


Abbildung 3:
zeitliche Entwicklung der
Pges-Abbaugrade

Abbildung 4:
zeitliche Entwicklung der
Pges-Abbaugrade



1. Ziele, Grundlagen und Grenzen des bundesweiten Leistungsvergleiches

Im DWA-Leistungsvergleich werden die Qualität der Abwasserreinigung und der dafür aufgewendete Stromverbrauch dargestellt. Der Leistungsvergleich ist ein Spiegelbild der qualifizierten Arbeit des Betriebspersonals, die hier auch entsprechend gewürdigt werden soll. Die Daten des Leistungsvergleiches wurden über die DWA-Landesverbände und den ÖWAV erhoben und ausgewertet.

Der Anschlussgrad der Einwohner an kommunale Kläranlagen lag laut Statistischem Bundesamt im Jahre 2013 bei 95,3 %. Von den insgesamt 9.307 kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland mit einer Ausbaupazität von 151,8 Mio. E beteiligten sich 5.505 Kläranlagen mit einer Ausbaupazität von 136,9 Mio. E am 30. DWA-Leistungsvergleich. Die Ergebnisse für das Jahr 2017 können bei einer Beteiligung von 88,5 % als repräsentativ für Deutschland angesehen werden. Grundlage sind die über 3,6 Mio. Einzelmessungen des Betriebspersonals im Rahmen der Selbstüberwachung, die als Jahresmittelwerte in die Bewertung einfließen.

Die Auswertung erfolgte wie bisher gegliedert nach DWA-Landesverbänden und nach Kläranlagen-Größenklassen (GK). Die Verteilung der Kläranlagen hinsichtlich Ausbaugröße und Anzahl zeigt Abb. 1. Lediglich 4 % der Kläranlagen weisen eine Ausbaugröße > 100.000 E (GK 5) auf, gleichzeitig repräsentieren diese Anlagen aber 53 % der Gesamtausbaugröße.



