

Abwasser und Klärschlamm in Deutschland - statistische Betrachtungen

DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 Statistik

Nachdruck aus der Zeitschrift Korrespondenz Abwasser, Abfall - 2014 (61) Nr. 12, 2015 (62) Nr. 1
mit freundlicher Genehmigung durch die Redaktion der Zeitschrift "Korrespondenz Abwasser, Abfall"

Autoren

Statistisches Bundesamt und
DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 "Statistik"

Dr. Ing. Anke Durth
Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG

Franz-Josef Kolvenbach, M.A.
Statistisches Bundesamt

Ihr Kontakt zum Statistischen Bundesamt

www.destatis.de/kontakt

Telefon: +49 (0) 611 - 75 8950

Abwasser und Klärschlamm in Deutschland – statistische Betrachtungen

Teil 1: Abwasserbehandlung^{*)}

Statistisches Bundesamt und DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 „Statistik“

Zusammenfassung

Auf Basis von Daten der amtlichen Statistik werden statistische Betrachtungen zu Abwasser und Klärschlamm in Deutschland angestellt. Die Analysen sind gegliedert in Abwasserbehandlungsanlagen, Abwassermengen, Klärschlammengen und -entsorgung, Klärschlammbeschaffenheit, Rechen- und Sandfanggut, Klärgas und Energie. Aufgeführt werden jeweils die aktuellen Daten und die zeitliche Entwicklung.

Schlagwörter: Klärschlamm, Abwasserreinigung, kommunal, Entsorgung, Rechengut, Sandfanggut, Klärgas, Energie, Statistik

DOI: 10.3242/kae2014.12.003

Abstract

Wastewater and Sewage Sludge in Germany – Statistical Considerations Part 1: Wastewater Treatment

Statistical considerations on wastewater and sewage sludge in Germany are carried out on the basis of data of official Statistics. The analyses are broken down into wastewater treatment facilities, wastewater quantities, sewage sludge quantities and disposal, sewage sludge properties, screenings and grit chamber trappings, biogas and energy. The current data and the development over time are listed respectively.

Key words: sewage sludge, wastewater treatment, municipal, disposal, screenings, grit chamber trappings, biogas, energy, statistics

1 Einleitung

Die Betreiber von Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland stellen jährlich viele Daten für statistische Erhebungen zur Verfügung. Diese Veröffentlichung soll dazu dienen, einige dieser Daten in verdichteter Form sowie vorgenommene Auswertungen der Ergebnisse der Fachöffentlichkeit bekannt zu machen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf einer neutralen Darstellung und weniger auf der Interpretation dieser Daten. Dennoch werden an einigen Stellen Hinweise auf mögliche Zusammenhänge gegeben bzw. Interpretationsansätze geliefert, ohne den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Das in Deutschland anfallende kommunale und industrielle Abwasser wird in Abwasserbehandlungsanlagen verschiedener Größen gereinigt, die unterschiedlichen Rechtsformen und Zuständigkeiten unterliegen. Laut amtlicher Statistik wurden im Jahr 2010 insgesamt rund 12 600 Abwasserbehandlungsanlagen erfasst, wobei 9632 der Anlagen in der Zuständigkeit der öffentlichen Hand und 2953 der Anlagen in der Zuständigkeit von wirtschaftlichen Betrieben lagen [1]. Den öffentlichen Anlagen werden auch industrielle Abwässer zugeführt, während kommunales Abwasser nur gelegentlich in nichtöffentlichen

Anlagen mitbehandelt wird. Des Weiteren waren in Deutschland im Jahr 2010 rund 2,2 Millionen Einwohner an Kleinkläranlagen, das heißt nicht an die zentrale öffentliche Abwasserbehandlung, angeschlossen [1]. Die Ausführungen dieser Veröffentlichung beziehen sich ausschließlich auf die 9632 öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland.

Um einen Gesamtüberblick über die Abwasserbehandlungsanlagen und die in diesem Zusammenhang entstehenden Stoffflüsse zu geben, werden in dieser Veröffentlichung Daten verschiedener statistischer Erhebungen genutzt (Tabelle 1). Die derzeit aktuellen Daten sind somit bei der Abwasserbehandlung und -entsorgung die Daten von 2010, bei Klärschlamm, sonstigen Abfällen und Klärgas hingegen die Daten von 2012.

Bei allen Erhebungen erfolgt die regionale Zuordnung der Merkmale zum Bundesland nach dem Standort der Anlage. Insbesondere die Stadtstaaten übergeben das auf ihrem Gebiet anfallende Abwasser häufig zur Reinigung an die angrenzenden Bundesländer. So wird in Berlin lediglich das Abwasser von rund 1,4 Millionen Einwohnern behandelt, während in Brandenburg das Abwasser von rund 4,4 Millionen Einwohnern behandelt wird. Tatsächlich leben in Brandenburg jedoch nur

^{*)} Teil 2 erscheint in KA 1/2015.

Erhebung	Erhebungseinheit	Umfang der Erhebung	gesetzliche Grundlage	Intervall der Erhebung
Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung	Körperschaften des öffentlichen Rechts	Vollerhebung	Umweltstatistikgesetz	dreijährlich
Klärschlamm	Körperschaften des öffentlichen Rechts	Vollerhebung	Umweltstatistikgesetz	jährlich
Abfallentsorgung	Abfallentsorgungsanlagen	Vollerhebung	Umweltstatistikgesetz	jährlich
Klärgas	Betreiber Abwasserbehandlungsanlagen	max. 6000 Betreiber	Energiestatistikgesetz	jährlich

Tabelle 1: Für die Veröffentlichung verwendete Erhebungen der amtlichen Statistik

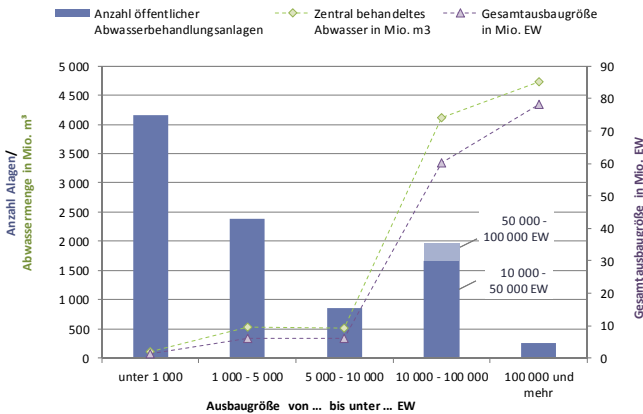


Abb. 1: Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen, Gesamtausbaugröße und zentral behandelte Jahresabwassermenge nach Ausbaugrößenklassen in Deutschland, 2010 ([3], Tabelle 6.2)

rund 2,5 Millionen Menschen. Bei einem Anschlussgrad von 86,7 % ergibt sich eine Anzahl der Einwohner mit Anschluss an eine öffentliche Abwasserbehandlungsanlage von 2,2 Millionen. Als Differenz verbleiben etwa 2,2 Millionen Einwohner, was in etwa der Anzahl der angeschlossenen Berliner Bürger entsprechen dürfte.

Die DWA erhebt ebenfalls statistische Daten, unter anderem im Rahmen ihres DWA-Leistungsvergleichs [2]. Die Daten des Leistungsvergleichs werden über die DWA-Landesverbände erhoben und von der DWA-Arbeitsgruppe BIZ-1.1 „Kläranlagen-Nachbarschaften“ ausgewertet. Im Gegensatz zu den meisten amtlichen Statistiken handelt es sich um keine Vollerhebung. Es wird aber ein hoher Anteil der Anlagen erfasst (2013: insgesamt 93,2 % der Ausbaupazität). Als Ergebnisse werden zum Beispiel mittlere Zu- und Ablaufkonzentrationen und Abbaugrade dargestellt. Diese Werte können aus den amtlichen Statistiken nicht abgeleitet werden, da die dazu erforderlichen Grundlagendaten nicht erhoben werden. Ein Vergleich zwischen den beiden Erhebungen ist daher nicht möglich.

2 Abwasserbehandlungsanlagen

2.1 Allgemeine Erläuterungen

Dieses Kapitel enthält Daten aus der amtlichen Statistik zur öffentlichen Abwasserbehandlung und -entsorgung. Die dreijährliche Erhebung stellt grundlegende Informationen zum Abwasseraufkommen, zur Art der öffentlichen Abwasserbehandlung sowie zur Abwassereinleitung zusammen [3].

