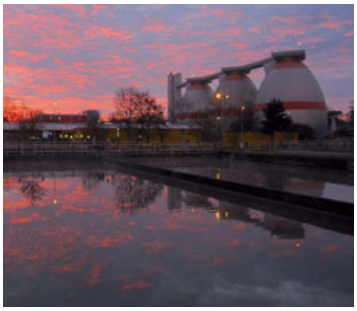
Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2011

Kläranlage Stuttgart-Mühlhausen

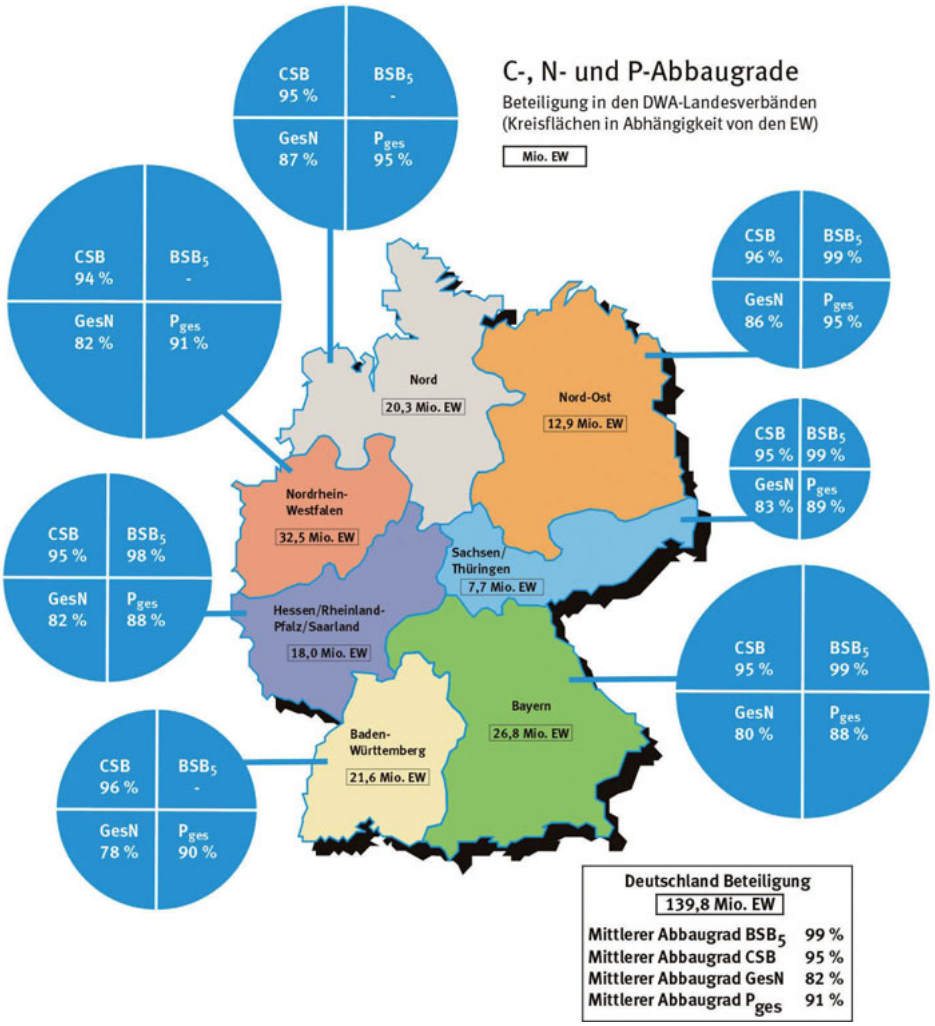
Kläranlage Böblingen-Sindelfingen

Kläranlage Freudenstadt-Manbach



Kläranlage Forchheim

Stromverbrauch: 4.300 Kläranlagen unter der Lupe



Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.

1. Ziele, Grundlagen und Grenzen des bundesweiten Leistungsvergleiches

Mit dem DWA-Leistungsvergleich werden die Qualität und der Stromverbrauch der Abwasserreinigung dargestellt. Er ist ein Spiegelbild der guten Arbeit des Betriebspersonals, die hier auch entsprechend gewürdigt werden soll. Die Daten des Leistungsvergleiches wurden über die DWA-Landesverbände erhoben und erstmalig mit einem neuen EDV-Programm ausgewertet.

