Neubau einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage

Informationsveranstaltung der Gemeinde Saerbeck

Peter Quicker

1. März 2017 | Bürgerhaus Saerbeck

Inhalt

Aufkommen, Zusammensetzung & Entsorgung

Rechtlicher Rahmen

Stand der Technik

Anlage Saerbeck

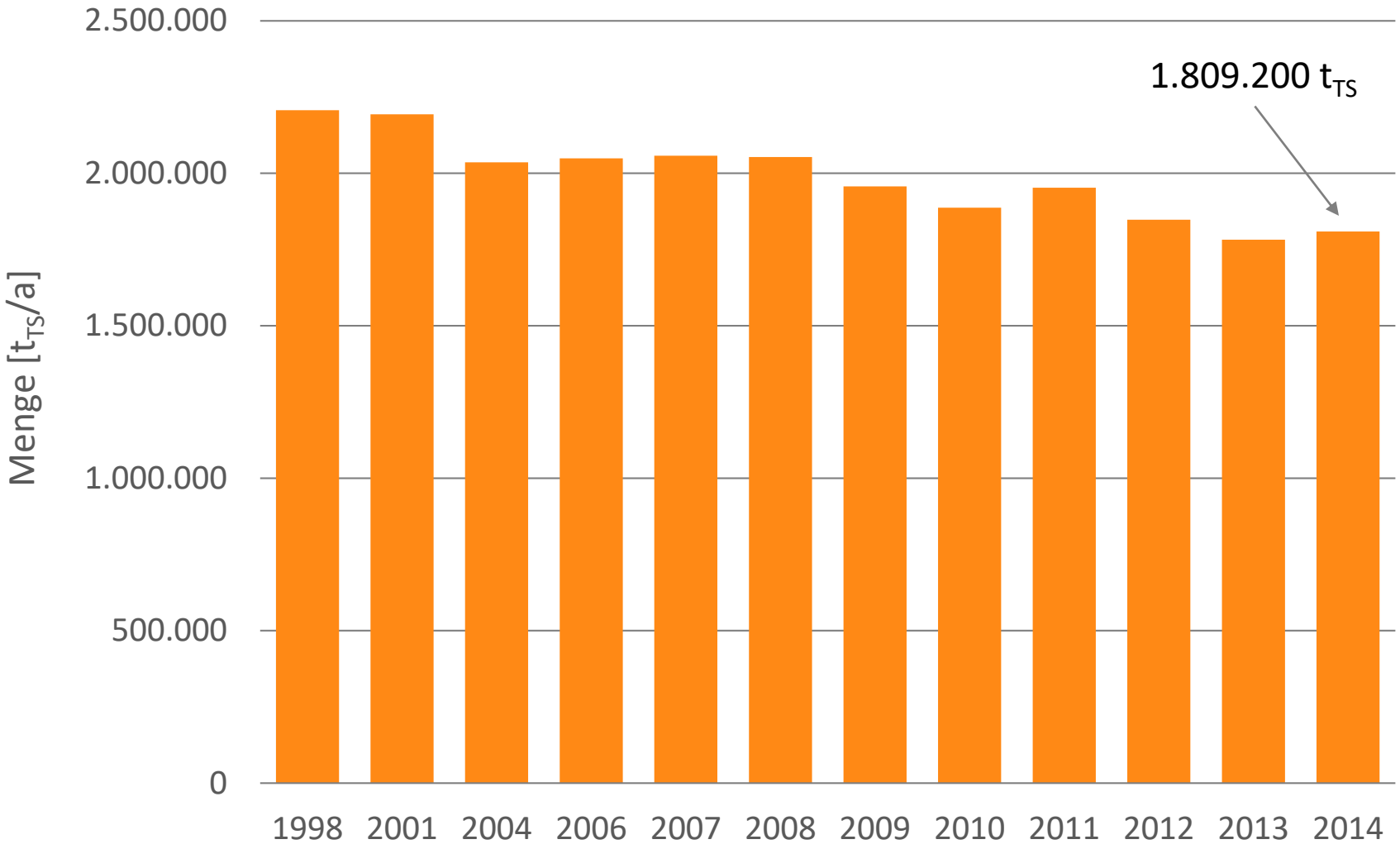
Kommunale Klärschlämme

Aufkommen, Zusammensetzung und Entsorgungspfade

Definition

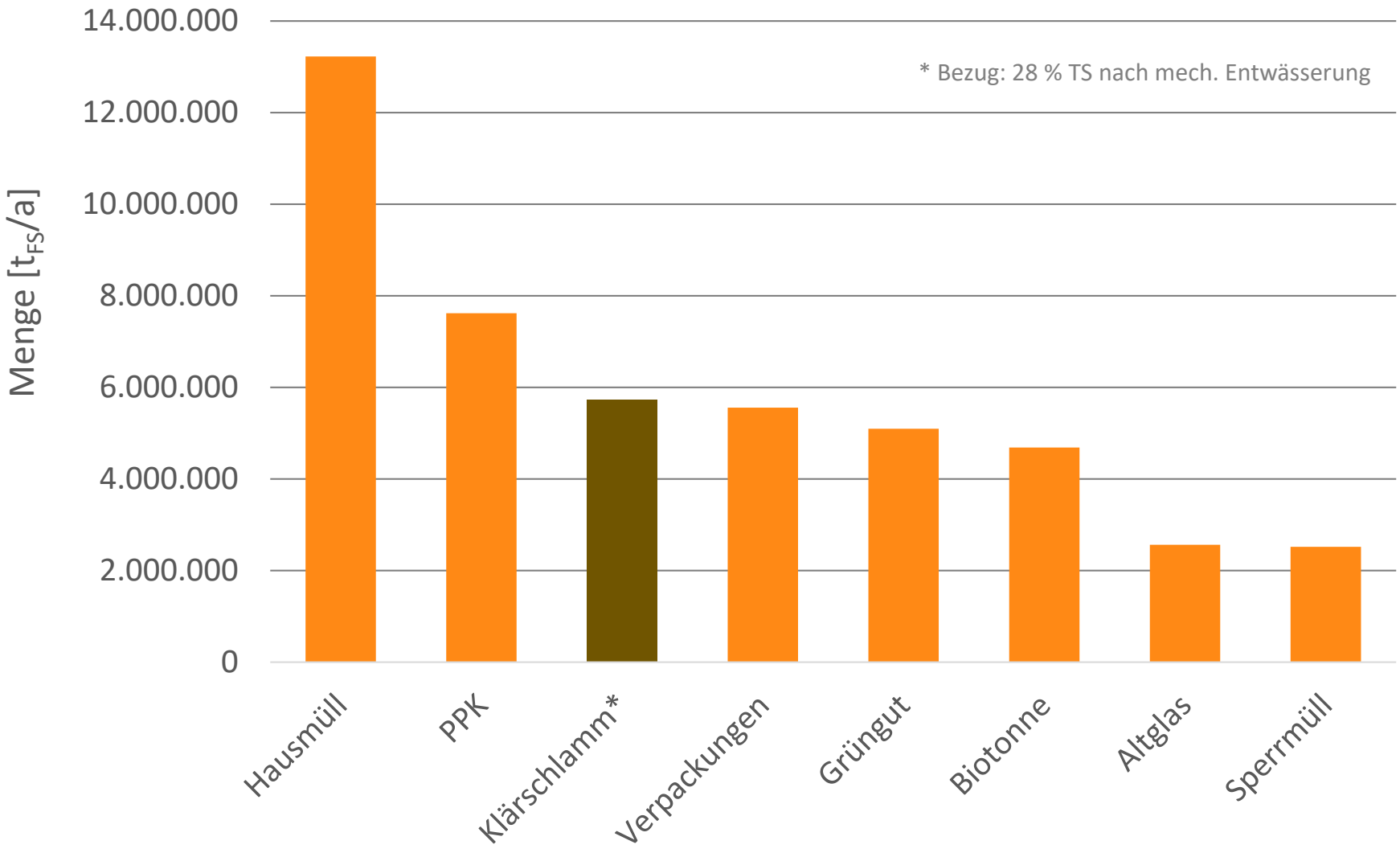
- Klärschlamm ist Reststoff und Schadstoffsenke der Abwasserreinigung
  - Fester Rückstand aus mechanischen und biologischen Reinigungsstufen
  - Anreicherung von (nicht abgebauten) organischen und anorganischen Schadstoffen aus dem Abwasser
- Unterscheidung von Schlämmen aus kommunalen und industriellen Klärwerken
- Heterogenes Vielstoffgemisch mit schwankenden Bestandteilen
  - Unterscheidung von Roh- und Faulschlämmen
  - Hoher Wasser- und Aschegehalt
  - Hohes Schadstoffpotential
  - Kommunale Klärschlämme: nährstoff-/phosphorreich!

