Olaf Holm
Elisabeth Thomé-Kozmiensky
Peter Quicker
Stefan Kopp-Assenmacher

Verwertung von Klärschlamm 2



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar

Olaf Holm, Elisabeth Thomé-Kozmiensky,
Peter Quicker, Stefan Kopp-Assenmacher (Hrsg.):

Verwertung von Klärschlamm 2

ISBN 978-3-944310-49-7 Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH

Copyright: Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Dr.-Ing. Olaf Holm
Alle Rechte vorbehalten

Verlag:	Thomé-Kozmiensky Verlag GmbH • Neuruppin 2019
Redaktion und Lektorat:	Dr.-Ing. Olaf Holm
Erfassung und Layout:	Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc., Janin Burbott-Seidel, Roland Richter
Druck:	Beltz Grafische Betriebe GmbH, Bad Langensalza

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Inhaltsverzeichnis

Politische Rahmenbedingungen

Zwei Jahre neue AbfKlärV – Herausforderungen aus Sicht des Bundes
Hans-Peter Ewens 2

LAGA-Vollzugshilfe zur Klärschlammverordnung – Inhalte und Stand des Verfahrens
Hans-Walter Schneichel 11

Die Klärschlamm-Entsorgungssituation in Norddeutschland – Lösungen bis ausreichende Entsorgungskapazitäten zur Verfügung stehen
Ralf Hilmer und Susan von der Heide 19

Rechtliche Rahmenbedingungen

Klärschlammentsorgung: Interkommunale Zusammenarbeit aus Sicht der Praxis
Per Seeliger 28

Klärschlammentsorgung: Interkommunale Zusammenarbeit aus rechtlicher Sicht
Gregor Franßen 36

Klärschlammentsorgung: NotwendigkeitinterkommunalerKooperationen in vergaberechtlichen Inhouse-Strukturen
Thomas Dünchheim 54

Genehmigungsrechtliche Aspekte bei Vorhaben der Klärschlammverbrennung
Hartmut Gaßner 72

Klärschlammverbrennungsanlagen und EU-Emissionshandel
Stefan Kopp-Assenmacher und Moritz Grunow 80

Genehmigungsverfahren von Klärschlammverbrennungsanlagen aus Sicht der Verwaltung
Michaela Braun 96

Klärschlamm – Puzzle für Anfänger und Fortgeschrittene
Beate Kramer 106

Klärschlammentsorgung zwischen Wasser- und Abfallrecht
Till Elgeti 116

Instrumente gegen einen Entsorgungsnotstand aus rechtlicher Sicht
Stefan Kopp-Assenmacher 130

Trocknung

Grundlagen der Klärschlammtrocknung
Ulrich Jacobs 146

Energieoptimierte Klärschlammbehandlung und Trocknung auf der Kläranlage
Henrik W.A. Kruchen 164

**Quasi-abwasserfreie Klärschlammtrocknung –
ein Baustein der zukünftigen Klärschlammverwertung**
Albert Heindl, Harald Plank und Stefan Ostermann 174

CLS-Steam Dryer – ein innovatives Trocknersystem für Klärschlamm und Gärreste
Tanja Schaaf, Ludwig Hermann, Jochen Grünig und Andreas Orth 182

Klärschlammverbrennung und -vergasung

**Das RWE-Klärschlamm-Verwertungskonzept –
Entsorgungssicherheit heute und morgen**
Rainer Busch 198

**Besondere Konzepte bei der thermischen Klärschlammverwertung
und die Auswirkungen auf den Gesamtprozess**
Jan Frederik Horstmeier und Josef Langen 210

**Aller guten Dinge sind drei –
verschiedene Standort- und Kapazitätsvarianten zur Klärschlammmonoverbrennung**
Sonja Wiesgickl und Harald Plank 224

**Der Michaelis-Paddelofen –
die innovative Technik zur thermischen Klärschlammverwertung**
André Tagali und Bernhard Grimm 242

Thermische Klärschlammverwertung mit patentiertem Staubbrenner
Peter Schöfmann und Erich Eder 252

