

31. Leistungsnachweis kommunaler Kläranlagen

Verfahren der Stickstoffelimination im Vergleich

Daten von
2018



Kläranlage Freising, Bayern



Kläranlage Holzkirchen, Bayern



Kläranlage Wittenberg, Sachsen-Anhalt



Kläranlage Strass i.Z., Tirol



Deutschland Beteiligung 132,2 Mio. E

CSB	95,3 %	
GesN	83,3 %	
P _{ges}	92,7 %	

1. Ziele, Grundlagen und Grenzen des bundesweiten Leistungsnachweises

Vor mehr als 30 Jahren wurde der Begriff des „Leistungsvergleiches“ eingeführt. Der gewachsene Umfang der Daten und die bundesweite Auswertung der Ergebnisse haben sich stetig weiterentwickelt, so dass im heutigen Sprachgebrauch die umfassendere Bezeichnung „Leistungsnachweis“ treffender erscheint. Im Folgenden wird deshalb dieser neue Begriff verwendet.

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

Der Anschlussgrad der Einwohner an kommunale Kläranlagen lag laut Statistischem Bundesamt im Jahre 2016 bei 97,1 %. Von den insgesamt 9.105 kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland mit einer Ausbaupkapazität von 151,8 Mio. E beteiligten sich 5.462 Kläranlagen mit einer Ausbaupkapazität von 132,2 Mio. E am 31. DWA-Leistungsnachweis. Die Ergebnisse für das Jahr 2018 können bei einer Beteiligung von 87,1 % 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 Ausbaupgröße und Anzahl zeigt Abb. 1. Lediglich 4 % der Kläranlagen weisen eine Ausbaupgröße > 100.000 E (GK 5) auf, gleichzeitig repräsentieren diese Anlagen

aber 52 % der Gesamtausbaupgröße. Die in Tabelle 1 aufgeführten Zeilen zu Energie zeigen den Gesamtenergieverbrauch der im Leistungsnachweis erfassten kommunalen Kläranlagen in Deutschland (Erfassungsquote 87,1 %) mit 3.139 GWh/a. Dies liegt in der Größenordnung von ca. 2,4 % des Stromverbrauches von Haushalten [129 TeraWh, Quelle Umweltbundesamt 2018]. Weiterhin kann man erkennen, dass in Landesverbänden mit überwiegend großen Kläranlagen wie z.B. NRW, die Energieerzeugung bei über 50 % liegt, während in einem Flächenlandesverband wie Hessen /Rheinland-Pfalz/Saarland mit vielen kleinen Anlagen ohne Faulung nur weniger als 29 % der verbrauchten Energie auf den Klärwerken erzeugt wird.

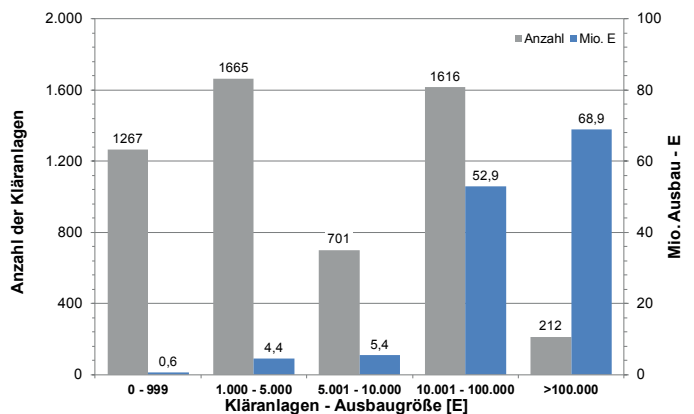


Abbildung 1: Anzahl und Ausbaupgrößen der am DWA-Leistungsnachweis 2018 beteiligten Kläranlagen nach Größenklassen