Aufkommen in Deutschland



Quelle: Mocker 2016, UBA 2013, destatis 2015

Abfallmengen in Deutschland im Vergleich

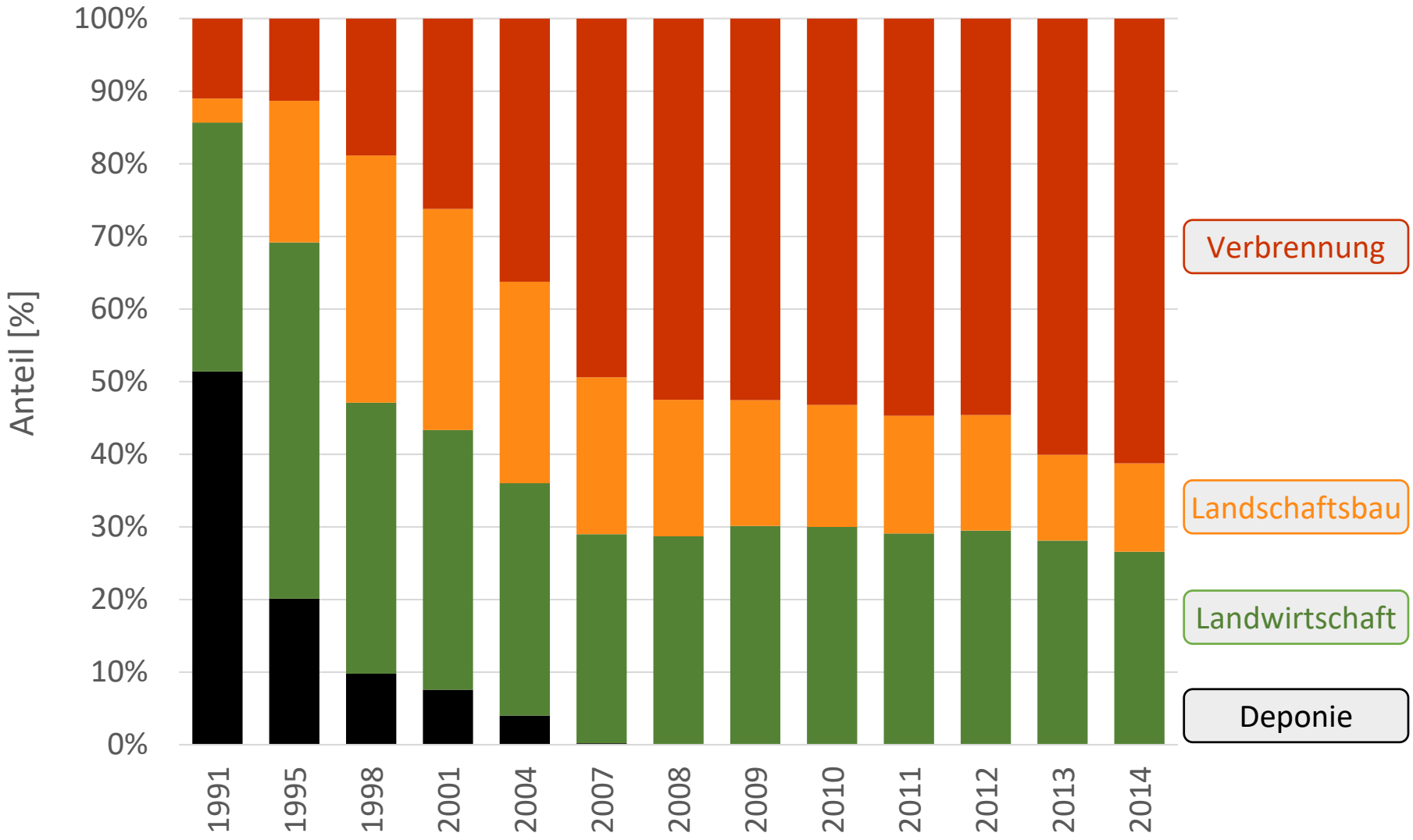


Quelle: Mocker 2016, destatis 2013/2014

Entsorgungswege

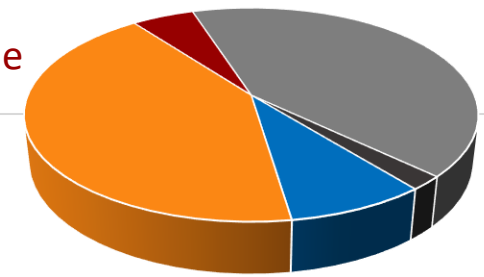
- Landwirtschaftliche Nutzung
  - Ausbringung von organischen und anorganischen Schadstoffen auf den Boden
  - Düngewirkung vorhanden, aber umstritten (Verfügbarkeit)
  - Rechtliche Einschränkungen
    - DüMV: ab 2017 Eingrenzung organischer Polymere (Entwässerung)
    - AbfKlärV: ab 2029/2032 nur noch Klärschlämme aus Klärwerken der Größenklasse 1-4a (bis 50.000 EW) → 12/15 Jahre Übergangsfrist
- Landschaftsbau
  - „Verklappung“: Weder Nährstoffe noch Energie genutzt
- Verbrennung
  - Zerstörung organischer Substanzen, vollständige Hygienisierung
  - Zielgerichtete Schadstoffsenke
  - Optionen zur Phosphorrückgewinnung (bei Monoverfahren)
  - Nutzung des Energiegehalts

Entsorgungspfade in Deutschland 1991-2014



Quelle: Mocker 2016, destatis 2015

Zusammensetzung



- Wassergehalt abhängig vom Verfahrensweg
  - Frischschlamm: ca. 95 % Wassergehalt
  - Mechanisch entwässert: ca. 65-75 % Wassergehalt („stichfest“)
  - Restwasser muss über thermische Verfahren ausgetrieben werden
- Trockensubstanz besteht zu 45-90 % (i.d.R. ca. 50 %) aus Organik (Rest Asche/Mineralik)
  - Großteil Bakterienmasse (C, H, O, N, S)
  - Vielzahl organischer Schadstoffe: PCDD/PCDF, Tenside, Pflanzenschutzmittel, PAK, Arzneimittelrückstände, Krankheitserreger…
  - Schwermetalle: Quecksilber, Cadmium, Nickel, Kupfer, Chrom, Blei, Zink…
  - Nährstoffe: insbesondere Kalium und Phosphor

Zusammensetzung (Auszug)

Parameter (bez. auf TS)	Einheit	Wertebereich
Wasser (OS)	Gew.-%	90 – 95
Asche	Gew.-%	40 – 50
Heizwert	MJ/kg	8 – 11
Kohlenstoff	Gew.-%	33 – 50
Wasserstoff	Gew.-%	3 – 4
Stickstoff	Gew.-%	2 – 6
Schwefel	Gew.-%	0,5 – 1,5
Chlor	Gew.-%	0,05 – 0,5
Phosphor	mg/kg	2.000 – 55.000
Blei	mg/kg	70 – 100
Cadmium	mg/kg	1,5 – 4,5
Quecksilber	mg/kg	0,3 – 2,5
PCDD/F	mg/kg	0,000035

Beispielhaft, Zusammensetzung kann extrem schwanken!