Kläranlage Tegel

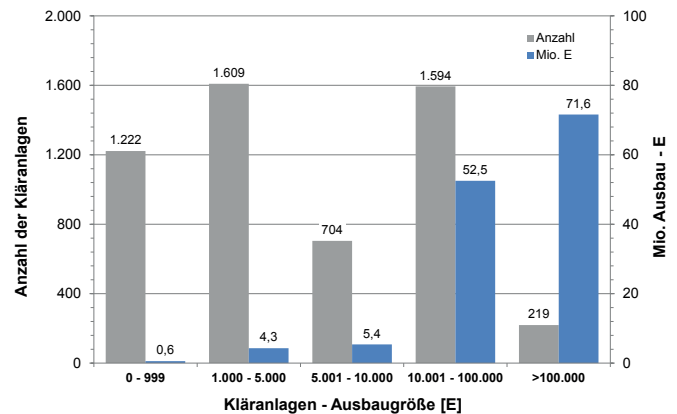


Abbildung 5: Am DWA-Leistungsvergleich 2017 beteiligte Kläranlagen

| DWA-Landesverband | Baden-Württemberg | Bayern | Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland | Nord | Nord-Ost | Nordrhein-Westfalen | Sachsen/Thüringen | DWA | ÖWAV ¹ | |
|---|-------------------|--------|---------------------------------|------|----------|---------------------|-------------------|-------|-------------------|------|
| Kläranlagen (Anzahl) | 908 | 1.584 | 1.190 | 513 | 296 | 494 | 520 | 5.505 | 796 | |
| Jahresabwassermenge (Mio. m ³) | 1.544 | 1.549 | 1.190 | 907 | 517 | 2.306 | 489 | 8.502 | 1.077 | |
| Ausbau EW (Mio. E) | 21,6 | 25,7 | 15,2 | 21,6 | 13,6 | 31,2 | 7,9 | 136,9 | 21,8 | |
| mittlere EW-Belastung (Mio. E) | 16,2 | 19,3 | 12,9 | 16,7 | 12,0 | 22,4 | 6,6 | 106,1 | 15,0 | |
| Ausbau EW/Mittlere EW-Belastung | 1,34 | 1,33 | 1,18 | 1,29 | 1,14 | 1,39 | 1,20 | 1,29 | 1,45 | |
| spezifischer Abwasseranfall [m ³ /(E·a)] | 95 | 80 | 92 | 54 | 43 | 103 | 74 | 82 | 72 | |
| spezifischer Energieverbrauch [kWh/(E·a)] | 32,8 | 30,6 | 32,2 | 30,8 | 30,0 | 33,6 | 31,0 | 31,8 | 29,7 | |
| CSB | Zulauf (mg/L) | 459 | 545 | 474 | 808 | 1014 | 427 | 594 | 547 | 614 |
| | Ablauf (mg/L) | 20 | 27 | 24 | 37 | 41 | 25 | 27 | 27 | 29 |
| | Elimination (%) | 95,6 | 95,0 | 95,0 | 95,5 | 95,9 | 94,2 | 95,4 | 95,1 | 95,3 |
| GesN^{**1} | Zulauf (mg/L) | 43,0 | 51,0 | 46,6 | 67,9 | 87,1 | 41,0 | 54,2 | 50,4 | 49,2 |
| | Ablauf (mg/L) | 9,5 | 9,4 | 8,5 | 8,6 | 11,0 | 7,0 | 10,2 | 8,7 | 9,3 |
| | Elimination (%) | 78,0 | 81,5 | 81,7 | 87,3 | 87,4 | 82,9 | 81,2 | 82,7 | 81,1 |
| P_{ges} | Zulauf (mg/L) | 6,1 | 7,6 | 6,5 | 9,8 | 13,3 | 5,7 | 8,0 | 7,3 | 7,4 |
| | Ablauf (mg/L) | 0,43 | 0,77 | 0,60 | 0,55 | 0,55 | 0,39 | 0,82 | 0,55 | 0,59 |
| | Elimination (%) | 93,0 | 89,8 | 90,7 | 94,4 | 95,9 | 93,2 | 89,8 | 92,5 | 91,9 |
| NH₄-N | Ablauf (mg/L) | 0,80 | 1,44 | 1,68 | 1,38 | 1,00 | 0,90 | 1,35 | 1,17 | 1,32 |
| NO₃-N | Ablauf (mg/L) | 7,3 | 6,3 | 5,4 | 5,6 | 7,8 | 4,9 | 6,9 | 6,0 | 6,6 |
| Nanorg | Ablauf (mg/L) | 8,1 | 7,7 | 7,1 | 7,0 | 8,8 | 5,8 | 8,2 | 7,2 | 7,9 |

* Österreich und Südtirol (Betriebsjahr 2017 nur kommunale Kläranlagen, d. h. ohne Industriekläranlagen)

** GesN = Nanorg + Norg

Tabelle 1: Mittlere Zu- und Ablaufwerte, Elimination und Kennzahlen

2. Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Zu- und Ablaufmessungen (frachtgewichtete Mittelwerte), die Abbaugrade, weitere Kennwerte sowie Angaben über die Beteiligung zusammengestellt. Wie im Vorjahr wurden auch die Ergebnisse des ÖWAV-Kläranlagenleistungsvergleiches für die Anlagen in Österreich und Südtirol dargestellt.

Gegenüber dem Vorjahr ergeben sich bei den Zu- und Ablaufkonzentrationen im Bundesdurchschnitt nur geringfügige Veränderungen. Die CSB- und Stickstoffelimination sind auf einem hohen Niveau weitgehend konstant. Die Phosphorelimination ist bundesweit um ca. 1 % angestiegen. Bemerkenswert sind im Vergleich zu den Ergebnissen der anderen Landesverbände die höheren N- und P-Abbaugrade in den Landesverbänden Nord und Nord-Ost. Diese sind auf die deutlich höheren Konzentrationen im Zulauf zurückzuführen. Ursache hierfür dürften u. a. die Trennsysteme sein, die in diesen Bundesländern weiter verbreitet sind.

Insgesamt konnten auch im Jahre 2017 die Anforderungen der EU-Kommunalabwasserrichtlinie im bundesweiten Mittel erfüllt bzw. deutlich übertroffen werden. Dennoch besteht bei einigen Anlagen noch immer Anpassungsbedarf an den Stand der Technik (Kanalnetz und Kläranlage).