Dezentrale Klärschlammverwertung mit dem KlärschlammReformer
Steffen Ritterbusch 264

Phosphorrückgewinnung bei der Vergasung von Klärschlamm
Tobias Ginsberg, Jens Hannes, Jörg Kleeberg,
Thorsten Liese, Juliane Schaefer und Christian Wolfersdorf 282

Abgasreinigung / Brüdenbehandlung

Lachgasemissionen bei der Klärschlammverbrennung
Jörn Franck und Axel Sandner 294

Comprehensive Emission Controls for Mono Incineration Project in North America
Marcel Pomerleau, Brian Higgins and Ole Petzoldt 310

Wasserrecycling in einer Klärschlammverbrennungsanlage
Lutz Schröder und Madleen Danho 324

Wertstoffrückgewinnung und -kreisläufe / Phosphorrecycling

Die BMBF-Fördermaßnahme *Regionales Phosphor-Recycling (RePhoR)*
Helmut Löwe 338

Was folgt aus den Vorgaben zur Phosphorrückgewinnung?
Fabian Kraus 348

Auswirkungen der novellierten AbfKlärV auf die Kreislaufführung von Pflanzennährstoffen
Theresa Sichler, Christian Adam, David Montag, Jan-Hendrik Ehm, Matthias Barjenbruch und Johannes Pinnekamp 362

Phosphorrückgewinnung: eine aktualisierte Verfahrens- und Situationsübersicht
Jana Krämer 376

Von der P-Rückgewinnung zum tatsächlichen Recycling – sekundärer Rohstoff, Intermediat oder fertiges Produkt?
Christian Kabbe 388

Direktverwertung von Klärschlammaschen – eine Zwischenbilanz
Dieter Leimkötter 398

Phosphorrezyklate aus Abwasser – Erfahrungen aus der Verwertung
Joachim Clemens und Martin Teloo 406

Verarbeitung von Klärschlammaschen im industriellen Maßstab
Markus Heene 416

Dank 433

Autorenverzeichnis 437

Inserentenverzeichnis 442

Schlagwortverzeichnis 451

Politische Rahmenbedingungen

Abstract

Two Years of the Amended Sludge Ordinance – Challenges from the Point of View of the Federal State

Hans-Peter Ewens

The amendment to the Sewage Sludge Ordinance (AbfKlärV) implements a realignment of the utilization of sewage sludge in Germany in order to create a long-term supply security with phosphor from the circular economy.

In the future, the obligatory reclamation of phosphor from sewage sludge will become an integral part of the circular economy and soil-related sewage sludge utilization will be noticeably limited. Furthermore, the federal uniform implementation of the requirements in enforcement and the swift further development of the recovery processes of phosphor are necessary to achieve the objectives of the Sewage Sludge Ordinance.

Zwei Jahre neue AbfKlärV – Herausforderungen aus Sicht des Bundes

Hans-Peter Ewens

1. Ausgangslage 3

2. Zentrale Inhalte der novellierten Klärschlammverordnung 4

2.1. Verpflichtungen zur Phosphorrückgewinnung 5

2.2. Anforderungen an eine Qualitätssicherung 5

2.3. Abgrenzung zum Düngerecht und Einsatz von Polymeren 6

3. Bodenbezogene Klärschlammverwertung noch eingeschränkt zulässig 7

4. Ausblick und Erwartungshorizont 8

5. Literatur 9

Die Novelle der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vollzieht eine Neuausrichtung der Klärschlammverwertung in Deutschland. Künftig wird die verpflichtende Rückgewinnung von Phosphor aus Klärschlämmen integraler Bestandteil der Kreislaufwirtschaft. Zugleich wird die bisher praktizierte bodenbezogene Klärschlammverwertung deutlich eingeschränkt. Vor diesem Hintergrund stehen die Klärschlammerzeuger bereits jetzt in der grundsätzlichen Planung zur Neuausrichtung ihrer künftigen Klärschlammentsorgung. Hierbei müssen auch mögliche Verwertungswege und Verwertungskapazitäten, beispielsweise der langfristige Wegfall der Klärschlamm-Mitverbrennung in Kraftwerken infolge des Kohleausstiegs, berücksichtigt werden.