Problematische Inhaltsstoffe

- Schwermetalle
  - Insbesondere Kupfer und Zink
  - Weitere Schwermetallkonzentrationen eher „unkritisch“ (i.d.R. DüMV-konform)
- Umweltgefahr insbesondere durch Organik
  - Über 100 Schadstoffe bekannt und nachweisbar
  - Toxizität und Umweltwirkungen wenig untersucht und bekannt
  - Endokrine Disruptoren: Eingriffe ins Hormonsystem
  - Krankheitserreger
  - Arzneimittelrückstände (Diclofenac, Antibiotika…)
  - Pestizide, Fungizide

Quelle: Bundesinstitut für Risikobewertung

Potentielle Auswirkungen der landwirtschaftlichen „Verwertung“

SPIEGEL ONLINE

Umwelthormone: Weibchenboom bei Österreichs Fischen

Kaum Männchen im Netz:

Zwei Drittel aller Fische in den fließenden Gewässern Österreichs sind weiblichen Geschlechts.

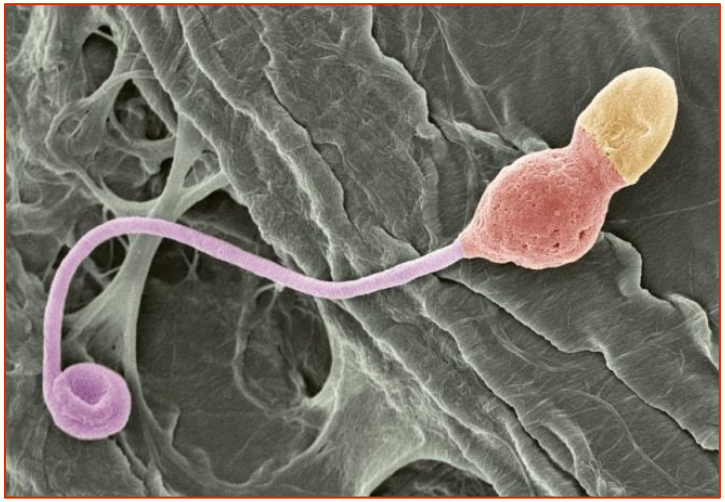
Umweltgifte dürften an dem Phänomen Schuld sein, dessen Gefährlichkeit für den Menschen noch nicht vollständig untersucht ist (11.01.2009).

Potentielle Auswirkungen der landwirtschaftlichen „Verwertung“

SPIEGEL ONLINE

Langzeitstudie: Spermien-Schwund bei Franzosen

Um die Spermien der französischen Männer scheint es nicht gut bestellt. In den vergangenen Jahren sank die Anzahl der Samenzellen kontinuierlich, außerdem ist ein steigender Anteil verformt. Forscher vermuten, dass schädliche Chemikalien eine Ursache dafür sind (05.12.2012).



- 1989 fanden sich in der Samenflüssigkeit 73,6 Millionen Spermien pro Milliliter, im Jahr 2005 waren es 49,9 Millionen…
- Der Anteil der normal geformten Spermien lag im Jahr 1989 bei 60,9 Prozent, 2005 war er auf 39,2 Prozent gesunken.

… vermuten die Franzosen, wie viele andere Forscher vorher auch, dass schädliche Chemikalien den Trend zumindest teilweise erklären. Sogenannte endokrine Disruptoren können das hormonelle Gleichgewicht kippen.

Rechtlicher Rahmen

Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen

Novelle der Abfallklärschlammverordnung

- Landwirtschaftliche Nutzung von Klärschlämmen weitgehend ausgeschlossen
- Fokus auf mögliche Phosphorrückgewinnung:
  - Mitverbrennung von Klärschlamm in MVA u. Kohlekraftwerken für kommunale Schlämme weitgehend ausgeschlossen [P-Gehalt i. d. R. > 2 %, Gilt für KA-Größe 4b und 5]
- Obligatorische Nutzbarmachung des Phosphors ab 2029:
  - Rückgewinnungs- oder Langzeitdeponierungskonzepte notwendig!
  - Bis 31.12.2023: Vorlage eines Berichts/Konzepts über die geplanten und eingeleiteten Maßnahmen zur Erfüllung der Pflicht zur P-Rückgewinnung!

Vor diesem Hintergrund ist die Entsorgungsstruktur von 50-70 % der in Deutschland anfallenden Klärschlämme ungeklärt!

Klärschlammverordnung
(AbfKlärV)*
Vom 15. April 1992

(BGBl. I S. 912), geändert durch Verordnung vom 8. März 1997 (BGBl. I S. 445), durch Art. 3 Gesetz zur Neuregelung des Rechts des Naturschutzes und der Landschaftspflege und zur Anpassung anderer Rechtsvorschriften vom 25. März 2002 (BGBl. I S. 1193), durch Art. 3 Verordnung zur Änderung abfallrechtlicher Nachweispflichtverordnungen vom 23. April 2002 (BGBl. I S. 1467), durch Art. 1 Verordnung zur Neuordnung der Klärschlammverwertung vom 27. September 2017 (BGBl. I S. 3465) durch Artikel 4 Verordnung zur Verschärfung der abfallrechtlichen Überwachung vom 22. Oktober 2020 (BGBl. I S. 2235)

Auf Grund des § 16 Abs. 2 des Abfallgesetzes vom 27. August 1986 (BGBl. I S. 1410, 1501) verordnet der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und mit dem Bundesminister für Gesundheit, auf Grund des § 11 Abs. 2 Satz 3, Abs. 3 Satz 4 dieses Gesetzes verordnet der Bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:

§ 1
Anwendungsbereich

(1) Diese Verordnung hat zu beachten, wer
1. Abwasserbehandlungsanlagen betreibt und Klärschlamm zum Aufbringen auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden abgibt oder abgeben will,
2. Klärschlamm auf landwirtschaftlich oder gärtnerisch genutzte Böden aufbringt oder aufbringen will.

(2) Die Vorschriften des Düngemittelrechts bleiben unberührt.

(3) Die betroffenen Stellen weisen darauf hin, daß die in dieser Verordnung genannten Grenzwerte soweit wie möglich unterschritten werden. Die in der Verordnung genannten Bodengrenzwerte wurden für die speziellen Bedingungen der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung festgelegt. Generelle Anbaubeschränkungen oder Beschrän-

* Diese Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt und insbesondere des Bodens bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft (ABl. EG Nr. L 181 S. 6).

Überblick thermische Abfallbehandlung

Industrieemissionsrichtlinie 2010/75/EU
Früher: Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen

Bundesimmissionsschutzgesetz BImSchG
Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
vom 15. März 1974, zuletzt geändert am 31. August 2015

1. BImSchV
Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen

4. BImSchV
Verordnung über genehmigungs-bedürftige Anlagen

13. BImSchV
Verordnung über Großfeuerungsanlagen

17. BImSchV
Verordnung über Abfallverbrennungs-anlagen

TA Luft
Technische Anleitung Luft

Europäische Union: Industrieemissionsrichtlinie

- In Kraft getreten am 7. Januar 2011
- Umsetzung in nationales Recht bis zum 7. Januar 2013
- Inkrafttreten des Umsetzungsgesetzes für IED in BImSchG am 02. Mai 2013 erfolgt
- Zusammenführung von
  - IPPC-Richtlinie (Integrated Pollution Prevention and Control)
    = IVU-Richtlinie (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung), noch 3 Jahre in Kraft (Artikel 81 Abs. 1)
  - Großfeuerungsanlagenrichtlinie
  - Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen
  - VOC-Anlagenrichtlinie
  - 3 Titandioxidrichtlinien
- Inhalte und Ziele der neuen Industrieemissionsrichtlinie
  - BAT-Dokumente (Best Available Technique) sollen EU-weit einheitlicher angewendet und verbindlicher werden (sofern technisch und wirtschaftlich leistbar)
  - Mindestauflagen hinsichtlich regelmäßigen Inspektionen, Überprüfung von Genehmigungsbedingungen und Berichterstattung über die Einhaltung der Vorschriften