Als Bezugsgröße zur Berechnung des spezifischen Abwasseranfalls und des spezifischen Stromverbrauchs wurde die mittlere Belastung der Anlagen in EW aus der mittleren CSB-Zulauf-fracht ermittelt. Dabei wurde von einer spezifischen CSB-Fracht von 120 g/(E*d) ausgegangen.

Der spezifische Abwasseranfall liegt im Bundesdurchschnitt bei 82 m³/(E*a). In den Landesverbänden Nord und Nord-Ost liegt der spezifische Abwasseranfall wegen dem weit verbreiteten Trennsystem deutlich niedriger. In den anderen Landesverbänden erfolgt überwiegend die Entwässerung im Mischsystem, so dass dort ein deutlich höherer spezifischer Abwasseranfall auf den Kläranlagen zu bewältigen ist.

Ebenso wurden wieder in allen Landesverbänden die Stromverbräuche erhoben. Für 4.948 Kläranlagen konnte der spezifische Stromverbrauch (kWh/(E*a)) berechnet werden. Die spezifischen Stromverbräuche unterscheiden sich in den Landesverbänden nur wenig. Die niedrigsten Werte ergaben sich für Österreich/Südtirol und für den Landesverband Nord-Ost, tendenziell höhere Werte wurden in den Landesverbänden NRW und Baden-Württemberg festgestellt.



Kläranlage Völklingen

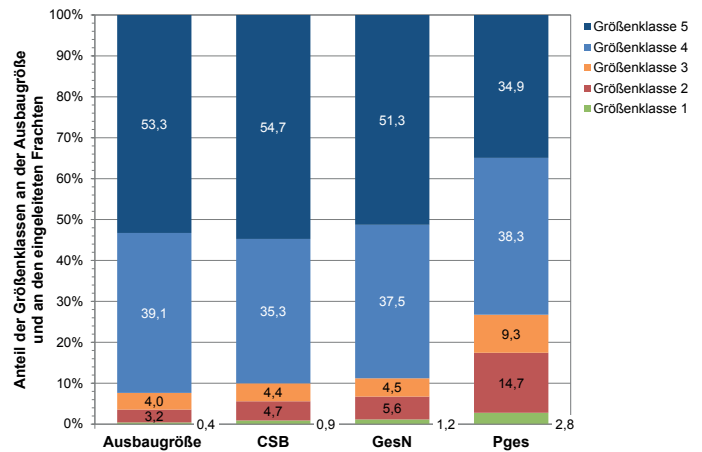


Abbildung 6: Prozentuelle Anteile der Ausbau-EW und der eingeleiteten Frachten nach Kläranlagen-Größenklassen

Die in die Gewässer eingeleiteten CSB-Frachten und GesN-Frachten entsprechen weitgehend den jeweiligen Anteilen der Ausbaugrößen, zusammengefasst in Größenklassen. Beim Phosphor haben die Anlagen der Größenklasse 1 bis 3 jedoch einen überproportional hohen Anteil von rd. 27 %, obwohl diese Anlagen bei der Ausbaugröße lediglich einen Anteil von ca. 8 % aufweisen. Da die Erfassungsquote im Leistungsvergleich gegenüber den Angaben des statistischen Bundesamtes geringer ist als in den Größenklassen 4 und 5, dürfte der Anteil der tatsächlich eingeleiteten Frachten noch höher ausfallen. Ursache für den hohen Anteil der Größenklassen 1 bis 3 sind jene Anlagen, die wegen fehlender gesetzlicher Vorgaben keine gezielten Maßnahmen zur Phosphorelimination durchführen müssen. Dies kann speziell bei Gewässern mit geringer Wasserführung problematisch sein, da hierdurch die Anforderungen an die Phosphorkonzentration im Gewässer für den sehr guten ökologischen Zustand gemäß Oberflächengewässerverordnung nicht eingehalten werden können.