2.2 Aktuelle Daten

Im Jahr 2010 gab es in Deutschland 9632 öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen, in denen etwa 9990 Millionen Kubikmeter Abwasser gereinigt wurden (Abbildung 1, Tabelle 2) [3]. Der Großteil aller öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen gehörte mit einer Ausbaugröße von unter 5000 Einwohnerwerten (EW¹⁾) den kleinsten Größenklassen 1 und 2 (nach Anhang 1 der Abwasserverordnung [4]) an. Diese Anlagen bewältigten nur einen kleinen Teil des angefallenen kommunalen Abwassers. Im Jahr 2010 entsprach dies gerade einmal gut 6 % der insgesamt

¹⁾ Einwohnerwerte (EW) = angeschlossene Einwohner + Einwohnergleichwerte (EGW_{60g}: Vergleichsmaß von Industrieemissionen mit häuslichem Abwasser, bezogen auf 60 g BSB pro Einwohner und Tag)

Größenklasse	Ausbaugröße von ... bis unter ... in EW	Anzahl öffentlicher Abwasserbehandlungsanlagen	Anteil in %	Gesamtausbaugröße in Mio. EW	Anteil in %	Jahresmittelwert der angeschlossenen EW in Mio.	Anteil in %	behandelte Jahresabwassermenge in Mio. m³	Anteil in %
	insgesamt	9632	100	152,1	100	119,7	100	9988	100
Gk 1	unter 1000	4153	43,1	1,5	1,0	1,1	0,9	113	1,1
Gk 2	1000–5000	2387	24,8	6,0	3,9	4,5	3,8	528	5,3
Gk 3	5000–10 000	864	9,0	6,2	4,1	4,9	4,1	511	5,1
Gk 4a	10 000–50 000	1657	17,2	37,9	24,9	29,5	24,7	2740	27,4
Gk 4b	50 000–100 000	315	3,3	22,2	14,6	16,8	14,1	1373	13,8
Gk 5	100 000 und mehr	256	2,7	78,3	51,4	62,8	52,5	4722	47,3

Tabelle 2: Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen, Gesamtausbaugröße und zentral behandelte Jahresabwassermenge nach Ausbaugrößenklassen in Deutschland, 2010 ([3], Tabelle 6.2)

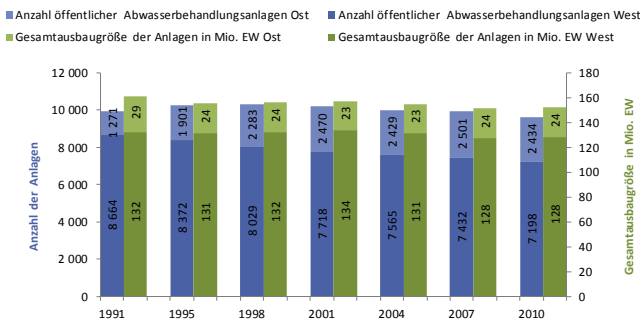


Abb. 2: Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen und Gesamtausbaugröße der Anlagen in West- und Ostdeutschland (einschließlich Berlin), 1991–2010 ([3, 5], Tabelle 6.1; [6–8], Tabelle 10.1; [9, 10], Tabelle 2.5.1)

angefallenen kommunalen Abwassermenge. In sehr geringem Umfang werden auch öffentliche Anlagen mit einer Ausbaugröße kleiner 50 EW erfasst (2010: 106 Anlagen bzw. 1 %).

256 Abwasserbehandlungsanlagen der Größenklasse 5, also mit einer Ausbaugröße von mehr als 100 000 EW, reinigten nahezu die Hälfte des insgesamt angefallenen kommunalen Abwassers, also gut 4700 Millionen Kubikmeter, jedoch betrug ihr Anteil an allen öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen nur knapp 3 %.

Ein Fünftel der öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen zählte zur Größenklasse 4 mit einer Ausbaugröße von 10 000 bis unter 100 000 EW. Auch diese haben mit 41 % der insgesamt angefallenen Abwassermenge (4100 Millionen Kubikmeter) einen vergleichsweise hohen Anteil an der öffentlichen Abwasserbehandlung. In Abbildung 1 und Tabelle 2 ist die Größenklasse 4 nochmals untergliedert in 4a (10 000–50 000 EW) und 4b (50 000–100 000 EW), um zu verdeutlichen, dass die Anlagen unter 50 000 EW den größeren Anteil der Größenklasse 4 einnehmen, sowohl nach der Anzahl wie auch nach den Einwohnerwerten und der Jahresabwassermenge.

2.3 Zeitliche Entwicklung

Die Anzahl der öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen sowie die Gesamtausbaugröße der Anlagen in Deutschland haben sich seit 1991 unterschiedlich stark verändert (Abbildung 2). 1998 gab es zwar etwa 380 Anlagen mehr als 1991, jedoch ist die Tendenz seitdem fallend. Die Zunahme der Anzahl der Anlagen von 1991 bis 1998 ist auf den Neubau von Abwasserbehandlungsanlagen in Ostdeutschland zurückzuführen, der

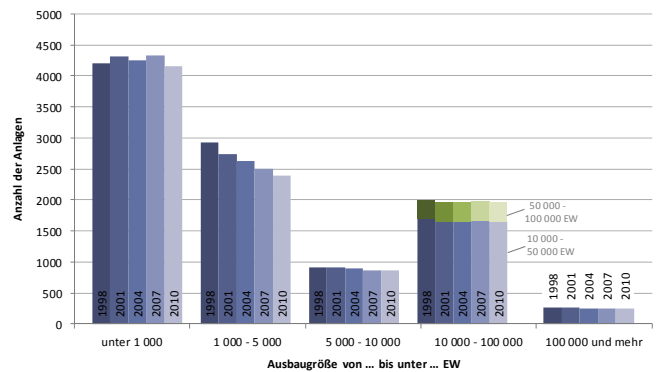


Abb. 3: Öffentliche Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland, 1998–2010, nach Größenklassen ([3], Tabelle 6.2, und [6–8], Tabelle 10.2)

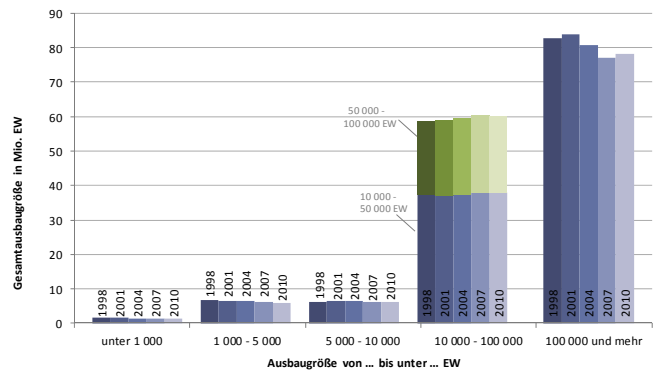


Abb. 4: Gesamtausbaugröße der öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen in Deutschland, 1998–2010, nach Größenklassen ([3], Tabelle 6.2 und [6–8], Tabelle 10.2)

die rückläufige Entwicklung in Westdeutschland um rund 380 Anlagen übersteigt.

Im Jahr 2010 ist die Anzahl der Abwasserbehandlungsanlagen um 3 % geringer als 1991. Am stärksten verringerte sich seit 1998 die Anzahl der öffentlichen Abwasserbehandlungsanlagen der Größenklasse 2, nämlich um 535 Anlagen (Abbildung 3). Die Anzahl der Anlagen in den anderen Größenklassen verringerte sich seit 1998 nur geringfügig.

Die Gesamtausbaugröße der öffentlichen Anlagen war im Jahr 2010 um etwa 9 Millionen Einwohnerwerte geringer als 1991 (Abbildung 2). Am stärksten verringerte sich seit 1998 die Gesamtausbaugröße der Anlagen der größten Größenklasse 5, und zwar um 6 % (Abbildung 4).

3 Abwassermengen

3.1 Allgemeine Erläuterungen

Die zur Verfügung stehenden Messmethoden zur Ermittlung des auf den Kläranlagen anfallenden Abwassers sind technisch ausgereift und liefern genaue Ergebnisse. In den meisten Bundesländern sorgt eine amtlich vorgeschriebene Qualitätssicherung dafür, dass die Messergebnisse auch dauerhaft hinreichend genau sind, zum Beispiel in Nordrhein-Westfalen die Selbstüberwachungsverordnung StwV-kom [11]. Es ist daher davon auszugehen, dass die in den amtlichen Statistiken enthaltene Größe „Jahresabwassermenge“ die tatsächlichen Verhältnisse wirklichkeitsnah abbildet. In den amtlichen Erhebungen werden die Betreiber von Kläranlagen aufgefordert, die Jahresabwassermenge in ihre einzelnen Fraktionen Schmutz-, Fremd- und Niederschlagswasser zu unterteilen. Dies erfolgt in der Regel über die Bestimmung der Jahresschmutzwassermenge (Trockenwettermenge). Nach welchem Verfahren dieser Wert ermittelt wird, ist in den Bundesländern unterschiedlich geregelt²⁾. Daraus ergeben sich folglich systematische Unterschiede, die bei der Interpretation der länderspezifischen Angaben zu beachten sind. In der Jahresschmutzwassermenge ist definitionsgemäß auch das sogenannte Fremdwasser enthalten³⁾. Zur Bestimmung der Fremdwassermenge wird üblicherweise der häusliche und gewerbliche Schmutzwasseranteil von der Jahresschmutzwassermenge abgezogen. Auch bei der Bestimmung der häuslichen und gewerblichen Schmutzwassermengen sind mehrere Methoden im Einsatz⁴⁾. Die auf der Kläranlage behandelte Niederschlagswassermenge errechnet sich aus der Jahresabwassermenge abzüglich der Jahresschmutzwassermenge. Auf Kläranlagen, die ihr Abwasser ausschließlich aus Trennkanalisationen erhalten, fällt in der Regel kein Niederschlagswasser an.

3.2 Aktuelle Daten

Insgesamt waren im Jahr 2010 in Deutschland 78,1 Millionen Menschen an öffentliche Kläranlagen angeschlossen. Bei einer Gesamtzahl von 81,8 Mio. Einwohnern⁵⁾ errechnet sich der Anschlussgrad zu 95,6 %. Die Gesamtbelastung als Jahresmittelwert der angeschlossenen Einwohner und Einwohnergleich-

²⁾ In Nordrhein-Westfalen z.B. nach der sogenannten Trockenwettertage-Methode, s. hierzu [16]; in Bayern ebenfalls vorzugsweise nach der Trockenwettertage-Methode, jedoch sind weitere Verfahren zulässig (z. B. anhand eines sogenannten „Dichtemittels“), s. hierzu [17]; in Hessen waren bis 2010 verschiedene Methoden zugelassen (Trockenwettertage-Methode, Dichtemittel, Wasserverbrauch), s. hierzu [18].