DWA Landesverband	Baden-Württemberg	Bayern	Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland	Nord	Nord-Ost	Nordrhein-Westfalen	Sachsen/Thüringen	DWA	ÖWAV**
Kläranlagen [Anzahl]	898	1.585	1.190	521	289	476	503	5.462	775
Jahresabwassermenge [Mio. m ³]	1.454	1.396	1.178	808	493	2.007	408	7.744	1.090
Ausbau EW [Mio. E]	21,4	24,7	15,2	20,7	12,7	29,5	8,0	132,2	22,2
mittlere EW-Belastung [Mio. E]	15,7	17,5	12,9	16,3	12,0	19,7	6,5	100,7	15,5
Ausbau EW/mittlere EW-Belastung	1,37	1,40	1,18	1,27	1,06	1,50	1,23	1,31	1,43
spez. Abwasseranfall [m ³ /[E*a]]	93	80	91	50	41	102	63	82	70
spez. Energieverbrauch [kWh/[E*a]]	33,7	30,4	31,6	30,6	28,7	34,3	31,8	31,7	27,3
gesamter Stromverbrauch [GWh/a]	520	518	397	489	342	672	203	3.139	401
berücksichtigte Kläranlagen [Anzahl]	873	1.332	1.145	432	270	465	463	4.980	775
gesamte Energieerzeugung [GWh/a]	201	n.e.	114	208	153	356	81	1.112	155
berücksichtigte Kläranlagen [Anzahl]	255	n.e.	185	116	57	204	56	873	138
CSB									
Zulauf [mg/L]	472	579	483	884	1.068	459	698	582	624
Ablauf [mg/L]	20	27	23	39	41	27	29	27	31
Elimination [%]	95,8	95,4	95,2	95,6	96,1	94,2	95,8	95,3	95,1
GesN*									
Zulauf [mg/L]	43,9	56,0	47,8	75,2	89,0	44,5	63,8	54,0	50,6
Ablauf [mg/L]	9,5	9,9	8,8	9,1	11,4	7,3	10,0	9,0	9,2
Elimination [%]	78,3	82,3	81,6	87,9	87,2	83,6	84,4	83,3	81,8
Pges									
Zulauf [mg/L]	6,2	7,9	6,4	10,7	13,1	6,2	9,1	7,6	7,2
Ablauf [mg/L]	0,42	0,78	0,61	0,54	0,53	0,42	0,86	0,56	0,58
Elimination [%]	93,2	90,1	90,5	95,0	96,0	93,2	90,5	92,7	91,9
NH₄-N									
Ablauf [mg/L]	0,66	1,60	1,73	1,29	0,94	0,94	1,35	1,18	1,30
NO₃-N									
Ablauf [mg/L]	7,3	6,5	5,3	6,0	8,4	5,0	6,5	6,2	6,2
Nanorg									
Ablauf [mg/L]	8,0	8,1	7,1	7,2	9,3	5,9	7,9	7,3	7,5

* GesN = Nanorg + Norg
 ** Österreich und Südtirol
 n.e. nicht erfasst

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

2. Ergebnisse

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

Gegenüber dem Vorjahr sind die Verschmutzungswerte im Zulauf infolge der durch längere Trockenwetterperioden gesunkenen Abwassermenge leicht angestiegen. Die Ablaufwerte konnten jedoch annähernd gehalten werden, so dass sich das schon in den Vorjahren erreichte hohe Niveau bei der Elimination der Nährstoffe bundesweit nochmals verbessert hat.

Bemerkenswert sind im Vergleich zu den Ergebnissen der anderen Landesverbände die höheren N- und P-Eliminationsleistungen 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 2018 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 aus der mittleren CSB-Zulaufkraft 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 infolge des mitbehandelten Niederschlagswassers ein deutlich höherer spezifischer Abwasseranfall auf den Kläranlagen zu bewältigen ist.

Ebenso wurden wieder in allen Landesverbänden die Stromverbräuche erhoben. Für 4.980 Kläranlagen konnte der spezifische Stromverbrauch (kWh/(E*a)) berechnet werden. Die spezifischen Strom-

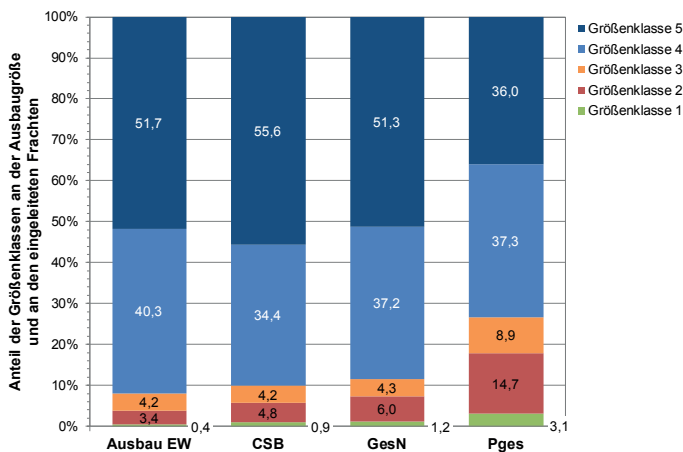


Abbildung 2: Prozentuelle Anteile der Ausbau-EW und der eingeleiteten Frachten nach Kläranlagen-Größenklassen

verbräuche unterscheiden sich in den Landesverbänden nur wenig. Die niedrigsten Werte ergaben sich für Österreich und Südtirol und für den Landesverband Nord-Ost, tendenziell höhere Werte wurden in den Landesverbänden Baden-Württemberg und NRW festgestellt.