3. Faulgasanfall und Stromerzeugung

Der Faulgasanfall wurde erstmals im Rahmen des Leistungsvergleiches bundesweit erfasst. Insgesamt liegen hierzu Daten von 937 Kläranlagen der Größenklassen 3 bis 5 vor. 71 Anlagen der Größenklassen 4 und 5 haben dabei angegeben, dass Co-Substrate eingesetzt werden. Generell ist festzustellen, dass die richtige Messung des Gasanfalls im praktischen Klärwerksbetrieb erhöhte Anforderungen an die Messeinrichtungen stellt und möglicherweise auch einige Datensätze mit Fehlmessungen enthalten sein können. Aufgrund der großen Datenfülle zeigen die an das DWA-Arbeitsblatt A 216 angelehnten Auswertungen zum Energiecheck aber die grundsätzlichen Tendenzen auf.

Der spezifische Faulgasanfall weist innerhalb der verschiedenen Größenklassen eine große Bandbreite auf. Tendenziell ist festzustellen, dass mit zunehmender Ausbaugröße der Anlagen der spezifische Gasanfall ansteigt. Die Medianwerte nehmen von 20 L/(E*d) in der Größenklasse 3 auf 23 L/(E*d) in der Größenklasse 4 bis auf 27 L/(E*d) in der Größenklasse 5 zu. Die Anlagen der Größenklassen 4 und 5, die Co-Substrate einsetzen, wurden zusammengefasst, da die Menge und Qualität der Co-Substrate den Einfluss der Ausbaugröße überlagern. Tatsächlich weisen diese Anlagen einen höheren spezifischen Gasanfall auf. Der Medianwert von Anlagen, die Co-Substrate einsetzen, beträgt 32 L/(E*d). Fast 20 % der Anlagen weisen einen spezifischen Gasanfall von mehr als 50 L/(E*d) auf.

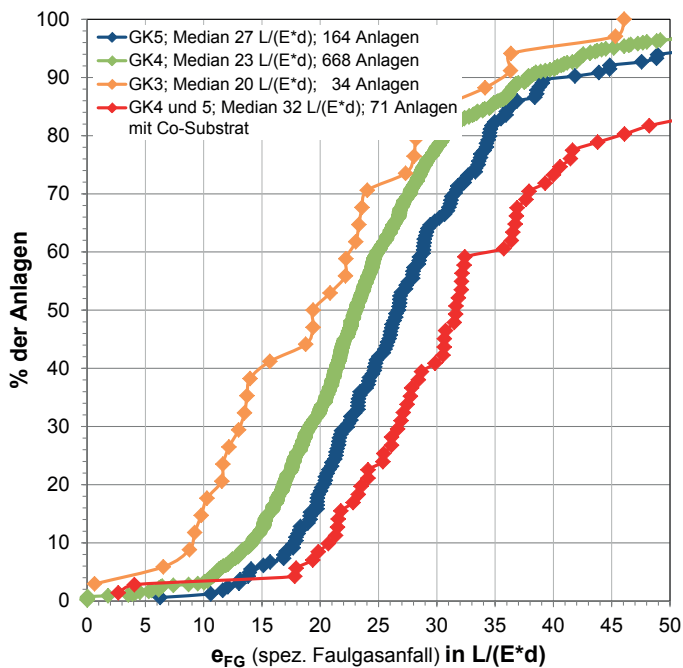


Abbildung 7: Einwohnerspezifische Faulgasproduktion in L/(E*d)

Generell ist festzustellen, dass größere Kläranlagen häufiger höhere Eigenversorgungsgrade mit Elektrizität erreichen. Der Medianwert des Eigenversorgungsgrades steigt von 20 % bei Anlagen der Größenklasse 3 über 42 % bei den Anlagen der Größenklasse 4 bis auf 63 % bei den Anlagen der Größenklasse 5 an. Ursache sind die höheren spezifischen Stromverbräuche für die Abwasserreinigung und die geringere Effizienz der Stromerzeugung (Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität) bei kleineren Anlagen. Bemerkenswerterweise resultiert bei den Anlagen, die Co-Substrate einsetzen, aus dem höheren spezifischen Gasanfall nur ein geringfügig höherer Eigenversorgungsgrad als bei den Anlagen der Größenklasse 5, die keine Co-Substrate zugeben. Ca. 10 % der Anlagen der Größenklasse 5 überschreiten einen Eigenversorgungsgrad von 100 % ohne die Zugabe von Co-Substraten. Dies dürfte aber derzeit nur in Einzelfällen in Verbindung mit niedrigen Stromverbräuchen, einer erhöhten Zulaufbelastung und einer effizienten Faulgasumwandlung in Elektrizität erreichbar sein.