³⁾ Dies ergibt sich aus der Definition gemäß § 2 Abs. 1 AbwAG: „Abwasser im Sinne dieses Gesetzes sind das durch häuslichen, gewerblichen, landwirtschaftlichen oder sonstigen Gebrauch in seinen Eigenschaften veränderte und das bei Trockenwetter damit zusammen abfließende Wasser (Schmutzwasser) sowie das von Niederschlägen aus dem Bereich von bebauten oder befestigten Flächen abfließende und gesammelte Wasser (Niederschlagswasser)...“ [19].

⁴⁾ In Nordrhein-Westfalen wird beispielsweise mit dem spezifischen Schmutzwasseranfall von $150 \text{ l}/(\text{E} \times \text{d})$ gerechnet. In Bayern wird ebenfalls mit einwohnerbezogenen spezifischen Werten gerechnet. In Baden-Württemberg wird der Frischwasserverbrauch (einschließlich Förderung aus Eigenwasserversorgungen) angesetzt.

⁵⁾ Stand 30. Juni 2010, Basis: Fortschreibung der Volkszählung 1987 (früheres Bundesgebiet) bzw. Fortschreibung des zentralen Einwohnermelderegisters der DDR, Stand Oktober 1990 (neue Bundesländer)

	Jahresabwassermengen										Anteil insgesamt nach Bundesländern	
	Ange- schlos- sene Einwohner	Jahresmittelwert der angeschl. Einwohnerwerte (EW bezogen auf EGW _{B60})	häusliches und betriebliches Schmutzwasser (Trockenwettermenge)		davon		Fremd- wasser- anteil bei Trocken- wetter	Niederschlagswasser		insgesamt		
			1 000 m ³	%	1 000 m ³	%		1 000 m ³	%			1 000 m ³
Bundesland	Anzahl	Anzahl EW	1 000 m ³	%	1 000 m ³	%	1 000 m ³	%	1 000 m ³	%	1 000 m ³	%
Baden-Württemberg	10.550.593	18.343.217	1.014.090	61,7	556.036	33,8	458.054	27,9	630.519	38,3	1.644.609	16,5
Bayern	12.253.683	18.759.645	1.278.797	72,6	951.795	54,1	327.002	18,6	482.138	27,4	1.760.935	17,6
Berlin	1.409.886	1.583.209	71.531	86,8	71.531	86,8	-	-	10.906	13,2	82.437	0,8
Brandenburg	4.407.024	5.328.173	225.824	92,0	214.697	87,5	11.127	4,5	19.605	8,0	245.429	2,5
Bremen	810.228	1.370.191	58.758	92,2	52.621	82,6	6.137	9,6	4.971	7,8	63.729	0,6
Hamburg	1.911.178	2.940.467	136.630	86,0	100.060	63,0	36.570	23,0	22.300	14,0	158.930	1,6
Hessen	5.980.877	7.910.799	568.070	63,7	297.175	33,3	270.895	30,4	324.346	36,3	892.416	8,9
Mecklenburg-Vorpommern	1.430.830	2.429.790	79.532	87,9	69.608	76,9	9.924	11,0	10.974	12,1	90.506	0,9
Niedersachsen	7.265.911	11.880.723	575.161	94,1	454.860	74,4	120.301	19,7	36.342	5,9	611.503	6,1
Nordrhein-Westfalen	17.388.559	27.738.915	2.074.848	76,1	1.405.216	51,6	669.632	24,6	650.946	23,9	2.725.794	27,3
Rheinland-Pfalz	3.735.480	5.355.940	339.078	64,5	227.328	43,3	111.750	21,3	186.293	35,5	525.371	5,3
Saarland	1.002.752	1.389.342	107.498	61,9	60.853	35,0	46.645	26,8	66.274	38,1	173.772	1,7
Sachsen	3.602.395	4.679.379	290.221	68,8	163.283	38,7	126.938	30,1	131.645	31,2	421.866	4,2
Sachsen-Anhalt	2.163.597	3.651.743	154.267	81,0	118.287	62,1	35.980	18,9	36.171	19,0	190.438	1,9
Schleswig-Holstein	2.600.612	3.862.485	181.557	92,1	162.872	82,7	18.685	9,5	15.504	7,9	197.061	2,0
Thüringen	1.614.814	2.459.638	155.741	76,6	106.283	52,3	49.458	24,3	47.520	23,4	203.261	2,0
Deutschland gesamt	78.128.419	119.683.656	7.311.603	73,2	5.012.505	50,2	2.299.098	23,0	2.676.454	26,8	9.988.057	100

Tabelle 3: Angeschlossene Einwohner, Einwohnerwerte und Abwassermengen in Deutschland 2010 nach Bundesländern ([3], Tabellen 6.1 und 6.2)

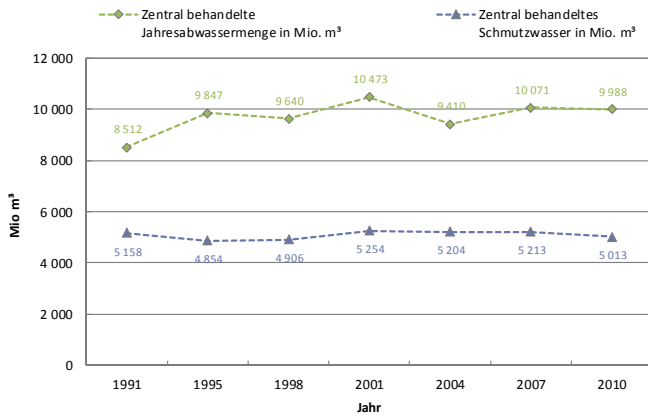


Abb. 5: Zentral behandelte Abwasser- und Schmutzwassermenge in Deutschland, 1991–2010 ([3, 5], Tabelle 6.1; [6–8], Tabelle 10.1; [9, 10], Tabelle 2.5.1)

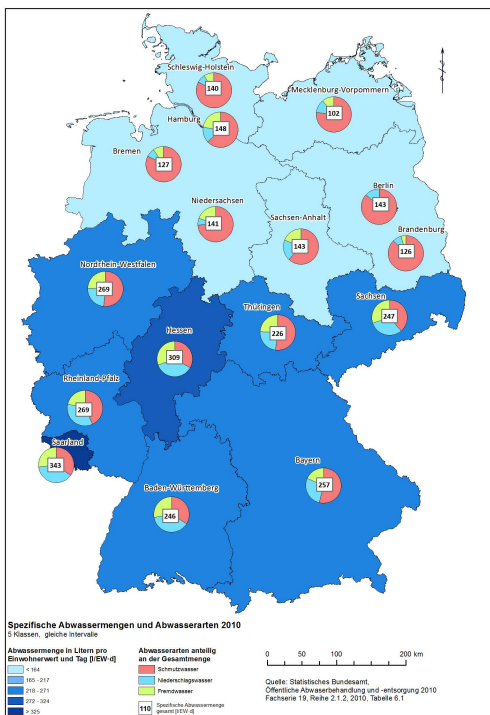


Abb. 6: Spezifische Abwassermengen, 2010, nach Bundesländern

werte EGW_{B60} geben die Kläranlagenbetreiber mit 119,7 Millionen Einwohnerwerten an (vgl. Tabellen 2 und 3).

Die gereinigte Abwassermenge belief sich 2010 auf 9990 Millionen Kubikmeter. Davon fielen 50,2 % als Schmutzwasser, 23,0 % als Fremdwasser und 26,8 % als Niederschlagswasser aus Mischkanalisationen an. Das abwasserreichste Bundesland war Nordrhein-Westfalen mit einem Anteil von 27,3 % am gesamten Abwasseraufkommen. Die Daten können Tabelle 3 entnommen werden.

3.3 Zeitliche Entwicklung

Die zentral behandelte Abwassermenge hat seit dem Jahr 1991 im Mittel leicht zugenommen (Abbildung 5). Hingegen blieb die behandelte Schmutzwassermenge seit 1991 im Mittel etwa gleich (Abbildung 5), was vermuten lässt, dass überwiegend die Niederschlagswassermenge die Schwankungen der behandelten Abwassermenge verursacht.

Die Entwicklung wird von verschiedenen Einflussfaktoren bestimmt, die sich in ihren Effekten zum Teil wieder aufheben. Die rückläufigen Einwohnerzahlen, die steigenden Bemühungen beim Wassersparen und der Rückgang abwasserintensiver Produktionsverfahren werden als Hauptfaktoren vermutet. Dem wirken entgegen: der gestiegene Anschlussgrad, der Flächenversiegelungsgrad und der zunehmende Ausbau der Mischwasserbehandlung etc.

3.4 Spezifische Werte

Für das Jahr 2010 wurden die spezifischen Abwassermengen (in Liter pro Einwohnerwert und Tag) nach Bundesländern ermittelt. Für die Bezugsgröße Einwohnerwert (EW) wurde die mittlere Belastung der Kläranlage bezogen auf EGW_{B60} verwendet. Die Ergebnisse dieser Betrachtung sind Abbildung 6 zu entnehmen.

Auffällig sind die geringen spezifischen Abwassermengen im Norden im Vergleich zu den im Süden gelegenen Bundesländern. Dieses Phänomen korrespondiert mit der Verbreitung der Misch- und Trennkanalisationen in Deutschland. Während im Süden die Mischkanalisation überwiegt, gibt es im Norden und Osten meist Trennkanalisationen (s. hierzu [15]).