Die in die Gewässer eingeleiteten CSB-Frachten und GesN-Frachten entsprechen weitgehend den jeweiligen Anteilen der Ausbaugrößen, zusammengefasst in Größenklassen (Abbildung 2). Beim Phosphor haben die Anlagen der Größenklasse 1 bis 3 jedoch einen überproportional hohen Anteil von rund 27 %, obwohl diese Anlagen bei der Ausbaugröße lediglich einen Anteil von ca. 8 % aufweisen. 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.

Mit Blick auf die neue Klärschlammverordnung wurde aus den eliminierten P-Frachten und dem Schlammanteil der P-Gehalt im Klärschlamm berechnet (siehe Abbildung 3). Allerdings können fehlerhafte Angaben beim Schlammfall nicht ausgeschlossen werden, da für die Berechnung der Schlammrockenmasse die Trockenrückstandsanalyse einer Probe erforderlich ist, die repräsentativ für die angefallene Schlammmenge sein muss. Eine repräsentative Probenahme ist wegen der Inhomogenitäten beim entwässerten Schlamm jedoch schwierig durchzuführen. Die dargestellten Ergebnisse sind deshalb nur unter Vorbehalt zu werten. Es wird aber trotzdem deutlich, dass rund 85 % der Anlagen über 1.000 Einwohnerwerte einen P-Gehalt im Schlamm von mehr als 2 % aufweisen. Lediglich bei Anlagen unter 1.000 Einwohnerwerte unterschreiten 25 % der Anlagen diesen Wert, wahrscheinlich wegen einer fehlenden Phosphorfällung. Für diese Anlagen bestünde dann keine Pflicht zur P-Rückgewinnung.

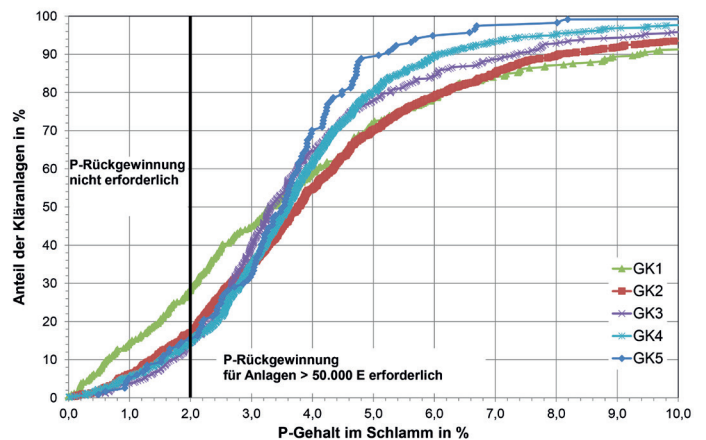


Abbildung 3: Unterschreitungshäufigkeit der aus eliminierten P-Fracht und Schlammanteil berechnete P-Gehalte im anfallenden Klärschlamm in % TM nach Größenklassen

3. Verfahren der Stickstoffelimination im Vergleich

Im Rahmen der jährlichen Datenerhebung werden von den Landesverbänden die auf den Kläranlagen eingesetzten Verfahren zur Stickstoffelimination abgefragt. Im Betriebsjahr 2018 konnten insgesamt 2.442 Kläranlagen den verschiedenen Verfahren zugeordnet werden (siehe Tabelle 2). Am häufigsten wird demnach die intermittierende Denitrifikation eingesetzt, insbesondere bei Anlagen mit Anschlussgrößen von bis zu 10.000 E. Bei höheren

Anschlussgrößen findet die vorgeschaltete Denitrifikation häufiger Anwendung. Vor allem in der Größenklasse 4 wird meistens eine Kombination aus vorgeschalteter und intermittierender Denitrifikation betrieben. Eine nachgeschaltete Denitrifikation ist auch in den Größenklassen 4 und 5 nur selten zu finden.