Der Anschlussgrad der Einwohner an kommunale Kläranlagen lag laut Statistischem Bundesamt im Jahre 2007 bei 95 %.

Von den insgesamt 9.933 kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland mit einer Ausbaukapazität von 151,3 Mio. EW beteiligten sich 5.668 Kläranlagen mit einer Ausbaukapazität von 139,8 Mio. EW am 24. DWA-Leistungsvergleich. Die Ergebnisse 2011 können daher bei einer Beteiligung von 91,5 % wieder 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 nach DWA-Landesverbänden und nach Kläranlagengrößenklassen (GK). Die Verteilung der Kläranlagen hinsichtlich Ausbaugröße und Anzahl zeigt Abb. 1. Lediglich 4 % der Kläranlagen weisen eine Ausbaugröße › 100.000 EW (GK 5) auf, gleichzeitig repräsentieren diese Anlagen aber 53 % der Gesamtausbaugröße.

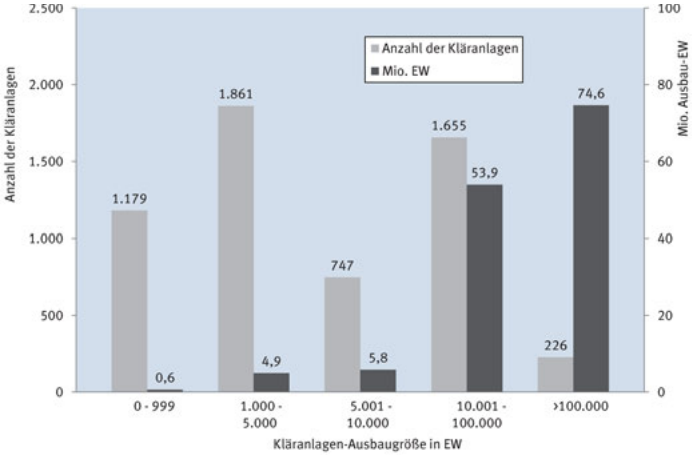


Abb. 1: Am DWA-Leistungsvergleich 2011 beteiligte Kläranlagen

2. Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Zu- und Ablaufmessungen (frachtgewichtete Mittelwerte), der Abbaugrade, weitere Kennwerte sowie Angaben über die Beteiligung zusammengestellt. Gegenüber dem Vorjahr ergaben sich bei den Ablaufkonzentrationen keine signifikanten Änderungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass etwa 10 % weniger Abwasser anfiel als im Vorjahr. Die CSB-, N- und P-Abbaugrade verbesserten sich weiter. Bemerkenswert sind die deutlich höheren N- und P-Abbaugrade in den Landesverbänden Nord und Nord-Ost, was auf die deutlich höhere Verschmutzung im Zulauf zurückzuführen ist. Ursache hierfür dürften u.a. die Trennsysteme sein, die in diesen Bundesländern weiter verbreitet sind. Dementsprechend ist die Verschmutzung im Zulauf in diesen Ländern wegen der getrennten Ableitung von Regenwasser etwas höher.

Insgesamt konnten auch im Jahre 2011 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 (Kanal und Kläranlage).

Bei der Berechnung des spezifischen Abwasseranfalls und des spezifischen Stromverbrauchs wurde die mittlere Belastung der Anlagen in EW aus der mittleren CSB-Fracht im Zulauf berechnet. Dabei wurde von einer spezifischen CSB-Fracht von 120 g/(EW*d) ausgegangen. Mit diesen Kennwerten war es möglich, weitergehende Auswertungen durchzuführen.

Wegen geringerer Niederschläge reduzierte sich der spezifische Abwasseranfall gegenüber dem Vorjahr um 9 m³ auf 79 m³/(EW*a). Der Rückgang bei den Landesverbänden Nord und Nord-Ost ist weniger stark ausgeprägt als bei den anderen Landesverbänden, was wiederum an dem dort weiterverbreiteten Trennsystem liegen dürfte.