Der Parameter Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität NFG (%) beschreibt, welcher Anteil der im Faulgas enthaltenen Energie in einer Anlage zur Faulgasverstromung in Elektrizität umgesetzt wird. Dieser Wert ist abhängig davon, wieviel Faulgas abgefackelt und welcher elektrische Wirkungsgrad in der Faulgasverstromung erreicht wird. Die Auswertungen zeigen, dass bei größeren Kläranlagen der Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität effizienter ist. Dies dürfte in erster Linie an dem höheren elektrischen Wirkungsgrad der größer dimensionierten Gasmotoren und einer vollständigeren Verwertung des Faulgases liegen. Werte für den Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität von über 45 % (weniger als 5 % der Anlagen) liegen über dem Wirkungsgrad der derzeit zur Verfügung stehenden Faulgasverstromungsanlagen und deuten entweder auf extrem günstige Randbedingungen oder Fehlmessungen hin.

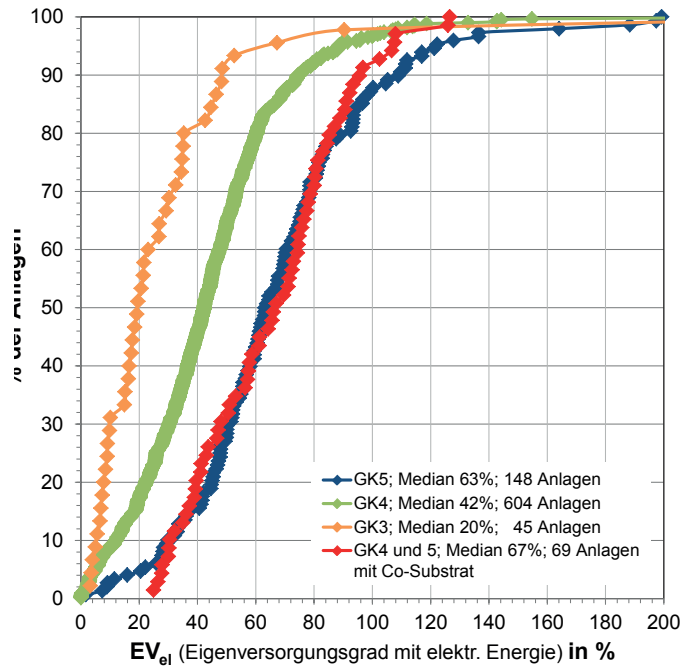


Abbildung 8: Eigenversorgungsgrad mit elektrischer Energie in %

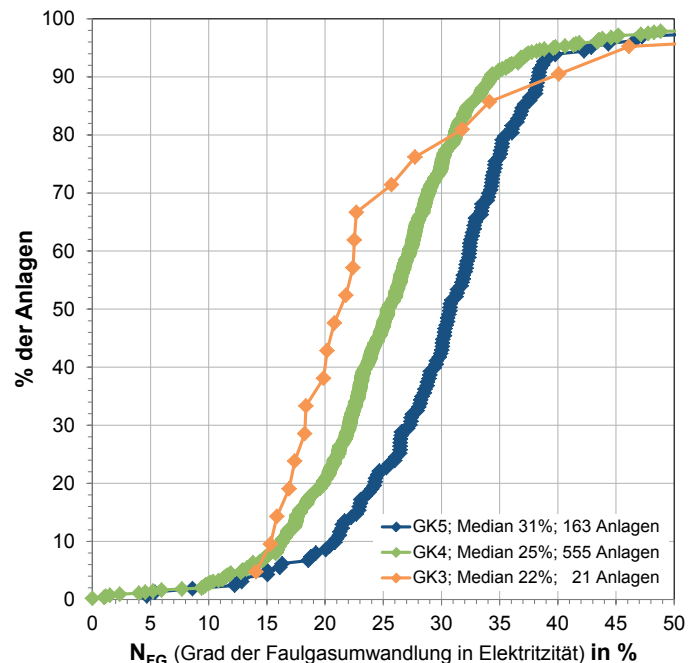


Abbildung 9: Grad der Faulgasumwandlung in Elektrizität in %



Kläranlage Kassel

4. Zusammenfassung

Die Beteiligung am bundesweiten DWA-Leistungsvergleich konnte auch im Jahr 2017 auf hohem Niveau gehalten werden. Für die Mitarbeit wird dem Betriebspersonal der kommunalen Kläranlagen recht herzlich gedankt. Die Ergebnisse zeigen ein repräsentatives Bild der Reinigungsleistung der Kläranlagen in Deutschland. 2017 beteiligten sich 5.505 Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 136,9 Mio. E. Wie im Vorjahr wurden zum Vergleich auch die entsprechenden Daten des ÖWAV für Österreich inkl. Südtirol dargestellt. Die Ergebnisse entsprechen weitgehend den Daten der deutschen Kläranlagen.

Insgesamt konnten auch im Jahr 2017 die Anforderungen der EU-Kommunalabwasserrichtlinie im bundesweiten Mittel erfüllt bzw. deutlich übertroffen werden. Während es bei den CSB- und GesN-Abbaugraden keine größeren Unterschiede in den verschiedenen Größenklassen gibt, schneiden die Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von weniger als 10.000 EW bei der Phosphorelimination deutlich schlechter ab. Diese Kläranlagen haben einen Anteil von ca. 8 % an der Gesamtausbaugröße, sind jedoch an der in die Gewässer eingeleiteten Phosphorfracht mit ca. 27 % beteiligt. Verursacher sind jene Anlagen, die wegen fehlender gesetzlicher Vorgaben keine gezielten Maßnahmen zur Phosphorelimination durchführen müssen.