Die nachfolgenden Auswertungen beschränken sich auf die Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5, da kleinere Kläranlagen keine allgemeinverbindlichen Anforderungen zur Stickstoffelimination haben und eine gezielte Denitrifikation lediglich aus betrieblichen Gründen durchführen, bei der die Erreichung einer optimalen Eliminationsrate nicht im Vordergrund steht.

Die Anlagen mit intermittierender Denitrifikation erreichen häufiger eine signifikant höhere Stickstoffelimination. Der Medianwert dieser Anlagen beträgt 90,4 %. Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation liegen darunter (Abbildung 4). Der Medianwert liegt aber noch immer sehr hoch bei 83,1 %. Anlagen mit einer Kombination aus beiden Verfahren liegen dazwischen, der Medianwert liegt bei 85,3 %. Festzustellen ist, dass rund 10 % der Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation unter 70 % Stickstoffelimination bleiben. Dies trifft auch auf die Anlagen zu, die eine Kombination von vorgeschalteter und intermittierender Denitrifikation betreiben. Vermutlich begrenzen hier die Zulaufbedingungen den Umfang der Stickstoffelimination.

Allerdings gehen mit höheren Stickstoffeliminationen bei intermittierender Belüftung auch höhere $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufwerte einher (Abbildung 5). Der Medianwert dieser Anlagen beträgt 0,8 mg/L, wohingegen die Anlagen mit vorgeschalteter Denitrifikation nur einen Medianwert von 0,5 mg/L aufweisen. Die Anlagen, bei denen die beiden Verfahren kombiniert werden, unterscheiden sich bezüglich der $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufwerte nur in geringem Umfang.

Die weit verbreitete Vermutung, dass aus der intermittierenden Denitrifikation wegen der zeitweisen Abschaltung der Belüftung geringere Stromverbräuche resultieren, bestätigt sich mit den ausgewerteten Daten nicht. Die folgende Abbildung zeigt, dass die Stromverbräuche nahezu unabhängig vom eingesetzten Denitrifikationsverfahren sind.

	Denitrifikation			
	intermittierend	vorgeschaltet	Kombination von vorgeschaltet und intermittierend	Kombination von vorgeschaltet/intermittierend und nachgeschaltet
	Anzahl	Anzahl	Anzahl	Anzahl
GK1	189	10	0	0
GK2	515	59	12	2
GK3	294	87	17	0
GK4	529	454	111	8
GK5	32	97	17	9
Alle	1559	707	157	19

Tabelle 2: Anzahl der unterschiedlichen Verfahren zur Stickstoffelimination im Leistungsnachweis der DWA

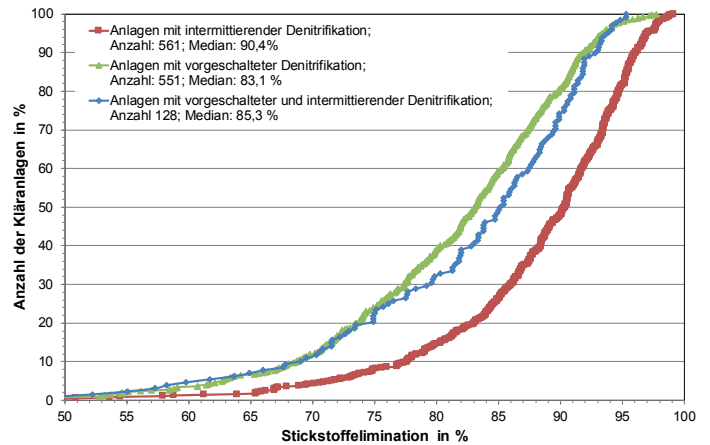


Abbildung 4: Unterschreitungshäufigkeit der Stickstoffelimination der Anlagen der Größenklasse 4 und 5 nach eingesetzten Verfahren zur Stickstoffelimination in %