Weitere Einflussfaktoren auf die Abwassermenge sind die Niederschlagsmenge, der bauliche Zustand der Kanalisationen, der Versiegelungsgrad, die Siedlungsdichte, Gewerbe- und Industrieabwasseranfall, die Grundwasserverhältnisse etc.

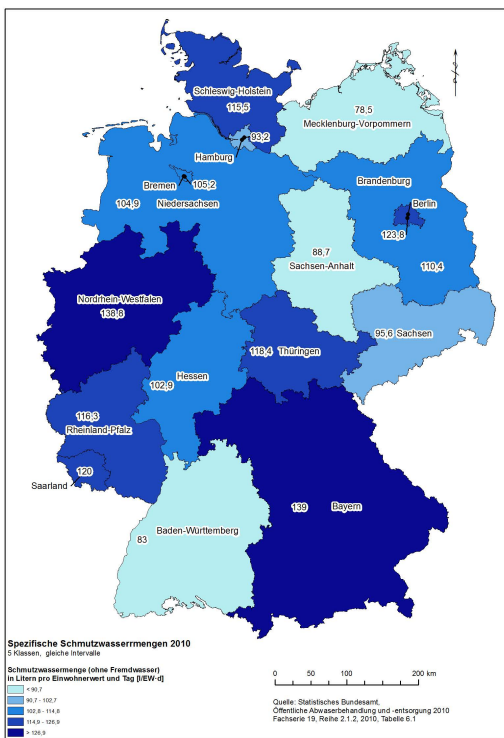


Abb. 7: Spezifische Schmutzwassermengen (ohne Fremdwasser), 2010, nach Bundesländern

Ein heterogenes Bild ergibt sich bei Betrachtung der spezifischen Schmutzwassermengen (ohne Fremdwasser, Abbildung 7). Regionale Trends sind hier nicht zu erkennen, ebenso wenig wie Rückschlüsse auf die jeweilige Verbreitung der Entwässerungsverfahren. Besonders auffällig wird dies am Vergleich Baden-Württemberg und Bayern. Während die spezifischen Jahresabwassermengen mit 246 bzw. 257 l/(EW × d) noch recht ähnlich sind, liegt der spezifische Schmutzwasseranfall ohne Fremdwasser in Baden-Württemberg mit 83 l/(EW × d) etwa 40 % unter dem Wert in Bayern mit 139 l/(EW × d). Die Vermutung liegt nahe, dass insbesondere die unterschiedlichen Methoden, nach denen die verschiedenen Abwasserfraktionen mengenmäßig bestimmt werden, ausschlaggebend für dieses Bild sind.

Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1.3, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Strukturdaten zur Wasserwirtschaft –, Erhebungsjahr 2010, veröffentlicht 2013, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [2] DWA: 26. Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen, Sonderdruck, Hefen, 2014
- [3] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1.2, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und öffentliche Abwasserentsorgung – Öffentliche Abwasserbehandlung und -entsorgung –, Erhebungsjahr 2010, veröffentlicht 2013, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [4] Abwasserverordnung in der Fassung der Bekanntmachung vom 17. Juni 2004, BGBl. I, S. 1108, 2625, zuletzt geändert durch Artikel 6 der Verordnung vom 2. Mai 2013, BGBl. I, S. 973)
- [5] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 2007, veröffentlicht 2009, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [6] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 2004, veröffentlicht 2006, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

- [7] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 2001, veröffentlicht 2003, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [8] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 1998, veröffentlicht 2001, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [9] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 1995, veröffentlicht 1998, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [10] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 2.1, Umwelt, Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung, Erhebungsjahr 1991, veröffentlicht 1995, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- [11] Verordnung über Art und Häufigkeit der Selbstüberwachung von kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen und -einleitungen (Selbstüberwachungsverordnung kommunal – SüwV-kom) vom 25. Mai 2004, GV. NRW, S. 322
- [12] Bischofsberger, W., Dichtl, N., Rosenwinkel, K. H., Seyfried, C. F., Böhne, B.: *Anaerobtechnik*, 2. Aufl., Springer, Berlin, 2005
- [13] Fragemann, H. J., Barkowski, D.: Klärschlammbelastungen mit organischen Schadstoffen – Ergebnisse der landesweiten Untersuchungen in Nordrhein-Westfalen. In: KTBL: Perspektiven der Klärschlammverwertung – Ziele und Inhalte einer Novelle der Klärschlammverordnung, KTBL-Schrift 453, 2007
- [14] Umweltbundesamt: *Klärschlammverwertung in der Bundesrepublik Deutschland*, Dessau-Roßlau, 2013
- [15] Brombach, H.: Im Spiegel der Statistik: Abwasserkanalisation und Regenwasserbehandlung in Deutschland, *Korrespondenz Abwasser* 2013, 60 (12), 1044–1053
- [16] Verwaltungsvorschrift zur Ermittlung der Jahresschmutzwassermenge bei Einleitung von mit Niederschlagswasser vermischem Schmutzwasser, RdErl. d. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft vom 4. Februar 1991 (MBL. NW S. 281), geändert am 12. November 2001 (MBL. NRW. S. 1627)
- [17] Verwaltungsvorschrift zum Abwasserabgabengesetz und zum Bayerischen Gesetz zur Ausführung des Abwasserabgabengesetzes (VwVBayAbwAG) vom 17. September 2003, i. d. F. vom 30.11.2011 (AllMBl. Bayern Nr. 15 vom 27.12.2011, S. 688), Anlage 17: Die Jahresschmutzwassermenge bei Einleitung in ein Gewässer aus öffentlichen Abwasseranlagen
- [18] Allgemeine Verwaltungsvorschrift für den Vollzug des Abwasserabgabengesetzes und des Hessischen Ausführungsgesetzes zum Abwasserabgabengesetz (VwV-AbwAG/HAbwAG) vom 31. Mai 2007 (StAnz. Hessen Nr. 25 vom 18.06.2007, S. 1225)
- [19] Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Januar 2005 (BGBl. I Nr. 5 vom 25.01.2005, S. 114), zuletzt geändert am 11. August 2010 durch Artikel 1 des Gesetzes zur Umsetzung der Dienstleistungsrichtlinie auf dem Gebiet des Umweltrechts sowie zur Änderung umweltrechtlicher Vorschriften (BGBl. I Nr. 43 vom 17.08.2010, S. 1163)

Autoren

Statistisches Bundesamt und
DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 „Statistik“

Kontakt:

Dr.-Ing. Anke Durth

Dahlem Beratende Ingenieure

GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG

Poststraße 9, 64293 Darmstadt

E-Mail: a.durth@dahlem-ingenieure.de

Franz-Josef Kolvenbach, M.A.

Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn

Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn

E-Mail: franz-josef.kolvenbach@destatis.de



Abwasser und Klärschlamm in Deutschland – statistische Betrachtungen

Teil 2: Klärschlamm, Klärgas, Rechen- und Sandfanggut^{*)}

Statistisches Bundesamt und DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 „Statistik“

Zusammenfassung

Auf Basis von Daten der amtlichen Statistik werden statistische Betrachtungen zu Abwasser und Klärschlamm in Deutschland angestellt. Die Analysen sind gegliedert in Abwasserbehandlungsanlagen, Abwassermengen, Klärschlammengen und -entsorgung, Klärschlammbeschaffenheit, Rechen- und Sandfanggut, Klärgas und Energie. Aufgeführt werden jeweils die aktuellen Daten und die zeitliche Entwicklung.

Schlagwörter: Klärschlamm, Abwasserreinigung, kommunal, Entsorgung, Rechengut, Sandfanggut, Klärgas, Energie, Statistik

DOI: 10.3242/kae2015.01.005

Abstract

Wastewater and Sewage Sludge in Germany – Statistical Considerations Part 2: Sewage Sludge, Biogas, Screenings and Grit Chamber Trappings

Statistical considerations on wastewater and sewage sludge in Germany are carried out on the basis of data of official statistics. The analyses are broken down into wastewater treatment facilities, wastewater quantities, sewage sludge quantities and disposal, sewage sludge properties, screenings and grit chamber trappings, biogas and energy. The current data and the development over time are listed respectively.

Key words: sewage sludge, wastewater treatment, municipal, disposal, screenings, grit chamber trappings, biogas, energy, statistics

4 Klärschlammengen und -entsorgung

4.1 Allgemeine Erläuterungen

Die Erhebung zur Klärschlamm Entsorgung umfasst die Mengendaten zu den einzelnen Entsorgungswegen des Klärschlammes. Seit 2006 wird diese Erhebung jährlich durchgeführt. Vor 2006 wurde die Klärschlamm Entsorgung im Rahmen der öffentlichen Abwasserbehandlung dreijährlich erhoben, bis 1995 nur alle vier Jahre. Die Daten der Erhebungsjahre 2006–2010 wurden 2013 zusammengefasst veröffentlicht [20]. Aus den Berichtsjahren 2011 und 2012 liegen ebenfalls bereits Daten vor, die über die Internet-Datenbank GENESIS-Online des Statistischen Bundesamtes verfügbar sind [21].

Die Daten umfassen jeweils auch die Entsorgung der von anderen Abwasserbehandlungsanlagen bezogenen Klärschlammmenge. Sie enthalten nicht die Mengen, die an andere Abwasserbehandlungsanlagen abgegeben wurden, da diese Mengen bei der aufnehmenden Anlage mit erfasst werden. Die Schlammengen werden als Trockenmasse in Megagramm (1 Mg = 1 t) angegeben.