Erstmals wurden in allen Landesverbänden die Stromverbräuche erhoben. Für 4.331 Kläranlagen konnte der spezifische Stromverbrauch (kWh/(EW*a)) berechnet werden. Die niedrigsten Werte ergaben sich für die Landesverbände Nord und Sachsen/Thüringen, die höchsten Werte wurden im Landesverband Nord-Ost erhoben. Die Details sind im nachfolgenden Kapitel zu finden.

DWA-Landesverband	Baden-Württemberg	Bayern	Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland	Nord	Nord-Ost	Nordrhein-Westfalen	Sachsen/Thüringen	Gesamt
Kläranlagen (Anzahl)	970	1.546	1.387	499	280	507	479	5.668
Jahresabwassermenge (Mio. m³)	1.458	1.571	1.324	796	545	2.381	488	8.563
Ausbau-EW (Mio. EW)	21,6	26,8	18,0	20,3	12,9	32,5	7,7	139,8
Mittlere EW-Belastung (Mio. EW)	16,2	19,4	15,3	15,6	11,6	24,1	6,8	109,0
Ausbau-EW/Mittlere EW-Belastung	1,33	1,38	1,18	1,30	1,11	1,35	1,13	1,28
Spezifischer Abwasseranfall [m³/(EW*a)]	90	81	87	51	47	100	72	79
Spezifischer Energieverbrauch [kWh/(EW*a)]	33,4	33,5	33,8	31,7	36,8	35,3	31,7	34
BSB_5* Zulauf (mg/l)	-	281	250	-	410	-	290	290
Ablauf (mg/l)	-	4,3	4,4	-	4,1	-	4,3	4,3
Abbaugrad (%)	-	98,5	98,2	-	99,0	-	98,5	98,5
CSB Zulauf (mg/l)	486	550	513	860	932	438	604	558
Ablauf (mg/l)	22	29	25	40	41	26	30	28
Abbaugrad (%)	95,5	94,8	95,1	95,3	95,6	94,1	95,1	95,0
GesN** Zulauf (mg/l)	46,0	48,5	49,4	71,8	81,3	41,1	59,3	50,9
Ablauf (mg/l)	10,0	9,8	9,1	9,3	11,5	7,2	10,0	9,1
Abbaugrad (%)	78,3	80,0	81,7	87,0	85,8	82,3	83,2	82,2
P_{ges} Zulauf (mg/l)	7,2	8,0	7,7	11,8	13,4	6,1	8,6	8,0
Ablauf (mg/l)	0,69	0,97	0,95	0,65	0,62	0,54	0,92	0,74
Abbaugrad (%)	90,4	88,3	87,9	94,5	95,4	91,0	89,3	90,8
NH_4-N Ablauf (mg/l)	0,79	1,35	1,92	1,46	1,21	0,86	1,45	1,21
NO_3-N Ablauf (mg/l)	7,4	6,7	5,4	5,9	8,2	5,1	5,9	6,2

* BSB_5 wird in Baden-Württemberg, NRW und Nord nicht mehr gemessen

** $GesN = N_{anorg} + N_{org}$

Tabelle 1: Mittlere Zu- und Ablaufkonzentrationen und Abbaugrade

3. Stromverbrauch

Für das Jahr 2011 wurde erstmals bundesweit auch der Stromverbrauch der Kläranlagen erhoben. Die ausgewerteten Datensätze repräsentieren eine Ausbaugröße von mehr als 120 Mio. EW. Diese Anlagen haben einen Stromverbrauch von ca. 3.200 GWh/a. Hochgerechnet auf alle Kläranlagen in Deutschland ergibt sich ein jährlicher Gesamtstromverbrauch von ca. 4.000 GWh.

Der mittlere spezifische Stromverbrauch aller Kläranlagen beträgt 34,0 kWh/(EW*a). Dabei zeigt sich, dass der spezifische Stromverbrauch deutlich abnimmt, je größer die Kläranlage ist. So sinkt der spezifische Stromverbrauch von 54,1 kWh/(EW*a) in der Größenklasse 1 auf 32,9 kWh/(EW*a) in der Größenklasse 5 ab (Tab. 2, Abb. 2).