Europäische Union: Industrieemissionsrichtlinie

- Ziel: Möglichst weitgehende Vermeidung oder Verminderung der Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden durch Verbrennung oder Mitverbrennung von Abfällen und der daraus resultierenden Gesundheitsgefahren
- Aktualisierte Grenzwerte für Emissionen in Atmosphäre und Gewässer
- Genehmigungspflicht
- Zusammensetzung von gefährlichen Abfällen muss vor der Annahme bekannt sein
- Entstehende Wärme muss so weit wie möglich genutzt werden
- Rostasche / Schlacke: < 3 % TOC bzw. < 5 % Glühverlust
- Mindesttemperatur /-verweilzeit: 850 °C, 2 s wenn der Gehalt an halogenierten Kohlenwasserstoffen < 1 % ist, sonst 1100 °C, 2s
- Abweichende Bedingungen dürfen genehmigt werden, wenn
  - die Anforderungen der Richtlinie eingehalten werden
  - keine höheren Rückstandsmengen verursacht werden
  - kein höherer Gehalt an organischen Schadstoffen verursacht wird

Deutschland: Bundesimmissionsschutzgesetz – BImSchG

Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge
(vom 15. März 1974, zuletzt geändert am 31. August 2015)

- Ziel:
  Schutz von Menschen, Tieren und Pflanzen, Boden, Wasser, Atmosphäre, Kultur- und anderen Gütern vor schädlichen Umwelteinwirkungen
  und Vorsorge gegen das Entstehen solcher Einwirkungen
- Gültig für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen
- Weiterhin gültig für das Herstellen und Inverkehrbringen von Anlagen, Brennstoffen und bestimmten Substanzen
- Regelt Genehmigungsbedürftigkeit von Anlagen (§ 4 BImSchG i.V.m. Anhang 1 zur 4. BImSchV, Anlagen nach Sp. 3, G/V und Sp. 4 IED)
- Ermächtigungsgrundlage für wichtige Immissionsschutzverordnungen

  → z. B. 4. BImSchV, 9. BImSchV, 17. BImSchV

Emissionsgrenzwerte

Schadstoff T = Tagesmittelwert H = Halbstundenmittelwert	**17. BImSchV [mg/m³]**		**TA Luft [mg/m³]**		**13. BImSchV [mg/m³]**	
	T	H	T	H	T	H
Gesamtstaub	5	20	20	40	10 / 10 **	20
Gesamter organischer Kohlenstoff	10	20	50	100	-	-
Kohlenmonoxid (CO)	50	100	-	-	150-200	300-400
Chlorwasserstoff (HCl)	10	60	30	60	-	-
Fluorwasserstoff (HF)	1	4	3	6	-	-
Schwefeldioxid	50	200	350	700	150-400*	300-800*
Stickoxide (als Stickstoffdioxid)	150/100 **	400	350	700	150-400*	300-800*
Quecksilber Hg	0,03/0,01**	0,05	0,05	0,1	0,03	0,05
Ammoniak NH_3	10	15	-	-	-	-
	Mittelwerte Probenahmezeit				**Mittelwerte Probenahmezeit**	
Σ Cd + Tl	0,05		Tl: 0,05	Tl: 0,1	0,05	
Σ Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn	0,5		0,5 / 1	1 / 2	0,5	
Σ As, Benzo(a)-pyren, Cd, Co, Cr	0,05				0,05	
PCDD / PCDF **[ng/ m³]**	0,1		0,1	0,2	0,1	
Sauerstoffbezug	11 %		11 %		6 %	

* je nach Feuerungswärmeleistung und Anlagenart ** Jahresmittelwert

Emissionsgrenzwerte Abfallmitverbrennung

Emission **Tagesmittelwerte**	**17. BImSchV [mg/m³]**	**17. BImSchV [mg/m³]** **Mitverbrennung Abfälle & EBS**	
	Monoverbrennung	Kohlekraftwerk 1)	Zementwerk 2)
Gesamtstaub	5	10	10
Gesamter organischer Kohlenstoff	10	10	10 4)
Kohlenmonoxid (CO)	50	150-200	von Behörde
Chlorwasserstoff (HCl)	10	20	10
Fluorwasserstoff (HF)	1	1	1
Schwefeldioxid	50	150 – 1300	50 4)
Stickoxide (als Stickstoffdioxid)	150 / 100 3)	150 – 500	200 / 200 3)
Quecksilber Hg	0,03 / 0,01 3)	0,03	0,03 5)
Ammoniak (NH_3)	10	-	30
Bezugssauerstoffgehalt [%]	11	6	10

1) Bei Verbrennung von mehr als 25% Abfällen oder Ersatzbrennstoffen müssen die Emissionsgrenzwerte für die Monoverbrennung eingehalten werden
2) Bei Verbrennung von mehr als 40% Sonderabfällen müssen die Emissionsgrenzwerte für die Monoverbrennung eingehalten werden
3) Jahresmittelwert
4) Genehmigung höherer Emissionswerte möglich, wenn Emissionen auf Rohstoffe und nicht auf EBS zurückzuführen
5) Genehmigung von 0,05 mg/m³ möglich, wenn erhöhte Werte auf Rohstoffzusammensetzung zurückzuführen

Thermische Klärschlammbehandlung

Stand der Technik

Verfahrensüberblick

Monoverbrennung

Großtechnisch

- Wirbelschicht
- Etagenofen
- Etagenwirbler
- Schmelzzyklon
- Flammenkammer

Dezentrale Kleinanlagen

- **Wirbelschicht**
  - KALOGEO
  - ES+S
  - Krüger, PYROFLUID
- **Rost**
  - Aldavia, AWINA
  - Krüger, BioCon
  - Huber, sludge2 energy
- **Sonderbauformen**
  - Andritz EcoDry (Zyklonofen)
  - Eisenman, Pyrobustor (Drehrohr)

Alternative Verfahren

Großtechnisch

- **Vergasung**
  - Festbettdruckvergasung
  - Flugstromvergasung
  - Konversionsverfahren
  - Thermoselectverfahren
- **Pyrolyse**
  - Schwelbrennverfahren
  - Niedertemperaturkonvertierung