^{*)} Teil 1 ist erschienen in KA 12/2014

4.2 Aktuelle Daten

Im Jahr 2012 fiel eine Klärschlammmenge von etwa 1,85 Millionen Mg TR an. Mehr als die Hälfte davon (1,01 Millionen Mg bzw. 54,6 %) wurde einer thermischen Behandlung mit nachfolgender Verwertung oder Beseitigung der Verbrennungsrückstände (Aschen) zugeführt. Etwa 45,4 % wurden stofflich verwertet. Hierunter fallen die stoffliche Verwertung in der Landwirtschaft (544065 Mg bzw. 29,5 %), bei landschaftsbaulichen Maßnahmen (235439 Mg bzw. 12,8 %) wie zum Beispiel Rekkultivierung oder Kompostierung sowie sonstige stoffliche Verwertungsarten (58107 Mg bzw. 3,1 %) wie zum Beispiel die Klärschlammvererdung.

Abbildung 8 zeigt die Entsorgungswege im Jahr 2012 in den einzelnen Bundesländern. Während der Klärschlamm in den Stadtstaaten Berlin und Hamburg vollständig in Verbrennungsanlagen entsorgt wurde, bietet sich in den übrigen Bundesländern ein differenziertes Bild. In den nördlichen und östlichen Bundesländern (mit Ausnahme von Brandenburg) sowie in Rheinland-Pfalz und im Saarland überwog die stoffliche Verwertung zum Teil deutlich. In den übrigen Bundesländern do-

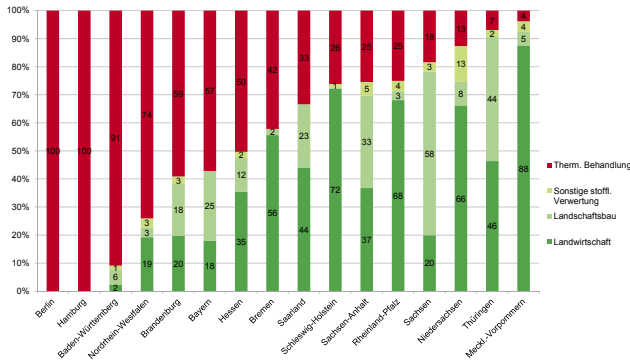


Abb. 8: Klärschlamm entsorgung 2012 nach Bundesländern (Anteile in %)

minierte hingegen die thermische Behandlung. Dabei lag Hessen 2012 noch bei fast 50 % und Bayern noch bei 43 % stofflicher Verwertung. In Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg herrschte hingegen die thermische Behandlung mit 74 bzw. 91 % deutlich vor. Dabei ist zu beachten, dass die Klärschlammmenge am Ort des Entstehens und nicht am Ort der Verwertung erfasst wird und dass dadurch Verschiebungen entstehen können.

4.3 Zeitliche Entwicklung

Die Entwicklung der Klärschlamm entsorgung in Deutschland in den letzten 30 Jahren ist in Abbildung 9 dargestellt. Neben den prozentualen Anteilen der einzelnen Entsorgungswege ist die Gesamtmenge des entsorgten Klärschlamm aus biologischer öffentlicher Abwasserbehandlung aufgeführt. Die Daten der Jahre 1983 und 1987 beziehen sich auf das frühere Bundesgebiet. Bei den Daten zur stofflichen Verwertung wird die landwirtschaftliche Verwertung ab 1995 getrennt ausgewiesen (vorher nur gemeinsame Erfassung), der Landschaftsbau und die sonstige stoffliche Verwertung inklusive Kompostierung hingegen zusammengefasst, da eine Differenzierung nicht immer möglich ist (zum Beispiel in Bayern nur gemeinsame Erfassung). Bis 2004 sind außerdem die Daten zur „Zwischenlagerung“ mit aufgeführt. Seit der Erhebung 2006 wird die Menge der zwischengelagerten Schlämme nicht mehr als direkter Entsorgungsweg erhoben, da die Zwischenlagerung keine Ent-

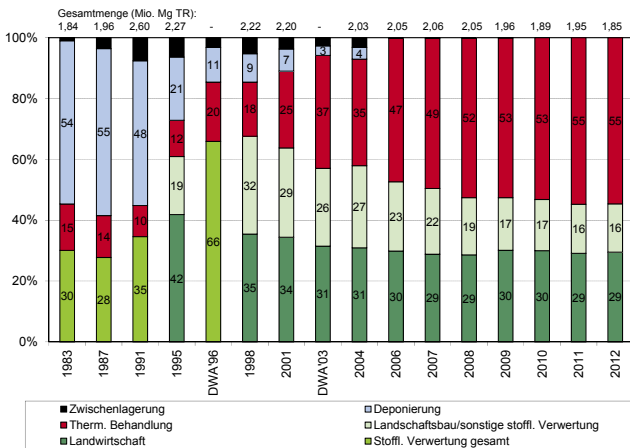


Abb. 9: Entwicklung der Klärschlamm entsorgung in Deutschland 1983–2012 (Anteile in %)

sorgung darstellt, sondern diese Schlämme letztlich einem der genannten Entsorgungswege zugeführt werden.

Zusätzlich zu den Daten der amtlichen Statistik sind in Abbildung 9 die Ergebnisse von zwei Erhebungen aufgeführt, die die DWA für die Erhebungsjahre 1996 und 2003 durchgeführt hat [22]. Im Gegensatz zu den Erhebungen der amtlichen Statistik handelt es sich hierbei nicht um Vollerhebungen. Bei der DWA-Erhebung 1996 wurden die Daten von 17 % aller Kläranlagen in Deutschland bzw. etwa der Hälfte der Einwohnerwerte (Gesamtausbaugröße) erfasst, bei der DWA-Erhebung 2003 waren es etwa ein Drittel der Kläranlagen bzw. zwei Drittel der Einwohnerwerte.

Die Gesamtmenge des entsorgten Klärschlammes hat seit 1991 (erstmalige Miterfassung der neuen Bundesländer) kontinuierlich abgenommen. Insgesamt sank das Klärschlammkommen in diesem Zeitraum um 29 %. Als Ursachen hierfür kommen unter anderem der vielfache Umstieg von Kalk-/Eisen- auf Polymerkonditionierung oder der Einsatz optimierter Verfahren bei der industriellen Abwasservorbehandlung infrage. Auch verbesserte Methoden der Mengenermittlung bei den abgebenden Kläranlagen können eine Rolle spielen.

Aus Abbildung 9 wird deutlich, dass der Anteil der thermischen Behandlung seit 1991 kontinuierlich zugenommen hat. In den 1990er-Jahren stieg der Anteil der stofflichen Verwertung parallel ebenfalls an, da die seit 2005 nicht mehr zulässige Deponierung als Entsorgungsweg ersetzt werden musste. Der weitere Anstieg der thermischen Behandlung seit 1998 ging mit einem Rückgang der stofflichen Verwertung einher. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Entsorgungsanteile aufgrund aktueller politischer Vorgaben weiter entwickeln werden.

4.4 Spezifische Werte

In Tabelle 4 wird die Gesamtmenge des in Deutschland entsorgten Klärschlammes auf die Jahresabwassermenge sowie auf die angeschlossenen Einwohnerwerte bezogen. Diese spezifischen Kennwerte können nur im dreijährlichen Abstand ermittelt werden, da die Erhebung zur öffentlichen Abwasserbehandlung nur alle drei Jahre durchgeführt wird (vgl. Abschnitt 1).

Die Tabelle zeigt, dass nicht nur die absolute Klärschlammmenge (vgl. Abschnitt 4.3), sondern auch die spezifischen Klär-

schlammengen seit 1991 kontinuierlich abgenommen haben. Fielen im Jahr 1991 noch im Mittel 329 g TR pro m³ Jahresabwassermenge an, so waren es im Jahr 2010 nur noch 189 g TR pro m³, das heißt 43 % weniger als 1991. Bezogen auf die angeschlossenen Einwohnerwerte ging die Klärschlammmenge in diesem Zeitraum von etwa 24 auf 16 kg TR pro EW und Jahr bzw. von etwa 66 auf 43 g TR pro EW und Tag zurück, das heißt um 35 %.

Mit etwa 43 g TR pro EW und Tag lag die spezifische Klärschlammmenge 2010 unter den häufig zitierten Werten der „Schlammliste“ von Imhoff [23]. Nach der Schlammliste ist für Belebungsanlagen ein Faulschlammmanfall von 50 g TR pro EW und Tag (mit Simultanfällung) bzw. 60 g TR pro EW und Tag (mit Simultanfällung) zu erwarten. Dabei handelt es sich um grobe Anhaltswerte für die Bemessung, die auf den klassischen 85-Perzentil-Ansätzen für die Rohabwasserzusammensetzung beruhen (60 g BSB₅ pro EW und Tag etc.) und daher höher liegen als die tatsächlich im Mittel auf Kläranlagen gemessenen Werte (siehe hierzu auch [24]). Im neuen Merkblatt DWA-M 368 [25] wird als Jahresmittelwert auf Basis von Berechnungen ein niedrigerer Wert von 39 (Bereich 37–40) g TR pro EW und Tag angegeben.