Betrachtet man den gesamten Stromverbrauch der Kläranlagen, so zeigt sich, dass die Anlagen der Größenklassen 1 bis 3 nur knapp 10 % zum Gesamtstromverbrauch beitragen. Die Anlagen mit einer Ausbaugröße von mehr als 10.000 Einwohnerwerten dominieren und verbrauchen mehr als 90 % der für die Abwasserreinigung benötigten elektrischen Energie. Deshalb liegt es auch auf der Hand, dass das größte Einsparpotenzial in den Größenklassen 4 und 5 liegt, obwohl diese Anlagen bereits vergleichsweise geringe spezifische Stromverbräuche aufweisen. Bei den kleinen Größenklassen können im Einzelfall bei höheren spezifischen Stromverbräuchen größere Einsparungen möglich sein, die sich sogar mindernd auf die Abwassergebühren auswirken können. Bezogen auf den Gesamtstromverbrauch aller Kläranlagen ist dies jedoch von untergeordneter Bedeutung.

	Anzahl	Ausbaugröße	Mittlere Belastung	Stromverbrauch	spez. Stromverbrauch
Dimension	–	Mio. EW	Mio. EW	GWh/a	kWh/(EW*a)
GK 1	811	0,4	0,4	22,7	54,1
GK 2	1.292	3,6	3,1	128,6	41,5
GK 3	610	4,7	4,0	152,6	38,1
GK 4	1.415	46,1	36,0	1.229,3	34,1
GK 5	203	66,0	51,2	1.684,6	32,9
Gesamt	**4.331**	**120,8**	**94,7**	**3.217,7**	**34,0**

Tabelle 2: Jährlicher Stromverbrauch der Kläranlagen

Die Einzelergebnisse der Kläranlagen wurden für jede Größenklasse als Häufigkeitsverteilung ausgewertet. Dabei fällt auf, dass die Einzelergebnisse der Kläranlagen eine große Streuung aufweisen. Die Spannweite reicht von weniger als 20 kWh/(EW*a) bis z.T. weit über 40 kWh/(EW*a) hinaus (Abb. 2).

Der spezifische Stromverbrauch und die Streubreite in der Auswertung sind dabei u.a. abhängig von:

- Der Kläranlagengröße: Je kleiner die Anlagen, desto größer wird die Streubreite.
- Dem Reinigungsverfahren z. B. unbelüftete Abwasserteiche, Tropfkörper, Belebungsverfahren
- Der verfahrenstechnischen Ausstattung: Simultane aerobe Schlammstabilisierung, Faulung, Schlammtrocknung, weitere Verfahrensstufen
- Weitergehende Reinigung: Filtration, Biofilter, UV-Anlagen etc.
- Den topografischen Verhältnissen: Durchfluss in freiem Gefälle oder Pumpwerke
- Der Belastung der Anlage (im Jahresmittel): Verhältnis EW-Ausbau zur mittleren EW-Belastung, saisonale Spitzenbelastungen
- Der Abwasserzusammensetzung: Größe der spezifischen Stickstofffracht im Zulauf
- Der Art der Probenahme: Bei kleinen Anlagen fehlen z. T. Probenahmegeräte. Die Anlagen der GK 1 und 2 wurden daher nicht in allen Auswertungen berücksichtigt.
- Dem Ort der Probenahme: Eventuelle Miterfassung interner Kreisläufe in den Zulaufproben

Beispielhaft werden die Einflüsse

- der mittleren Belastung der Anlagen im Verhältnis zur jeweiligen Ausbaugröße
- der spezifischen Abwassermenge
- der Abwasserzusammensetzung

auf den spezifischen Stromverbrauch dargestellt (Tab. 3).

So zeigt sich, dass Anlagen mit einem höheren Verhältniswert EW-Ausbau/mittlere EW-Belastung auch einen höheren Stromverbrauch aufweisen.

Bei kleinen bis mittleren spezifischen Abwassermengen ist der Einfluss auf den Stromverbrauch gering. Steigt der spezifische Abwasseranfall aber auf mehr als 120 m³/(EW*a), so ist ein deutlicher Einfluss auf den Stromverbrauch erkennbar. Hohe spezifische Abwassermengen resultieren aus einem größeren Fremdwasseranfall und dem beim Mischsystem auf den Kläranlagen mitbehandelten Regenwasserabfluss.