Dezentrale Kleinanlagen

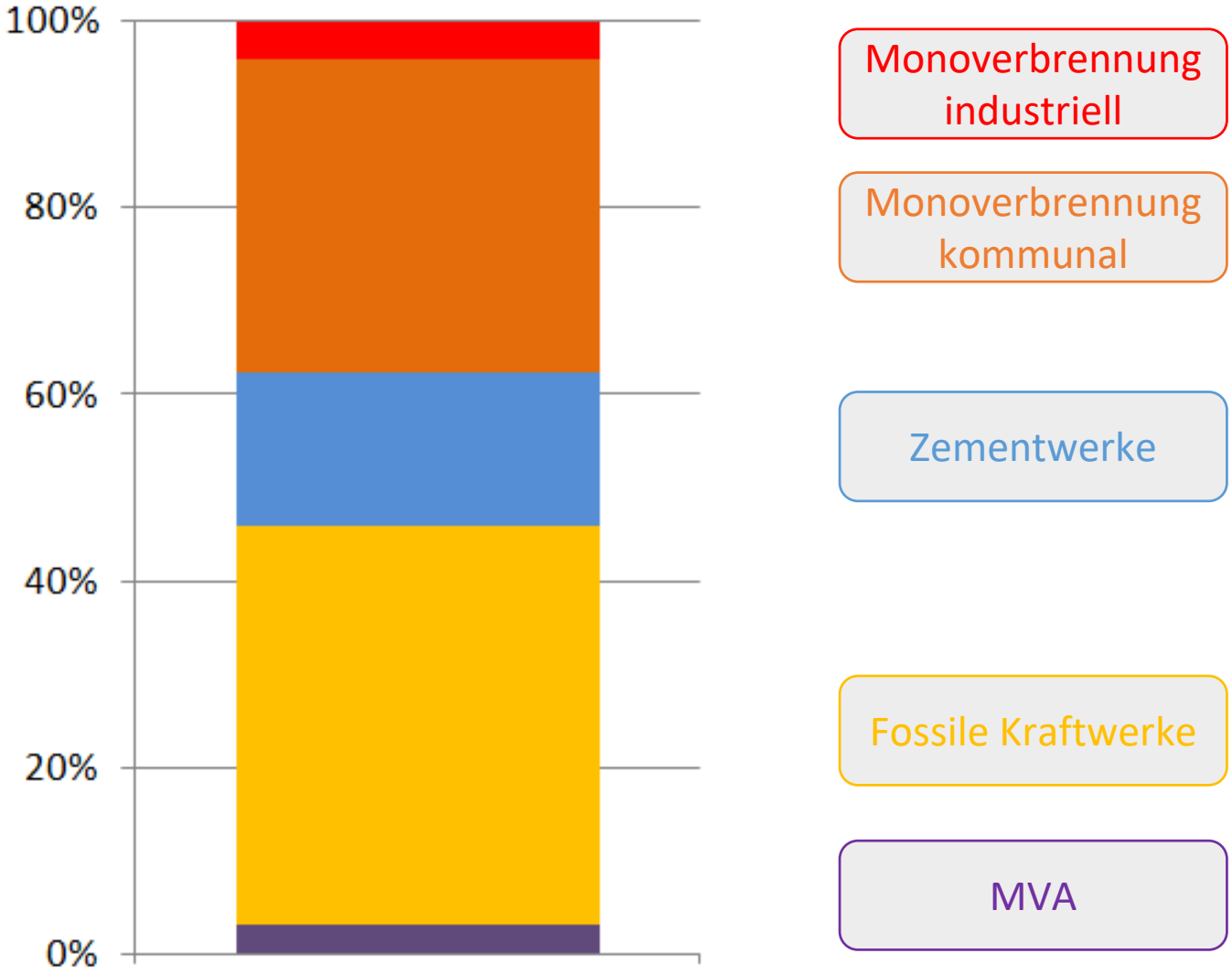
- **Vergasung**
  - Kopf AG, Kopf-Verfahren
- **Pyrolyse**
  - Thermokatalyse (NTK)
  - PYROMEX
  - UC Prozesstechnik
    HD-PAWA-THERM
  - OHL / Polytherm } Prof. Numrich
  - G&A / Unitechnik } Prof. Numrich

Mitverbrennung

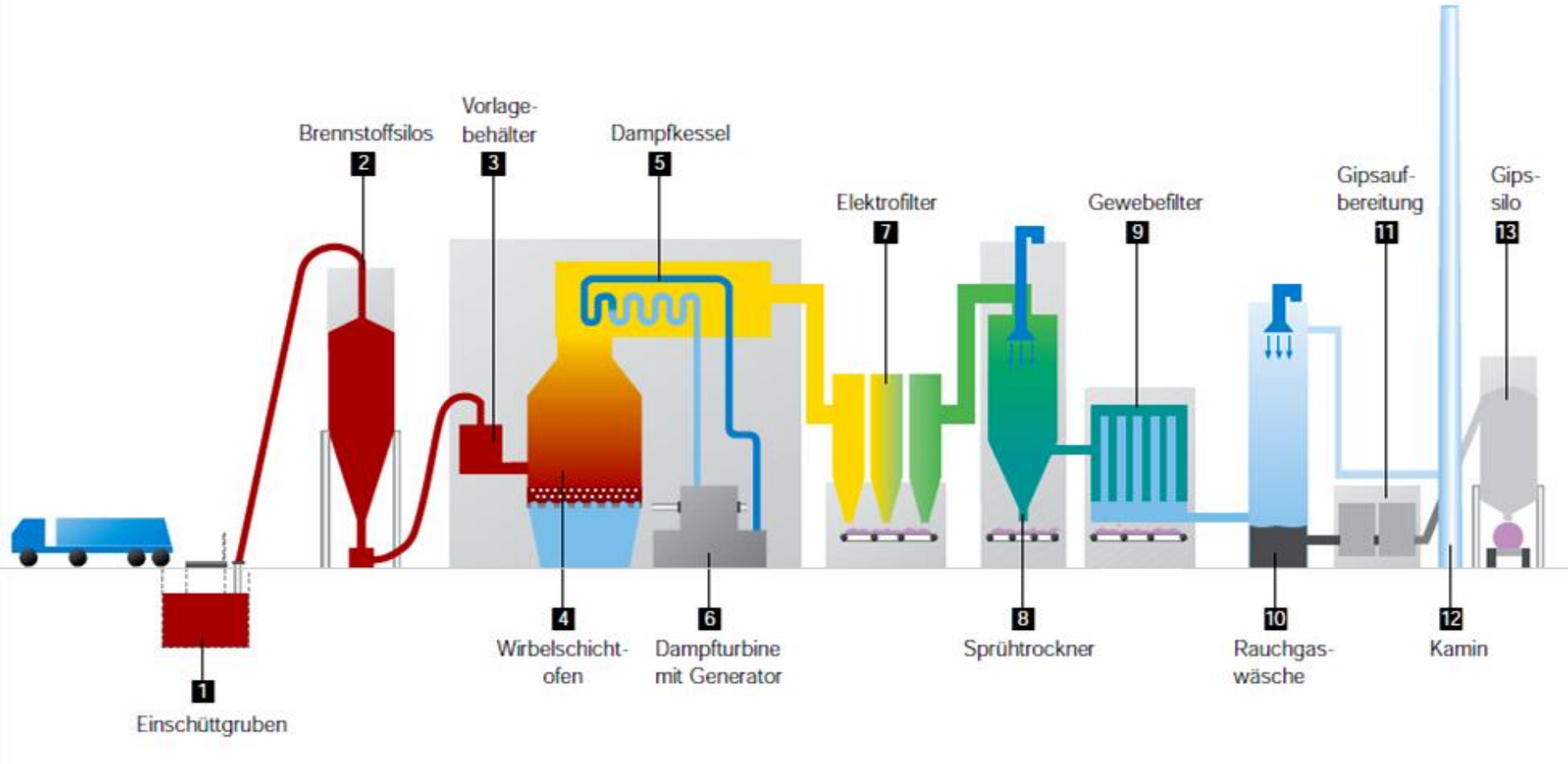
Großtechnisch

- **Müllverbrennung**
  - Rostfeuerung
- **Kohlefeuerung**
  - Trockenfeuerung
    - Wirbelschicht
    - Staubfeuerung
  - Schmelzfeuerung
    - Schmelzkammer
- **Industriefeuerung**
  - Zementherstellung
  - Kalkherstellung
  - Asphaltherstellung
  - Papierschlamm-verbrennung