5 Klärschlammbeschaffenheit

5.1 Allgemeine Erläuterungen

Klärschlamm besteht aus den Stoffen, die bei der Abwasserreinigung abgetrennt werden und sich im Klärschlamm akkumulieren. Dabei handelt es sich neben den mineralischen Anteilen insbesondere um die für die aerobe Abwasserreinigung genutzte Biozönose aus verschiedensten Mikroorganismen (belebter Schlamm aus Bakterien, Pilzen, Protozoen). Aufgrund dieser Zusammensetzung enthält der Klärschlamm hohe Anteile an Pflanzennährstoffen (siehe Tabelle 5). Neben Stickstoff geben insbesondere die hohen Phosphorgehalte dem Klärschlamm eine besondere Bedeutung als regenerativ Phosphorquelle. Auf der anderen Seite werden unter anderem durch Einschluss und durch Ab-/Adsorption an den Feststoffen im Abwasser enthaltene Schadstoffe wie Schwermetalle, organische Schadstoffe und diverse Mikroverunreinigungen (Arzneimittelrückstände, Nanopartikel aus Klei-

Jahr	Klärschlamm- entsorgung gesamt [Mio. Mg TR]	behandelte Jahresabwasser- menge ¹⁾ [Mio. m ³]	spezifische Klärschlamm- menge [g TR/m ³]	Jahresmittelwert EW, angeschlos- sen ¹⁾ [Mio. EW]	spezifische Klärschlamm- menge [kg TR/(EW × a)]	spezifische Klärschlamm- menge [g TR/(EW × d)]
2010	1,887	9985	189	119,6	15,8	43,2
2007	2,056	10 064	204	124,4	16,5	45,3
2004	2,030	9404	216	123,9	16,4	44,9
2001	2,195	10 458	210	126,0	17,4	47,7
1998	2,224	9565	233	121,3	18,3	50,3
1995	2,271	9518	239	112,6	20,2	55,3
1991	2,603	7911	329	107,6	24,2	66,3

¹⁾ Hier sind nur die Abwassermengen und Einwohnerwerte von Anlagen mit biologischer Abwasserbehandlung aufgeführt, da der Klärschlammmanfall ebenfalls nur auf diesen Anlagen erhoben wird. Dadurch ergeben sich im Vergleich zu den Zahlen in Tabelle 2, Tabelle 3 und Abbildung 5 leichte Abweichungen, vor allem bei den älteren Daten, da es bis in die 1990er-Jahre hinein noch einige nicht biologische Abwasserbehandlungsanlagen gab.

Tabelle 4: Spezifische Klärschlammengen aus biologischer öffentlicher Abwasserbehandlung in Deutschland 1991–2010

	alle Entsorgungswege		landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme
	gewichtetes Mittel ¹⁾ <small>DWA-Klärschlammhebung 2003</small>	Wertebereich ²⁾ <small>Untersuchung Österreich</small>	Mittelwerte ³⁾ <small>DESTATIS 2010</small>
g/kg TR			
Gesamt-Stickstoff	34,9	23–41	45,9
Phosphat (P ₂ O ₅)	55,4	2–55	58,0
Kalium (K ₂ O)	4,03	2–3	4,4
Magnesium (MgO)	9,7	4–18	9,6
Calcium (CaO)	102,9	14–247	k. A.

¹⁾ Datenbasis: ca. 800 000–850 000 Mg TR für alle Parameter [22]
²⁾ Spanne der Medianwerte für drei unterschiedliche Größenklassen in Österreich [32]
³⁾ Landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme in Deutschland im Jahr 2010 [20], Tabelle 2.5

Tabelle 5: Nährstoffkonzentrationen in Klärschlämmen

	gewichtetes Mittel für Klärschlämme aller Entsorgungswege [22] ¹⁾	Anhaltswerte für entwässerte und ausgefaulte Klärschlämme zur Verbrennung [29]	Mittelwert für landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme im Jahr 2010 [20]
mg/kg TR			
Blei	61,7	70–100	37,5
Cadmium	1,52	1,5–4,5	1,0
Chrom	60,5	50–80	33,2
Kupfer	380,2	300–350	304,7
Nickel	32,2	30–35	25,2
Quecksilber	0,92	0,3–2,5	0,5
Zink	955,7	100–300	774,0

¹⁾ Datenbasis ca. 965 000 Mg TR für alle Parameter [22]

Tabelle 6: Schwermetall-Konzentrationen in Klärschlämmen [mg/kg TR]

dungen und Kosmetik) in den Klärschlamm überführt (siehe Tabellen 6 und 7).

Die Ermittlung der Zusammensetzung von Klärschlämmen wird gesetzlich, im Rahmen der Klärschlammverordnung (Abf-KlärV) [26] und der Düngemittelverordnung (DüMV) [27], nur bei der landwirtschaftlichen Verwertung gefordert. Klärschlämme, die andere Entsorgungswege gehen, werden dagegen entsprechend den Anforderungen der aufnehmenden Entsorgungsanlagen untersucht und mengenmäßig erfasst. Im Rahmen einzelner Untersuchungsreihen (zum Beispiel DWA-Klärschlammhebung 2003 [22], Klärschlammaschen [28]) liegen ebenfalls Konzentrationsmesswerte vor. Amtliche Statistiken existieren aus dem oben genannten Grund nur für landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme.

Abweichend zu den anderen Kapiteln ist die Datenlage auf Basis der amtlichen Statistik nicht ausreichend, um ein umfassendes Bild zur Klärschlammbeschaffenheit in Deutschland zu geben. Daher werden die im Jahr 2003 durchgeführte DWA-Klärschlammhebung [22] sowie Einzeldaten aus anderen Quellen (zum Beispiel Merkblatt DWA-M 387 [29], KTBL-Schrift 453 [13]) als zusätzliche Datenbasis für die aktuelle Situation herangezogen. Für die Zeitreihen werden lediglich die landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme betrachtet, ergänzt um Daten des Umweltbundesamtes (UBA) bzw. des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB).

5.2 Aktuelle Daten

Die entsorgten Klärschlämme haben einen organischen Anteil (Glühverlust) in einer Spanne von etwa 45–80 % in Abhängigkeit vom Stabilisierungsgrad bzw. Entsorgungsweg (vgl. [12]). Da landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme stabilisiert sein müssen, findet man an dieser Stelle in der Regel Werte von 40–65 %. Im Jahr 2010 betrug zum Beispiel der mittlere Glühverlust

		gewichtetes Mittel für Klärschlämme aller Entsorgungswege [22] ¹⁾	Mittelwert aus landesweiter Untersuchung in Nordrhein-Westfalen in 2006 [13]	Wertebereich für Klärschlämme in der EU [30]	Mittelwert für landwirtschaftlich genutzte Klärschlämme im Jahr 2010 [20]
AOX	mg/kg TR	185,7	k. A.	200–400	168,4
PCB ₆	mg/kg TR	0,08	0,09	0,01–0,02	0,06
PCDD/ PCDF	ng TE/kg	10,1	14	5–100	6,52
PAK	mg/kg TR	3,26	8,32	1–50	k. A.

¹⁾ Datenbasis [Mg TR]: AOX: 932 284, PCB: 578 226, PCDD/PCDF: 624 522, PAK: 183 282 [22]

Tabelle 7: Organische Schadstoffe in Klärschlamm

	1977 ¹⁾	1982 ¹⁾	1986– 1990 ¹⁾	1991 ²⁾	1997 ²⁾	1998 ¹⁾	2002 ³⁾	2004 ³⁾	2006 ³⁾	2008 ⁴⁾	2010 ⁴⁾	2012 ¹⁾
Blei	220	190	113	93	63	63	50	44	37	39	38	34
Cadmium ⁵⁾	21	4,1	2,5	2,1	1,4	1,4	1,1	1,0	1,0	0,96	1,0	0,97
Chrom	630	80	62	59	46	49	45	41	37	34	33	33
Kupfer	378	370	322	286	274	289	306	306	300	298	305	292
Nickel	131	48	34	31	23	27	27	26	25	25	25	25
Quecksilber	4,8	2,3	2,3	2,1	1,0	1,0	0,7	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Zink ⁵⁾	2140	1480	1045	1076	809	835	750	757	714	744	774	762

¹⁾ Deutsche Klärschlammberichte an die Europäische Kommission [33]

²⁾ [34]

³⁾ [35] nach [14]

⁴⁾ [20], Tabelle 2.3 und 2.5

⁵⁾ Für leichte Böden mit einem Tongehalt unter 5 vom Hundert oder einem pH-Wert von mehr als 5 und weniger als 6 gilt der Grenzwert nach § 4 Absatz 12 Satz 2 AbfKlärV für Cadmium = 5 und Zink = 2000.

Tabelle 8: Entwicklung ausgewählter Schwermetall-Konzentrationen in mg/kg TR in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm in Deutschland von 1977 bis 2012

lust der landwirtschaftlich ausgebrachten Klärschlämme in Deutschland 54 % mit einer Spanne von 44 % (Nordrhein-Westfalen) bis 66 % (Bremen) [20].

Die Belastung der Klärschlämme mit Schwermetallen erfolgt durch eine Akkumulierung dieser Stoffe während der Abwasserreinigung. Der Großteil der Schwermetalle stammt von Oberflächen aus Großstädten (Rohrleitungen, Dachrinnen, Fassaden etc.) (vgl. [14]). Bei der Betrachtung der Schwermetallkonzentrationen in Klärschlamm (siehe Tabelle 6) wird zunächst deutlich, dass die geforderten Werte der AbfKlärV (§ 4 Absätze 8 bis 12, [26]) nicht nur von den landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm, sondern von allen entsorgten Klärschlamm deutlich unterschritten werden. Zusätzlich ist zu erkennen, dass die Werte der landwirtschaftlich ausgebrachten Klärschlämme deutlich unter den Mittelwerten aller entsorgten Klärschlämme liegen; diese Beobachtung deckt sich mit den Ergebnissen der DWA-Klärschlammhebung [22], bei der die stofflich verwerteten Klärschlämme gesondert betrachtet wurden.