1. Ausgangslage

Im Dezember 2018 wurden durch das Statistische Bundesamt (Destatis) [1] die derzeit aktuellen Angaben zur Klärschlammentsorgung in Deutschland veröffentlicht. Demnach fielen im Kalenderjahr 2017 rund 1,7 Millionen Tonnen (t) Klärschlamm bezogen auf die Trockenmasse (TM) aus kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen an. Zur Nutzung der wertgebenden Inhaltsstoffe des Klärschlamms (Phosphor, Stickstoff, Spurenelemente; Humus bildende Kohlenstoffverbindungen) wurden nur noch etwa 30 % der Klärschlämme in der Landwirtschaft und im Landschaftsbau zur Pflanzenernährung und Bodenverbesserung genutzt. Im Jahr 2000 wurden noch etwa 60 % der kommunalen Klärschlämme bodenbezogen verwertet.

Mit 1,19 Millionen Tonnen wurden 2017 demgegenüber 70 % der Klärschlämme nach einer thermischen Behandlung auf Deponien abgelagert oder als Aschen z.B. im Straßenbau oder Bergversatz stofflich verwertet. Damit hat sich der seit längerem zu beobachtende Trend hin zur thermischen Klärschlammbehandlung und weg von der bodenbezogenen Verwertung fortgesetzt. Die Zahlen lassen auch erkennen, dass der unmittelbare Einsatz von Klärschlämmen zu Düngezwecken allgemein weiter an Akzeptanz verliert, obwohl es durch Düngung mit Klärschlämmen bei Einhaltung der rechtlichen Vorgaben bislang nicht zu Schäden an Böden oder Feldfrüchten gekommen ist.

Die landwirtschaftliche Klärschlammverwertung wird bekanntermaßen seit langem kontrovers diskutiert. Auslöser der Kritik waren zu Beginn die hohen Schwermetallgehalte. Aktuell sind es die Gehalte organischer Schadstoffe, von Arzneimittelrückständen und von Kosmetika. Problematische Schadstoffe (Cadmium, Quecksilber, Dioxine; offensichtlich auch PFC) in Klärschlämmen konnten in den beiden vergangenen Jahrzehnten deutlich um bis um 95 % reduziert werden.

In einer Antwort der Bundesregierung im Rahmen einer Kleinen Anfrage der FDP (BT-Dr.: 19/8772) werden nach Zahlen der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe die globalen Phosphatreserven im Jahr 2017 auf 70 Milliarden Tonnen Phosphatgestein geschätzt. Die Jahresförderung betrug etwa 270 Millionen Tonnen. Obwohl die globalen Phosphorreserven (Rohphosphate) somit rechnerisch noch eine Reichweite von mehreren hundert Jahren aufweisen, wächst national und international die Sorge, es könne mittelfristig zu Engpässen bei der Versorgung mit Phosphor kommen. Bei mineralischem Phosphor ist sowohl Deutschland als auch nahezu die gesamte EU vollständig von Importen abhängig, die überwiegend aus politisch instabilen Regionen bezogen werden.

Eine zentrale Rolle bei der langfristigen Sicherung der Versorgung mit Phosphor spielt – auch im Sinne eines Wertstoffrecyclings entsprechend der gesetzlich vorgegebenen *Abfallhierarchie* – die Rückgewinnung von Phosphor aus Abwasser oder aus Klärschlämmen, da diese Stoffströme die wesentlichen Quellen für Sekundärphosphor darstellen. Der insgesamt in kommunalen Klärschlämmen bzw. Abwässern enthaltene Phosphor (in der Regel als Phosphat vorliegend) könnte rechnerisch 50 bis 60 % des Bedarfs der Landwirtschaft an Mineraldüngerphosphor decken.