Ziel der Abwasserreinigung ist es, ein möglichst hohes Reinigungsniveau mit geringem Primärenergieaufwand zu erreichen. Einen bedeutenden Anteil zur Verbesserung der Energiebilanz eines Klärwerks haben der Faulgasanfall und die

daraus erzeugte elektrische Energie. Auch ohne den Einsatz von Co-Substraten ist es möglich, bei größeren Anlagen einen Eigenversorgungsgrad von mehr als 50 % zu erzielen. Weitere Verbesserungen in energetischer Sicht können durch die Zugabe von Co-Substraten erzielt werden. Der daraus resultierende Mehraufwand bei der Schlammwässerung und bei der Klärschlamm Entsorgung sowie der Anstieg der Rückbelastung sind vom Betreiber zu bewerten und abzuwägen. Mittels Energiecheck und Energieanalyse sollte es zukünftig gelingen, den Stromverbrauch für die Abwasserreinigung richtig zu bewerten, unnötige Mehrverbräuche zu identifizieren und Maßnahmen einzuleiten, um einen energieeffizienteren Betrieb zu erreichen.

Ein genereller weiterer Handlungsbedarf auf den Kläranlagen könnte in den kommenden Jahren durch gesetzliche Auflagen zum Bau einer vierten Reinigungsstufe für die Entfernung von Spurenstoffen aus dem Abwasser ausgelöst werden. Derzeit werden auf diesem Gebiet umfangreiche Untersuchungen vorgenommen.

Die DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 „Kläranlagen-Nachbarschaften“ dankt allen TeilnehmerInnen, LehrerInnen und Obleuten der Kläranlagen-Nachbarschaften für die Unterstützung bei der Erhebung und Auswertung der Daten, ohne die dieser bundesweite Leistungsvergleich nicht möglich wäre. Der 30. Leistungsvergleich - basierend auf den Daten für das Jahr 2017 - ist auch von der DWA-Homepage (www.dwa.de) unter den Menüpunkten „Veranstaltungen – Nachbarschaften – Weitere Informationen“ kostenfrei abrufbar.



Kläranlage Rossau

Bildnachweis:

DWA Landesverbände, ARA Innsbruck, Bayerisches Landesamt für Umwelt, Luftbild Halle-Nord /Hallesche Wasser- und Stadtwirtschaft GmbH, OWA Tegel/ BWB, Stadtentwässerung Kiel - Herr Reichel

Bearbeitung:

DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 „Kläranlagen-Nachbarschaften“

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (DWA)

Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-135
E-Mail: info@dwa.de · www.dwa.de