Organische Schadstoffe werden zum Beispiel durch Putz- oder Reinigungsmittel, Arzneimittelreste und Körperpflegeprodukte ins Abwasser eingetragen oder stammen aus industriellen Indirekteinleitungen. Sie werden bei der Abwasserreinigung mit unterschiedlichen Eliminationsraten aus dem Abwasser entfernt, sodass sie im Klärschlamm zu finden sind. In Tabelle 7 sind die durchschnittlichen Gehalte für diejenigen organischen Verbindungen wiedergegeben, die gemäß Klärschlammverordnung [26] regelmäßig untersucht werden müs-

sen. Für andere organische Parameter liegen nur Daten von einzelnen Forschungsprojekten oder gesonderten Untersuchungsreihen einzelner Bundesländer vor (vgl. [27]).

Aufgrund seiner hohen Nährstoffgehalte ist Klärschlamm grundsätzlich ein Ausgangsstoff für die Herstellung von Düngemitteln, soweit er die Anforderungen der Düngemittelverordnung [27] und der Klärschlammverordnung [26] erfüllt. Insbesondere die Phosphorgehalte sind aufgrund der Diskussion zur Phosphorrückgewinnung (vgl. das Ressourceneffizienzprogramm ProgRes der Bundesregierung [31]) von großem Interesse. Bei den landwirtschaftlich ausgebrachten Klärschlamm betragen die Phosphat-Konzentrationen (P₂O₅) im Mittel 58 g pro kg TR mit einer Spanne von 44 g pro kg TR (Hessen) bis 73 g pro kg TR (Mecklenburg-Vorpommern).

5.3 Zeitliche Entwicklung

Für die Zeitreihen sind nur Werte der landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämme verfügbar. Für Schlämme anderer Entsorgungswege sind nur vereinzelt Daten vorhanden und werden an dieser Stelle nicht dargestellt.

Generell ist eine sinkende Tendenz von Schwermetallen und organischen Schadstoffen in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlamm zu erkennen (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 9). Insbesondere in den 1980er- und 1990er-Jahren ist ein starker Rückgang zu verzeichnen.

Es ist zu vermuten, dass tendenziell höher belastete Schlämme verstärkt in andere Entsorgungswege gelangen. Insgesamt

		1994 ¹⁾	1996 ¹⁾	2007 ²⁾	2008 ²⁾	2009 ²⁾	2010 ²⁾
		mg/kg TR					
AOX		206	196	175	165	168	168
PCB	PCB 28	0,158	0,156	0,006	0,006	0,007	0,006
	PCB 52			0,006	0,007	0,007	0,006
	PCB 101			0,009	0,010	0,008	0,008
	PCB 138			0,016	0,016	0,014	0,014
	PCB 153			0,016	0,016	0,014	0,013
	PCB 180			0,011	0,011	0,010	0,01
PCDD/PCDF als TE	ng TE/kg	22	17	7,59	6,33	6,62	6,52

¹⁾ [34]

²⁾ [20], Tabelle 2.2, 2.3, 2.4 und 2.5

Tabelle 9: Entwicklung ausgewählter organischer Schadstoffe in landwirtschaftlich verwerteten Klärschlämmen in Deutschland von 1994 bis 2010

ist davon auszugehen, dass sich aufgrund vermehrter Maßnahmen zur Verringerung von Schadstoffeinträgen an der Quelle die Qualität aller Klärschlämme verbessert hat. Hier können zum Beispiel die Substitution von Schadstoffen in der Produktion oder bei Verbrauchsstoffen (zum Beispiel kaum noch Verwendung von Quecksilber, Einführung von bleifreiem Benzin) oder der Austausch von Rohrleitungen etc. als Ursachen für rückläufige Schadstoffkonzentrationen genannt werden. Bei den Schwermetallen nimmt Kupfer eine Sonderrolle ein. Da hier die Hauptquellen (Dachrinnen, Fassaden, Dächer) bestehen bleiben, liegen die aktuellen Werte nur wenig unter denen der Jahre 1977 und 1981.

Bei den organischen Schadstoffen ist ebenfalls festzustellen, dass die dargestellten Konzentrationen in den vergangenen Jahren insgesamt eine rückläufige Tendenz haben. Allerdings fällt der Rückgang weniger deutlich aus als bei den Schwermetallen.

6 Rechen- und Sandfanggut

6.1 Allgemeine Erläuterungen

In der mechanischen Stufe öffentlicher Abwasserbehandlungsanlagen fallen Grobstoffe aus Sieb- und Rechenanlagen sowie Sande aus Sandfanganlagen an. Diese Reststoffe werden nicht in der amtlichen Statistik der Abwasserbehandlung erfasst, sondern in der Statistik zur Abfallentsorgung bei zulassungsbedürftigen Abfallentsorgungsanlagen, denen diese Reststoffe zugehen. Das bedeutet, dass Sieb-, Rechen- und Sandfangrückstände, die nicht der Abfallentsorgung zugeführt werden, die an andere Betriebe zur Weiterverarbeitung abgegeben oder die mit anderen Abfällen vermischt werden, nicht in der Statistik der Abfallentsorgung erfasst werden. Die tatsächlich angefallene Menge der Sieb-, Rechen- und Sandfangrückstände ist daher höher zu vermuten als von der Statistik nachgewiesen.

6.2 Aktuelle Daten

Für das Berichtsjahr 2012 wurden bei den Abfallentsorgungsanlagen 176 700 Mg Sieb- und Rechengut angeliefert (Abfallschlüssel 190801) [36]. Davon wurde der größte Teil (41 %) verbrannt. Der Rest wurde überwiegend in biologischen oder

mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlagen entsorgt. Zudem gingen den Abfallbehandlungsanlagen im Jahr 2012 rund 134 100 Mg Sandfangrückstände zu (Abfallschlüssel 190802) [36]. Etwa 25 % davon wurden in Bodenbehandlungsanlagen aufbereitet, und rund 20 % wurden deponiert.

6.3 Zeitliche Entwicklung

Die Veränderung der angelieferten Sieb-, Rechen- und Sandfangrückstände aus der mechanischen Abwasserbehandlung der letzten Jahre zeigt keine eindeutige Tendenz (Abbildung 10). So stiegen die angelieferten Sieb- und Rechenrückstände von 2006 (144 300 Mg) bis 2009 (178 300 Mg) an, fielen danach aber auf ein ähnliches Niveau wie im Jahr 2006. Im Jahr 2012 wurde wieder nahezu die Menge von 2009 erreicht. Die Menge der Sandfangrückstände schwankt von Jahr zu Jahr und unabhängig von den Sieb- und Rechenrückstandsmengen. Auch hier zeigt sich keine deutliche Änderungstendenz.

7 Klärgas und Energie

7.1 Allgemeine Erläuterungen

Daten zum Klärgasanfall und zur Energiegewinnung auf Kläranlagen können der jährlichen „Erhebung über Gewinnung,

Korrektur für Printversion

Im Beitrag „Abwasser und Klärschlamm in Deutschland – statistische Betrachtungen – Teil 1“ in KA 12/2014, ist auf Seite 1108 in Tabelle 2 die Einheit bei „behandelte Jahresabwassermenge“ versehentlich in „1.000 m³“ angegeben. Richtig muss es hier „Mio. m³“ heißen.

Verwendung und Abgabe von Klärgas“ entnommen werden [43]. Für das Jahr 2013 gaben rund 1200 Betreiber eine Klärgasgewinnung an. Da die Meldung nicht anlagenbezogen, sondern betreiberbezogen erfolgt, kann die Anzahl der Kläranlagen mit Klärgasgewinnung höher liegen. Unter allen erneuerbaren Energien hat die Strombereitstellung durch Klärgas derzeit noch einen sehr geringen Stellenwert (2013: rund 1 %) [44].

7.2 Aktuelle Daten

Die Daten für das Jahr 2013 sind der Tabelle 10 zu entnehmen. Insgesamt wurden im Jahr 2013 in Kläranlagen rund 20 612 Terajoule Energie in Form von Klärgas gewonnen [43], entsprechend 5 725 425 MWh. Der überwiegende Teil des gewonnenen Klärgases (5 154 769 MWh bzw. 90 %) wurde in diesen Kläranlagen zur Stromerzeugung (4 569 214 MWh bzw. 80 %) oder für Heiz- und/oder Antriebszwecke (Heizung, Gebläse etc., 585 555 MWh bzw. 10 %) eingesetzt. Die restlichen 10 % des gewonnenen Klärgases teilen sich auf in Verluste (5 %) und Abgabe von Klärgas (5 %).

Wie viele der deutschen Kläranlagen Klärgas gewinnen bzw. daraus Strom erzeugen, lässt sich aus den Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamts nicht unmittelbar ableiten, dies ist nur für einzelne Bundesländer auf Basis der Angaben der Statistischen Landesämter möglich. Beispielsweise gab es in Baden-Württemberg im Jahr 2010 gemäß amtlicher Statistik 1023 öffentliche Kläranlagen [3]. Nach Angabe des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg hatten im Jahr 2010 insgesamt 275 Kläranlagen eine Klärgasgewinnung, darunter 218 mit Stromerzeugung [45]. Dies entspricht einem Anteil von 27 % der Kläranlagen mit Klärgasgewinnung und 21 % mit Stromerzeugung.