2. Zentrale Inhalte der novellierten Klärschlammverordnung

Bestandteile der Verordnung sind einerseits verschärfte Anforderungen für die während eines angemessenen Übergangszeitraumes noch generell zulässige bodenbezogene Klärschlammverwertung und andererseits verbindliche Regelungen zur Phosphorrückgewinnung aus dem Klärschlamm oder aus den Aschen der Klärschlammverbrennung nach Ablauf einer zeitlich gestaffelten Übergangsfrist für größere Abwasserbehandlungsanlagen.

Schlagwortverzeichnis

A

Aarhus-Protokoll 98
Abfallerzeuger 11
Abfallhierarchie 356
Abfallrahmenrichtlinie 81
Abfallrecht 117, 137
Abfallverbrennungsanlage
  Kopplung 213
Abfallverbrennungsanlagen 90
AbfKlärV 3, 117
Abwasserbehandlungsanlagen 118, 132
Abwasserbeseitigung 118
Abwasserbeseitigungspflicht 29
Abwasserentsorgung 29
abwasserfreie Klärschlammverbrennungs-
  anlage 334
Aktiengesellschaft 62
Ammoniak 328
Ammonium 328
anaerobe Schlammbehandlung 24
Anstalt öffentlichen Rechts 58
Antragskonferenz 75
Anzeigefrist 14
Artenschutz 75
AshDec-Verfahren 187
Ausbringungsverbot 367
ausschreibungsfrei 38

B

Bandtrockner 151, 167, 270
Bandtrocknung 175
Behördenmanagement 75
Berichtspflicht 379
  Klärschlammerzeuger 5
  P-Rückgewinnung 15
Beseitigung 118
Beteiligungskriterium 44
Betriebssicherheitsverordnung 98
Biogasanlagen 184
Biomasse 93
Bio-P Kläranlagen 352
BMBF-Fördermaßnahme 339
bodenbezogene Klärschlammverwertung 7
bodenbezogene Verwertung 117
Brüden 175, 211, 325
Brüdenkondensation 326
Brüdenmitverbrennung 326
Brüdenverwertung 221
BVT-Schlussfolgerungen 100

C

Closed Loop Steam Dryers 185

D

Dampftrockner 185
Deammonifikation 330
Dekontamination 391
Deponierecht 140
Deutsches Ressourceneffizienzprogramm
  ProgRessII 340
dezentrale Klärschlammverwertung 265
dezentrale thermische Verwertung 268
dezentrale thermische Anlagen 257
Distickstoffmonoxid 296
Doppeluntersuchungen 6
Drehrohrtechnologie 213
Düngemittel 343
Düngemittelgesetze 417
Düngemittelherstellung 399
Düngemittelindustrie 278
Düngemittelmarkt 407
Düngemittelproduktion 390, 417
Düngemittelrecht 29
Düngemittelverordnung 279, 399, 410
Dünger 401
Düngerecht 6
Düngeverordnung 133, 401

E

Elektro-Reduktionsofen 283
Emissionshandelsrecht 82
Emissionshandels-Richtlinie 85
energieeffiziente Trocknung 184
Energieeffizienz 169
Entscheidungsmatrix 113
Entsorgung 118
Entsorgungskosten 279
Entsorgungsnotstand 131
Entsorgungsproblematik 19
Entsorgungssicherheit 199, 379
Entsorgungssituation 19

Entsorgungswege 12, 132
Entwässerung 165
erneuerbare Energie 184
Erörterungstermin 76, 102
EU-Düngemittelverordnung 381
EU-Emissionshandel 81
Eutrophierung 184
Explosionen 150

F

Fällung 330
Faulschlamm 349
Faulungsfähigkeit 167
FFH-Verträglichkeitsprüfung 99
Filtration 329
Fördermaßnahme
RePhoR 341

G

Gärreste 184
Genehmigungsbehörde 98
Genehmigungsrecht 73
Genehmigungsverfahren 73, 97
Geruchsbelastungen 77
Geruchsemissionen 149
Geruchsimmissions-Richtlinie 77
Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH) 30, 60
Gewässerverträglichkeit 100
Glühverlust 351
Granulierung 149
grenzüberschreitende Verbringung 141
großtechnische P-Rückgewinnung 342
großtechnische Umsetzungen 341
Großvorhaben 75
Gülle 185