Bei Kläranlagen mit höheren spezifischen Stickstofffrachten im Zulauf liegt auch der Bedarf an Sauerstoff für die Nitrifikation höher. Hier wurden nur die Kläranlagen der Größenklassen 4 und 5 berücksichtigt, da diese entsprechend den gesetzlichen Auflagen den Stickstoff weitgehend eliminieren müssen.

GK 3,4 und 5	**EW-Ausbau/mittlere EW-Belastung**		
Verhältnis EW-Ausbau/mittlere EW-Belastung	‹ 1,2	1,2 bis 2,0	›2,0
Anzahl der Kläranlagen	889	1.021	318
Spezifischer Stromverbrauch (Medianwert)	29,1 kWh/(EW*a)	38,5 kWh/(EW*a)	53,8 kWh/(EW*a)
GK 3,4 und 5	**Spezifische Abwassermenge**		
Spezifische Abwassermenge	‹ 60m³/(EW*a)	60 bis 120 m³/(EW*a)	›120 m³/(EW*a)
Anzahl der Kläranlagen	598	1.239	391
Spezifischer Stromverbrauch (Medianwert)	34,2 kWh/(EW*a)	34,8 kWh/(EW*a)	41,7 kWh/(EW*a)
GK 4 und 5	**Spezifische Stickstofffracht**		
Spezifische Stickstofffracht	‹ 11g/(EW*d)	11 bis 15 g/(EW*d)	›15 g/(EW*d)
Anzahl der Kläranlagen	658	686	256
Spezifischer Stromverbrauch (Medianwert)	30,5 kWh/(EW*a)	35,9 kWh/(EW*a)	46,3 kWh/(EW*a)

Tabelle 3: Spezifischer Stromverbrauch bei unterschiedlichen Verhältnissen EW-Ausbau/mittlere EW-Belastung, in Abhängigkeit von der spezifischen Abwassermenge und der spezifischen Stickstofffracht im Zulauf