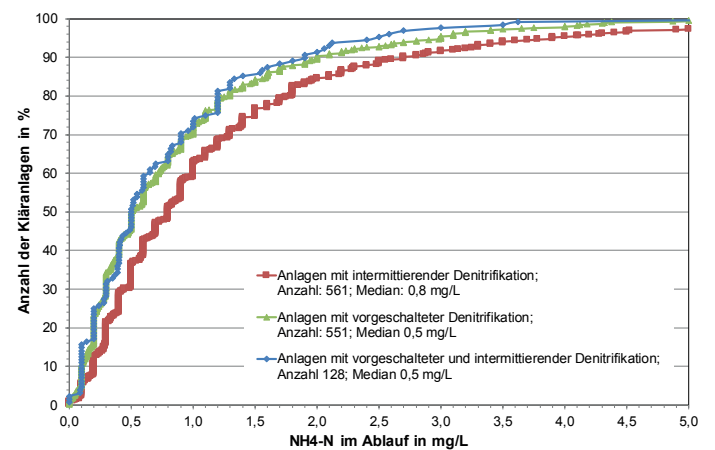


Abbildung 5: Unterschreitungshäufigkeit der $\text{NH}_4\text{-N}$ Ablaufwerte der Anlagen der Größenklasse 4 und 5 nach eingesetzten Verfahren zur Stickstoffelimination

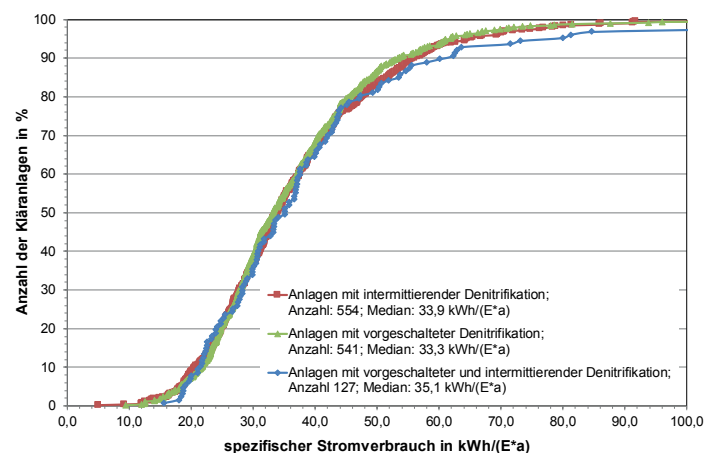


Abbildung 6: Unterschreitungshäufigkeit der spezifischen Stromverbräuche der Anlagen der Größenklasse 4 und 5 nach eingesetzten Verfahren zur Stickstoffelimination

4. Zusammenfassung

Die Beteiligung am bundesweiten DWA-Leistungsnachweis konnte auch im Jahr 2018 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. 2018 beteiligten sich 5.462 Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von 132,2 Mio. E. Wie im Vorjahr wurden zum Vergleich auch die entsprechenden Daten des ÖWAV für Österreich und Südtirol dargestellt. Die Ergebnisse entsprechen weitgehend den Daten der deutschen Kläranlagen.

Insgesamt konnten auch im Jahr 2018 die Anforderungen der EU-Kommunalabwasserrichtlinie im bundesweiten Mittel erfüllt bzw. deutlich übertroffen werden. Während es bei den CSB- und Stickstoff-Abbaugraden keine größeren Unterschiede in den verschiedenen Größenklassen gibt, schneiden die Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von weniger als 10.000 E 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.

Die errechneten P-Gehalte im Klärschlamm liegen bei Anlagen über 1.000 Einwohnerwerte bei rund 80 % der Anlagen über 2 %. Damit dürften nur weniger als 20 % der Anlagen über einer Anschlussgröße 50.000 E nicht von einer P-Rückgewinnungspflicht betroffen sein.

Hinsichtlich der Stickstoffelimination schneiden die Anlagen mit intermittierender Denitrifikation am besten ab. Allerdings geht dieser Erfolg mit etwas höheren $\text{NH}_4\text{-N}$ -Ablaufwerten einher. Es bleibt im Einzelfall abzuwägen, welchem Parameter eine höhere Priorität eingeräumt werden muss. Beim spezifischen Stromverbrauch gibt es keine Vorteile für ein Verfahren.

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 Leistungsnachweis nicht möglich wäre. Der 31. Leistungsnachweis – basierend auf den Daten für das Jahr 2018 – ist auch von der DWA-Homepage (www.dwa.de) unter den Menüpunkten „Veranstaltungen – Nachbarschaften – Weitere Informationen“ kostenfrei abrufbar.



Kläranlage Böblingen-Sindelfingen, Baden-Württemberg

Fotos:

Titel: Fotograf Hr. Hayn, Fotograf Hr. Spallek, Prof. Jens Nowak,
Land Tirol / Günter Richard Wett

Seite 5: Gert Schwentner

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