H

Hallentrockner 148
Heizwert 227
Heizwertsteigerung 175
Hydrolyse 166

I

Immissionsprognosen 99
Immissionsschutzrecht 97
Impulsbrenner 258
Industrieemissionsrichtlinie 100
Inhouse-Beauftragung 41
Inhouse-Privileg 64
Inhouse-Strukturen 55
Inhouse-Vergabe 38
interkommunale Kooperation(en) 24, 30
interkommunale Zusammenarbeit 29, 37, 55, 142
Intermediate 390
interöffentliche Zusammenarbeit 38
Ionenaustauscher 332

K

Kläranlagenbetreiber 38
Klärschlamm 81, 184
Klärschlamm-AG 62
Klärschlammasche(n) 351, 409, 417, 425
Klärschlammberichte 366
Klärschlammentsorgung 29, 117, 199
landwirtschaftliche 379
Klärschlammentwässerung 170
Klärschlammerzeuger 33, 39, 107, 132
Klärschlamm-GmbH 60
Klärschlammkompost 14
Klärschlammkonzeption 110
Klärschlamm-Kooperation(en) 60
vergaberechtliche Anforderungen 64
Klärschlammmonoverbrennung 225
Klärschlammreduktion 358
Klärschlammtrocknung 147, 167, 268
quasi-abwasserfreie 175
Klärschlammverbrennung 73, 295
Klärschlammverbrennungsanlagen 81, 97
Klärschlammverordnung 3, 109, 134, 340, 349, 399
Klärschlammverwertung 107
bodenbezogene 226
thermische 225
Klärschlammverwertungskonzept(e) 199, 340
Kohlenstoffkreisläufe 283
kommunale Abwasserbehandlungsanlagen 39
kommunale Arbeitsgemeinschaft 59
kommunalrechtliche Vorgaben 60

Kondensataufbereitung 175
Kondensationstrocknung 175
Kontakttrockner 148
Kontrollkriterium 42
Kooperationen 55
Kooperationsformen 142
Kreislaufführung 389
Kreislaufgedanke 377

L

Laborwirbelschichtreaktor 300
Lachgasemissionen 295
Lagerkapazitäten 25
Lagermöglichkeiten 21
Länderarbeitsgemeinschaft 13
landwirtschaftliche Klärschlammverwertung 4, 363
Leimphase 149
Leitinitiative Green Economy 341
lokale Lösungen 262

M

Makronährelementen 365
Markterschließung 396
mehrstufiger Verbrennungsprozess 270
Membranverfahren 332
Mercury 312
Mercury scrubber 319
Mikronährelemente 365
Mineraldünger 411, 422
Misch- und Wendetechnik 160
Mitverbrennung 199, 253
mobile Klärschlammentwässerung 23
mono-incineration 311
Monoklärschlammverbrennungsanlagen 211
Monoverbrennung 199, 225
Monoverbrennungsanlagen 256

N

Nährstoffe 417
Nährstoffgehalte 411
Nährstoffkreislauf 389
Nährstoffkreisläufe 364
Naturschutz 75
Niedersachsen 19
Nitrat 409
Nitratauswaschungen 363
Norddeutsches Netzwerk Klärschlamm 19
Norddeutschland 19
Notifizierungsverfahren 142
NPK-Dünger 418
N-Struvit 408

O

öffentliche Auftraggeber 38
öffentliche Ausschreibung 38
Öffentlichkeitsbeteiligung 74, 101, 111
öffentlich-rechtliche Vereinbarung 58