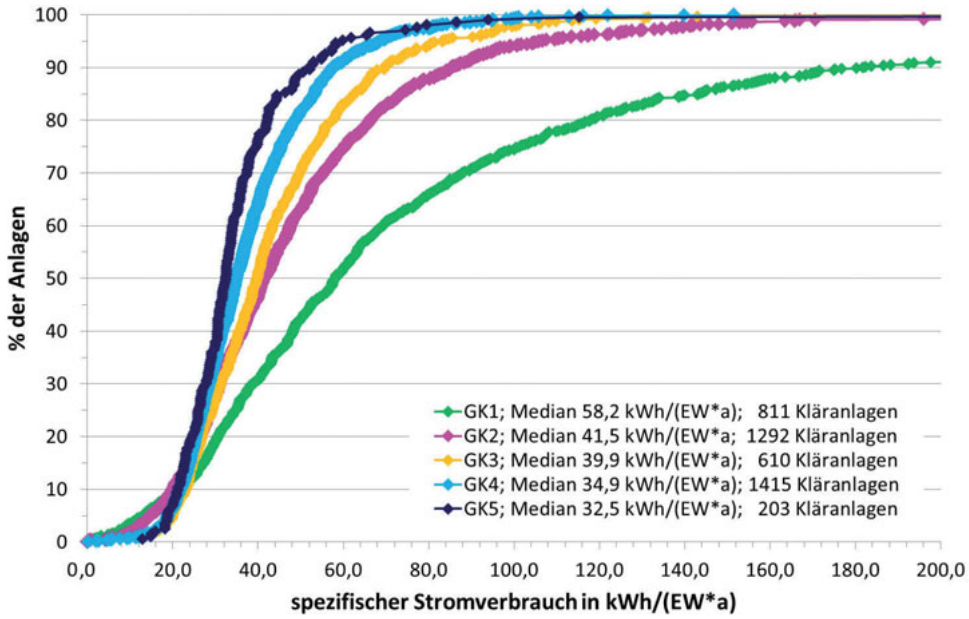


Abbildung 2: Summenhäufigkeit der spezifischen Stromverbräuche

Offensichtlich haben die jeweils vorliegenden örtlichen Randbedingungen auf den Kläranlagen einen wesentlichen Einfluss auf den Stromverbrauch. Hohe Stromverbräuche allein sind deshalb zunächst noch kein Hinweis, dass Energie eingespart werden kann. Mit Hilfe von anlagenspezifischen Energieanalysen gemäß DWA-A 216 (Gelbdruck) lassen sich die lokalen Gegebenheiten bewerten und Einsparpotenziale aufzeigen. In betrieblicher Hinsicht sind bei der elektrischen Energie zumeist nur geringe Einsparungen erzielbar. Größere Einsparungen (bis zu 25 %) können im Regelfall nur durch entsprechende Investitionen für Verfahrensänderungen, Austausch von Aggregaten etc. erzielt werden.

4. Zusammenfassung

Die Beteiligung am bundesweiten DWA-Leistungsvergleich 2011 war wie in den Vorjahren sehr gut. Hierfür wird dem Betriebspersonal der kommunalen Kläranlagen recht herzlich gedankt. Die Ergebnisse zeigen ein repräsentatives Bild der Reinigungsleistung der Kläranlagen in Deutschland. 2011 beteiligten sich 5.668 Kläranlagen mit einer Ausbaugröße von rd. 140 Mio. EW.

Erstmals wurde bundesweit auch der Stromverbrauch der Kläranlagen erhoben und statistisch ausgewertet. Im Mittel ergibt sich ein spezifischer Stromverbrauch von 34,0 kWh/(EW*a). Der derzeitige private Stromverbrauch liegt bei etwas mehr als 1.000 kWh/(EW*a). Damit wird deutlich, dass für die Abwasserreinigung lediglich etwa 4 % des jährlichen Stromverbrauchs eines Haushaltes (oder Einwohners) erforderlich sind. Ziel der Abwassereinigung ist es, ein möglichst hohes Reinigungsniveau mit geringem Energieaufwand zu erreichen. Es versteht sich daher von selbst, dass auch im Abwasserbereich keine Energie verschwendet werden sollte.

Insgesamt werden derzeit für die kommunale Abwasserreinigung ca. 4.000 GWh/a verbraucht. Der spezifische Stromverbrauch sinkt dabei mit steigender Kläranlagengröße von 54,1 kWh/(EW*a) bei GK 1 auf 32,9 kWh/(EW*a) bei GK 5. Betrachtet man den gesamten Stromverbrauch der Kläranlagen, so erkennt man, dass die Anlagen der Größenklassen 1 bis 3 gesamthaft nur knapp 10 % zum Gesamtstromverbrauch beitragen.

Das größte Einsparpotenzial liegt aufgrund der Kläranlagenstruktur bei den Anlagen der Größenklasse 4 und 5. Höhere Stickstoffbelastungen des Abwassers wirken sich auch auf den Stromverbrauch aus. Auch die mittlere Belastung der Kläranlagen im Verhältnis zur Ausbaugröße hat Auswirkungen auf den Stromverbrauch. Bei niedriger Belastung der Anlagen wird deutlich mehr Strom verbraucht als bei höheren Belastungen. Mit der Datenerfassung im Rahmen des Energiechecks nach DWA-A 216 (Gelbdruck) wird eine größere Datenmenge erfasst, die eine differenziertere Bewertung der energetischen Situation auf Abwasseranlagen erlaubt.

Insgesamt konnten auch im Jahr 2011 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). 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 Teilnehmern, 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 Leistungsvergleich 2011 ist auch von der DWA-Homepage (www.dwa.de) unter den Menüpunkten „Veranstaltungen – Nachbarschaften – Weitere Informationen“ kostenfrei abrufbar.

Bildnachweis: Fotos aus dem DWA-Landesverband Baden-Württemberg
Bearbeitung: DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 „Kläranlagen-Nachbarschaften“

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
Theodor-Heuss-Allee 17 · 53773 Hennef · Deutschland
Tel.: +49 2242 872-333 · Fax: +49 2242 872-135
E-Mail: info@dwa.de · Internet: www.dwa.de