Anteile der verschiedenen thermischen Behandlungsverfahren



Großtechnische Monoverbrennung



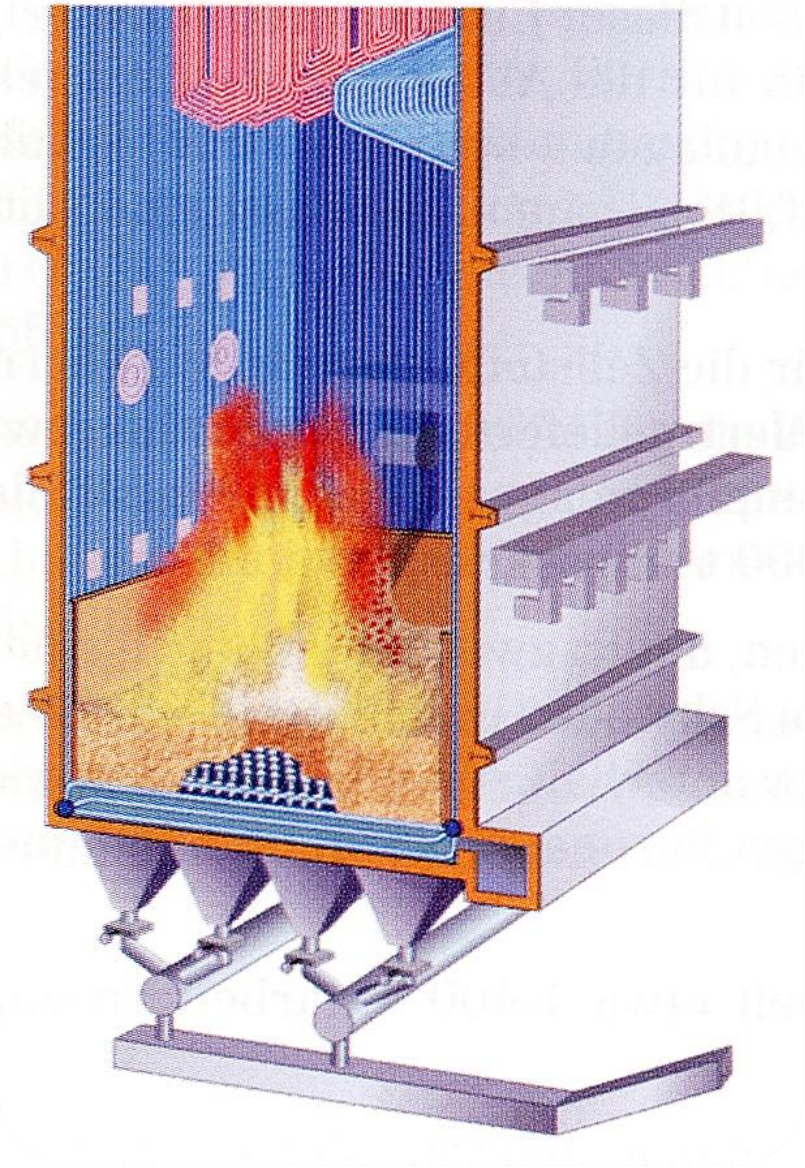
Quelle: Innovatherm

Trocknung

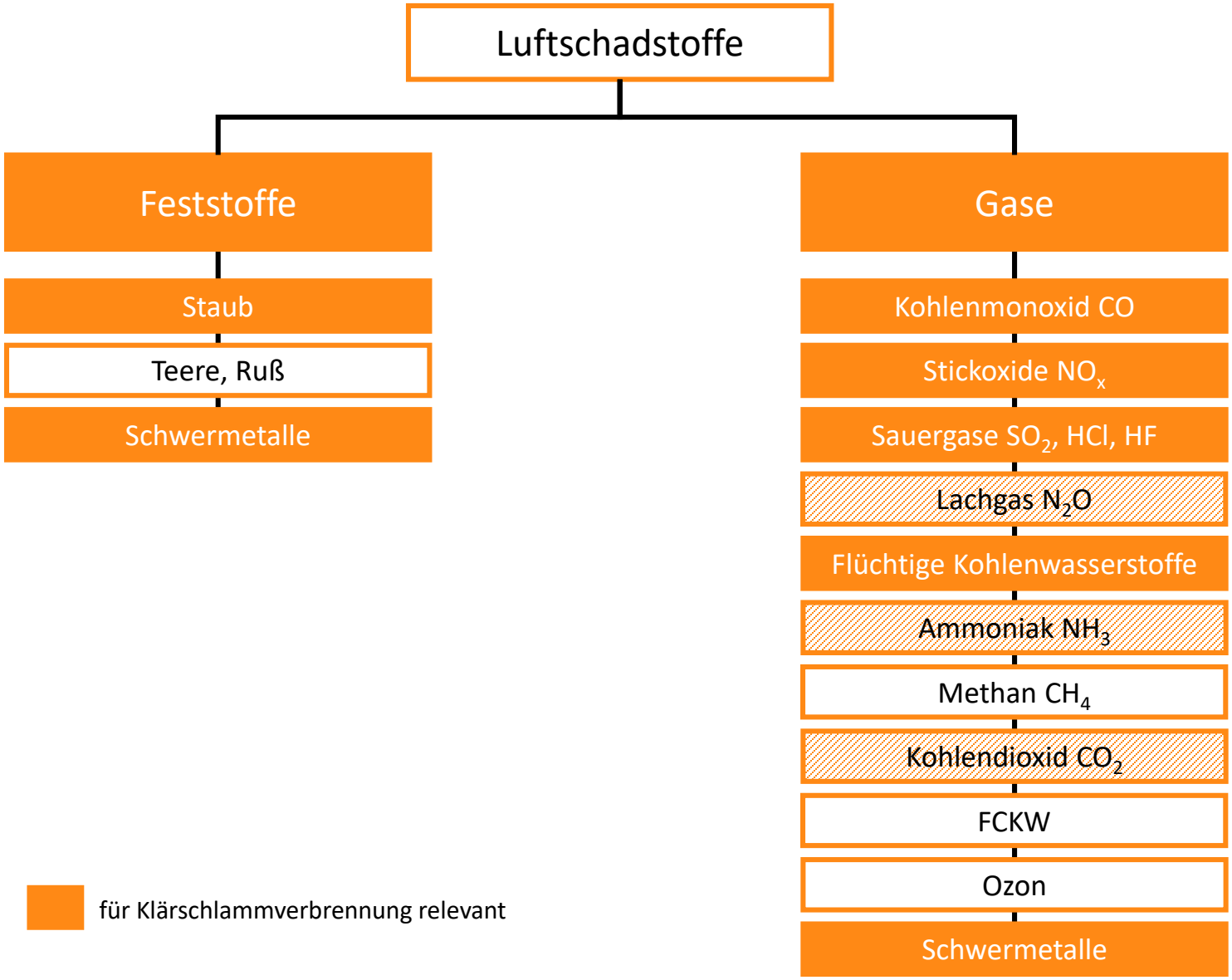
- Kontakttrocknung (indirekte Trocknung)
  - Dünnschichttrockner
  - Scheibentrockner
  - Schneckentrockner
- Konvektionstrocknung (direkte Trocknung)
  - Kaltlufttrockner
  - Bandtrockner
  - Etagentrockner
- Kontakt- und Konvektionstrockner
  - Trommeltrockner
  - Wirbelschichttrockner
- Strahlungstrockner
  - Solare Trockner

Verbrennung – stationäre Wirbelschicht

- Stand der Technik
  - Etabliert: > 18 Anlagen in Deutschland
  - Verbrennung ab 35-45 % TS
  - Niedrige Verbrennungstemperaturen ermöglichen geringe NOx-Emissionen



Rauchgasreinigung



Rauchgasreinigung - Prinzip

Rauchgasreinigung von KSV: Beispiele

Berlin	Feuerung und Kessel	Aktivkohle-zugabe	E-Filter	SO_2-Wäscher, Kalk	Kamin			
Bitterfeld Wolfen	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin	
Dordrecht	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	HOK-Fest-bettfilter	Gewebe-filter	Kamin	
Hamburg	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, Kalk	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin	
Kopenhagen	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	Zugabe von $Ca(OH)_2$+HOK	Gewebe-filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin	
Mainz (geplant)	Feuerung und Kessel	E-Filter	Zugabe von $Ca(OH)_2$+HOK	Gewebe-filter	Kamin			
Moerdijk	Feuerung und Kessel	E-Filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin		
Stuttgart, Linie 3	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	HOK-Zugabe	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin
Wuppertal	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin	