P

Paddelofen 243
Paddel-Vorschubofen 246
Pflanzenverfügbarkeit 278, 410, 420
Pflanzenwachstum 365
Phosphatgehalte 400
Phosphatlöslichkeit 402
Phosphatrecycling 276
Phosphatverfügbarkeit 267
Phosphor 377
Phosphorgehalt 350
Phosphorkreislauf 392
Phosphorlöslichkeit 257
Phosphorrecycling 212, 256
Phosphorrecyclingpflicht 407
Phosphorrezyklate
  Verwertung 407
Phosphorrückgewinnung 39, 283, 339, 349, 377, 389
  aktueller Stand 378
Phosphorrückgewinnungspflicht 5, 13, 29, 56, 108, 135, 364
PK-Dünger 418
Polymereinsatz 6
Präklusion 103
P-Recycling 342, 389
P-Rezyklate 380
privatrechtliche Organisationsformen 59
Produkte
  phosphorhaltige 407
P-Rückgewinnung 389

P-Rückgewinnungsgrenze 368
P-Rückgewinnungsquoten 15
P-Rückgewinnungsverfahren 340
Pyrolyse 214, 270

Q

Qualitätssicherung 5

R

rechtliche Rahmenbedingungen 389
RecoPhos-Verfahren 284
Recyclingphosphate 417
Recyclingphosphor 5
Recyclingprodukte 417
Recyclingrouten 394
RePhoR
Regionales Phosphor-Recycling 339
Rhenania-Verfahren 399
Rohphosphataufschlussverfahren 418
Rückgewinnungsgebot 391
Rückgewinnungsquote 15

S

Schadstoffe 325
Schadstoffeinträge 372
Schadstoffgehalte 400, 411
Schlammwasser 349, 358
Schwermetallabtrennung 358
Schwermetallbelastung 400
Schwermetallgehalte 410
Scoping-Termin 75
Sekundärphosphor 341
sewage sludge 311
Siedlungsabfall 81
solare Klärschlammtrocknung 268
solare Trocknung 154
Solartrockner
fremdgestützte 154
sondergesetzliche Verbände 31
Sorbent Polymer Catalyst (SPC) 312
Stallabfälle 184
Standortauswahl 74
Standortwahl 109
stationäre Wirbelschicht 225
Staubbrenner 253
Staubexplosionen 150
Staubfeuerung 257
stoffliche Verwertung
Phosphor 357
Strippung 330
Struvit 408
Superphosphat 418

T

Tätigkeitskriterium 44
Technikums-Vergasungsanlage 287
Teiltrocknung 148, 175
thermische Klärschlammverwertung
211, 243, 253
thermische Trocknung 148
thermochemische Konversion 283
Thermodruckhydrolyse 165
thermo-solare Trocknung 154
Treibhausgase 296
Treibhausgas-Emissionshandelsgesetz 82
Trockenmasseertrag 403
Trockenrückstand 175
Trockner
solarunterstützte 154
Trocknersystem 183
Trocknung 207
Trocknungsgrad 328
Trocknungstemperatur 327

U

Übergangsfristen 8, 108
Umkehrosmose 332
Umweltverträglichkeitsprüfung 74
Untersuchungspflichten 14

V

Vakuum-Flash-Kühlung 167
Venturi wet scrubber 311
Verbrennungszone 214
Veredlungskraftwerke 200
Verfahrensübersicht
Phosphorrückgewinnung 382
Vergaberecht 38
Vergasung 283
Verhältnismäßigkeitsgrundsatz 133

Verwaltung 97
Verwertung 118
  bodenbezogene 12, 340
Verwertungskonzept 199
Verwertungswege
  Klärschlamm 383
Volltrocknung 175
Vollzugshilfe 8, 379
Vollzugshinweise 13
Vorbelastungsmessung 99
Vorhabenträger 73
Vorschubofen 243
Vortrocknung 325

W

wassergefährdende Stoffe 127
Wasserrecht 29, 97, 117, 137
Wasserrecycling 325
Wendeprozess 160
Wertschöpfungsketten 389
Wirbelschicht-Monoverbrennung 175
Wirbelschichttechnologie 215, 226
Wöhler-Verfahren 283

Z

Zellzerstörung 166
Zulassungsverfahren 98
Zweckverband 30, 57
Zwischenlagerung 136