Bundesweit betrug die Stromerzeugung aus Klärgas im Jahr 2013 insgesamt 1 291 396 MWh, dies entspricht etwa 28 % des Energiegehaltes des eingesetzten Klärgases. Hiervon wurde der größte Teil (93 %) im Betrieb selbst verbraucht, nur 7 % wurden abgegeben.

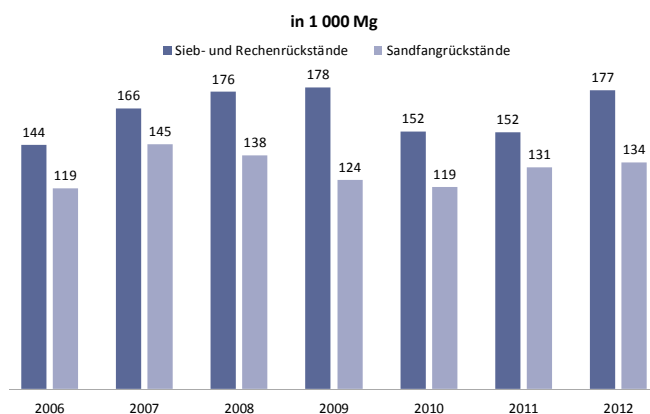


Abb. 10: An Abfallbehandlungsanlagen zugelieferte Sieb-, Rechen- und Sandfangrückstände, Deutschland, 2006 bis 2012 [36–42]

7.3 Zeitliche Entwicklung

Die Klärgas- und Strommengen in Deutschland der letzten sechs Jahre können der Tabelle 10 entnommen werden. In Abbildung 11 wird die zeitliche Entwicklung der gewonnenen Klärgasmenge sowie der Anteile Eigenverbrauch zur Stromerzeugung/zur Heizzwecken, Abgabe und Verluste verdeutlicht. Außerdem ist die erzeugte Eigenstrommenge mit dargestellt.

Die Klärgasgewinnung hat in den Jahren 2008–2013 kontinuierlich zugenommen. Dabei wurde ein zunehmend höherer Anteil zur Stromerzeugung genutzt, während die Verwendung zu reinen Heiz- und/oder Antriebszwecken rückläufig war. So stieg die zur Stromerzeugung genutzte Klärgasmenge von 2008–2013 um 19 % an. Noch stärker, nämlich um 26 %, stieg im gleichen Zeitraum die aus dem Klärgas erzeugte Strommenge an, was auf einen höheren Wirkungsgrad der Stromerzeugung hindeutet. Der prozentual stärkste Anstieg (77 %) ist bei der abgegebenen Klärgasmenge zu verzeichnen, während die Verluste (zum Beispiel durch Abfackelung) im Gesamtzeitraum gleichbleibend bis leicht rückläufig sind.

Gegenstand der Nachweisung	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ¹⁾
	MWh					
Gewinnung	5 088 132	5 184 926	5 316 254	5 621 381	5 683 760	5 725 425
Eigenverbrauch	4 612 148	4 689 167	4 846 643	5 089 345	5 107 540	5 154 769
zur Stromerzeugung	3 836 184	3 962 099	4 123 965	4 389 093	4 494 303	4 569 214
zu reinen Heiz- und / oder Antriebszwecken	775 964	727 069	722 678	700 253	613 238	585 555
Verluste	328 641	310 633	282 608	285 315	290 230	309 259
Zur Abgabe verfügbar	147 342	185 126	187 003	246 721	285 990	261 397
Abgabe an Elektrizitätsversorgungsunternehmen	146 754	181 973	177 121	232 989	223 480	195 601
Abgabe an Sonstige Endabnehmer	588	3 153	9 882	13 731	62 510	65 796
Eigenstromerzeugung aus Klärgas	1 021 144	1 057 292	1 101 029	1 209 453	1 249 971	1 291 396
Verbrauch im eigenen Betrieb	901 652	966 834	1 009 139	1 108 024	1 171 717	1 198 175
Stromabgabe insgesamt	119 492	90 457	91 890	101 429	78 254	93 221

¹⁾ Vorläufige Angaben

Tabelle 10: Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas in Deutschland 2008–2013 [43]

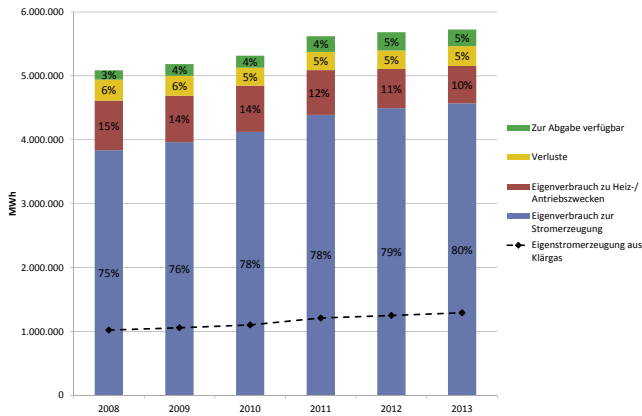


Abb. 11: Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas in Deutschland 2008–2013 [MWh] [43]

Literatur

[20] Statistisches Bundesamt, Umwelt, Abwasserbehandlung – Klärschlamm – Ergebnisbericht, Erhebungsjahr 2010, veröffentlicht 2013, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[21] Statistisches Bundesamt, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online>, Stand 19. Mai 2014

[22] Durth, A., Schaum, C., Meda, A., Wagner, M., Hartmann, K.-H., Jardin, N., Kopp, J., Otte-Witte, R.: Ergebnisse der DWA-Klärschlamm-erhebung 2003, *Korrespondenz Abwasser* 2005, 52 (10), 1099–1107

[23] Imhoff, K. und K. R.: *Taschenbuch der Stadtentwässerung*, 30. Aufl., Oldenbourg Industrieverlag, München, 2007

[24] Durth, A., Pöpel, H. J., Wagner, M.: Ansätze zur Bilanzierung und Verminderung der Menge von kommunalem Klärschlamm, *Korrespondenz Abwasser* 2001, 48 (3), 349–358

[25] Merkblatt DWA-M 368 „Biologische Stabilisierung von Klärschlamm“, Hennef, 2014

[26] Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 15. April 1992, *BGBl. I*, S. 912, zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 12 des Gesetzes vom 24. Februar 2012, *BGBl. I*, S. 212

[27] Verordnung über das Inverkehrbringen von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln; Düngemittelverordnung vom 5. Dezember 2012, *BGBl. I*, S. 2482

[28] Umweltbundesamt: *Monitoring von Klärschlammmonoverbrennungsaschen hinsichtlich ihrer Zusammensetzung zur Ermittlung ihrer Rohstoffrückgewinnungspotenziale und zur Erstellung von Referenzmaterial für die Überwachungsanalytik*, TEXTE 49/2014. Dessau-Roßlau, 2014

[29] Merkblatt DWA-M 387 „Thermische Behandlung von Klärschlamm – Mitverbrennung in Kraftwerken“, Hennef, 2012

[30] Fürhacker, M., Bursch, W.: Schadstoffe im Klärschlamm. Klärschlammbehandlung heute und morgen, ÖWAV, 21.–22. Juli 2007, Wels, Österreich

[31] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess), Programm zur nachhaltigen Nutzung und zum Schutz der natürlichen Ressourcen, Beschluss des Bundeskabinetts vom 29. Februar 2012

[32] Umweltbundesamt (Österreich): *Klärschlamm – Materialien zur Abfallwirtschaft*, Klagenfurt, 2009

[33] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB): Klärschlamm-Statistik, www.bmub.bund.de/the-

[men/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/klaerschlamm](http://www.bmub.bund.de/the-men/wasser-abfall-boden/abfallwirtschaft/statistiken/klaerschlamm), Stand 10. Februar 2014

[34] Umweltbundesamt: *Daten zur Umwelt 2000*, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 2001

[35] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Klärschlammverwertung in der Landwirtschaft, www.bmu.de/abfallwirtschaft/doc/40230.php, Stand 16. Februar 2011

[36] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2012, veröffentlicht 2014, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden; eigene Berechnungen

[37] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2006, veröffentlicht 2008, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[38] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2007, veröffentlicht 2009, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[39] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2008, veröffentlicht 2010, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[40] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2009, veröffentlicht 2011, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[41] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2010, veröffentlicht 2012, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[42] Statistisches Bundesamt, Fachserie 19/Reihe 1, Umwelt, Abfallentsorgung, Erhebungsjahr 2011, veröffentlicht 2013, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden

[43] Statistisches Bundesamt: Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas, <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/Energie/Erzeugung/Tabellen/AbgabeKlaergas.html>, Stand 9. Juli 2014

[44] Statistisches Bundesamt, Pressemitteilung 242/14, 7. Juli 2014

[45] Statistisches Landesamt Baden-Württemberg: Kläranlagen mit Klärgasgewinnung und Stromerzeugung, www.statistik-bw.de/Umwelt-Verkehr/Landesdaten/EN_Klaergas.asp, Stand 19. Mai 2014

Autoren

Statistisches Bundesamt und DWA-Arbeitsgruppe KEK-1.2 „Statistik“

Kontakt:
 Dr.-Ing. Anke Durth
 Dahlem Beratende Ingenieure GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
 Poststraße 9
 64293 Darmstadt

E-Mail: a.durth@dahlem-ingenieure.de

Franz-Josef Kolvenbach, M. A.
 Statistisches Bundesamt, Zweigstelle Bonn
 Graurheindorfer Straße 198
 53117 Bonn

E-Mail: franz-josef.kolvenbach@destatis.de