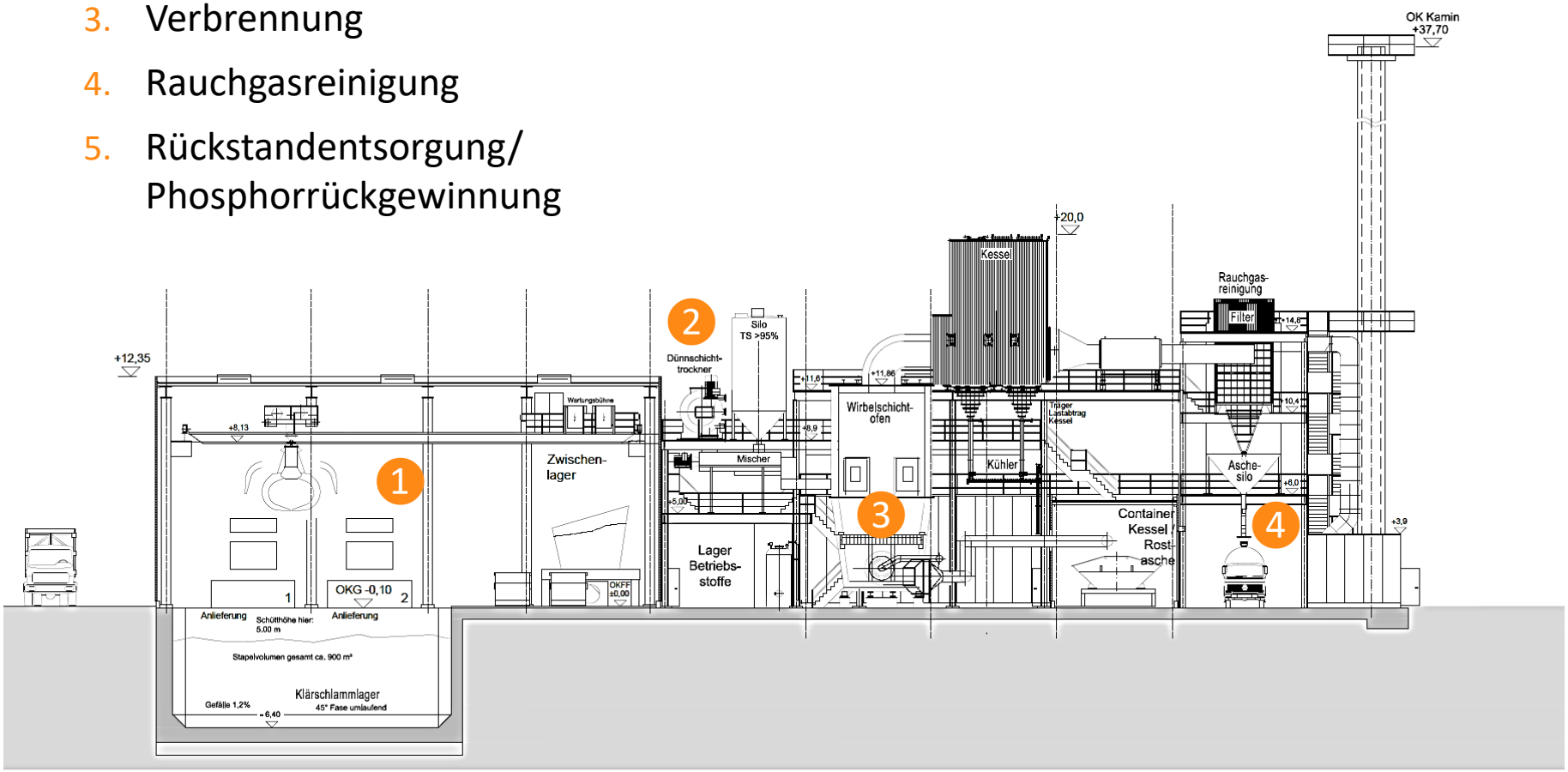
Quelle: Gutjahr 2014

Klärschlamm-Monoverbrennung in Saerbeck

Anlagenplanung

Verfahrensschritte Monoverbrennung

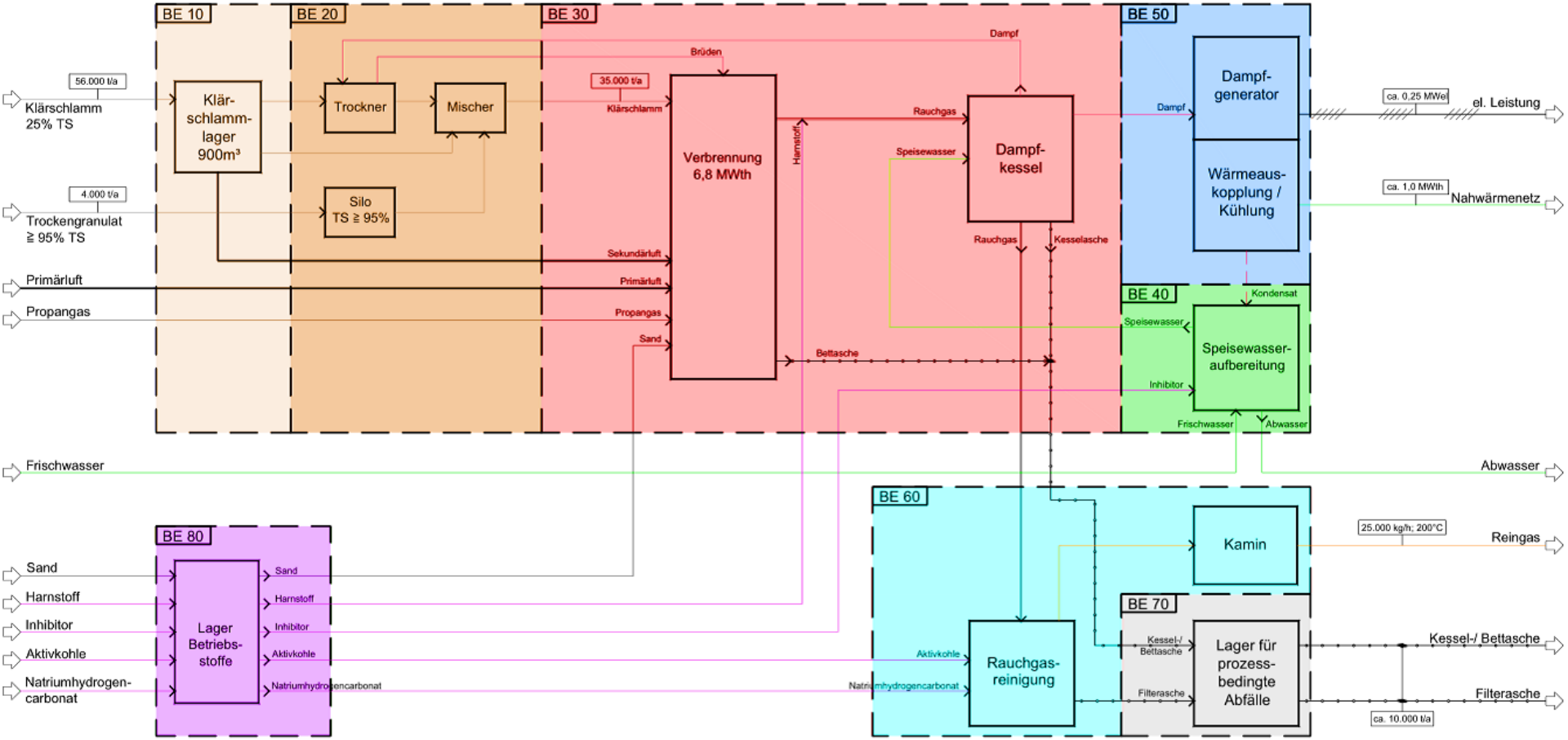
1. Anlieferung und Lagerung
2. Trocknung
3. Verbrennung
4. Rauchgasreinigung
5. Rückstandentsorgung/ Phosphorrückgewinnung



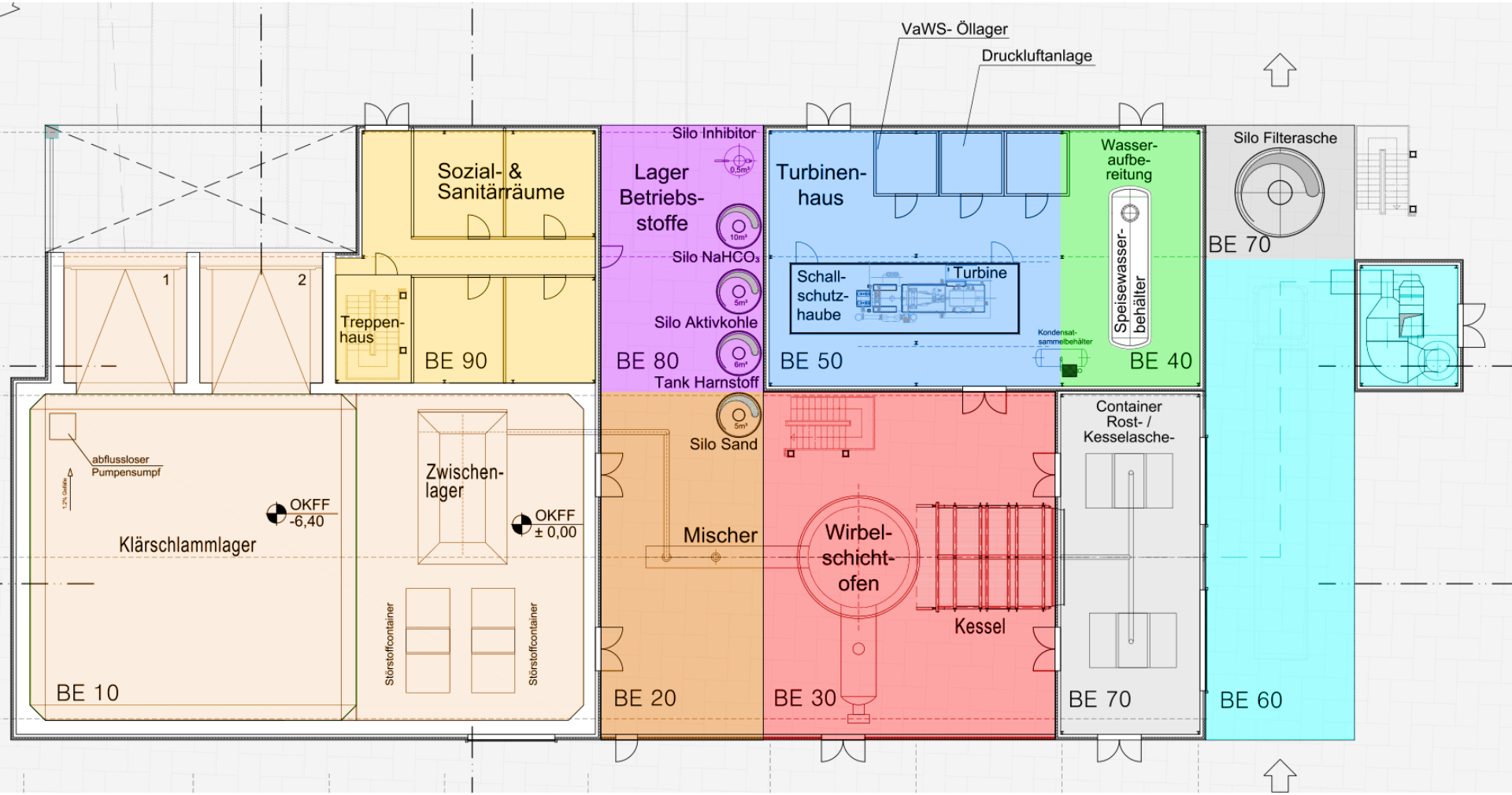
Eckpunkte

- Geplanter Bau 2017/2018 im Sondergebiet „Bioenergiepark“ Saerbeck
- Thermische Verwertung von ca. 60.000 t/a kommunalen Klärschlamm aus der Region Steinfurt
  - 56.000 t/a mit 20-35 % Trockensubstanz (mechanisch entwässert)
  - 4.000 t/a mit 80-95 % Trockensubstanz (vorgetrocknet)
- Verbrennung in stationärer Wirbelschicht (6,8 MW_{th} Feuerungswärmeleistung)
- Produktion von 6,4 t/h Dampf, Nutzung in Trocknung
- Verstromung von Restdampf in Dampfturbine (0,5 MW_{el})
- Trockene Rauchgasreinigung mit Natriumhydrogencarbonat und Aktivkohle

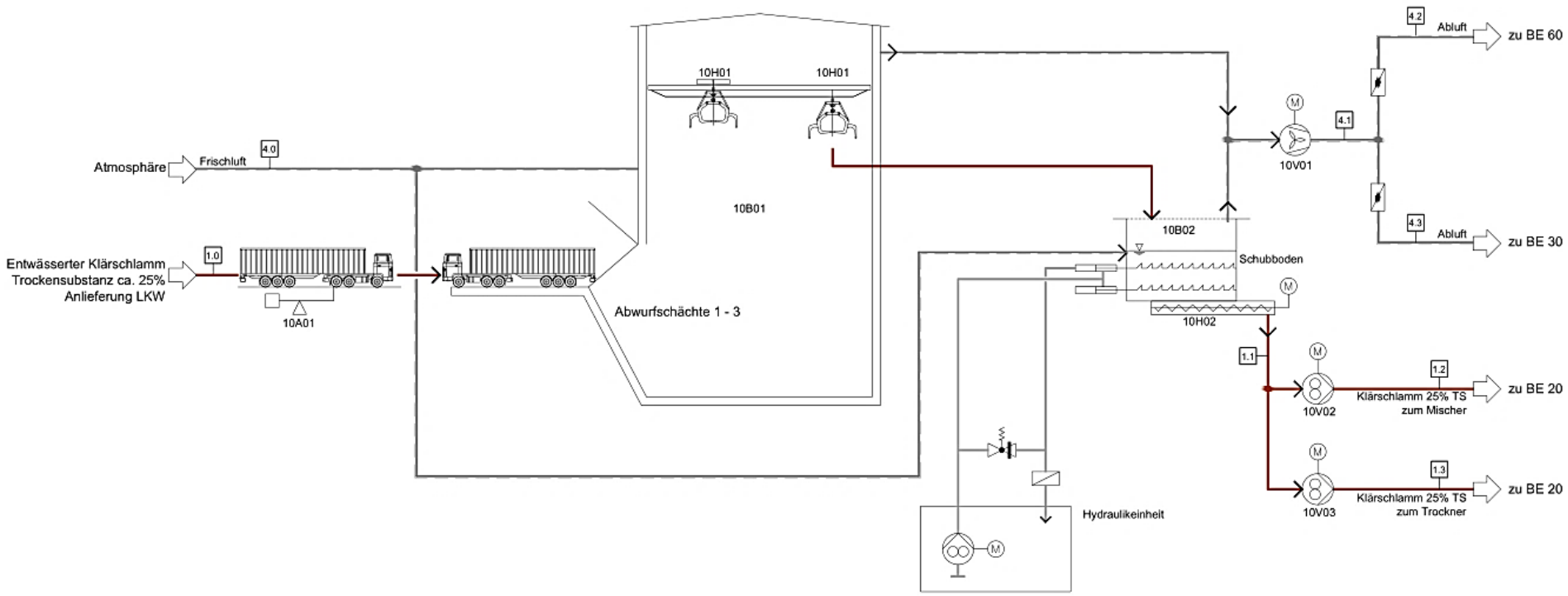
Anlagenschema



Maschinenaufstellungsplan



Anlieferung und Lagerung



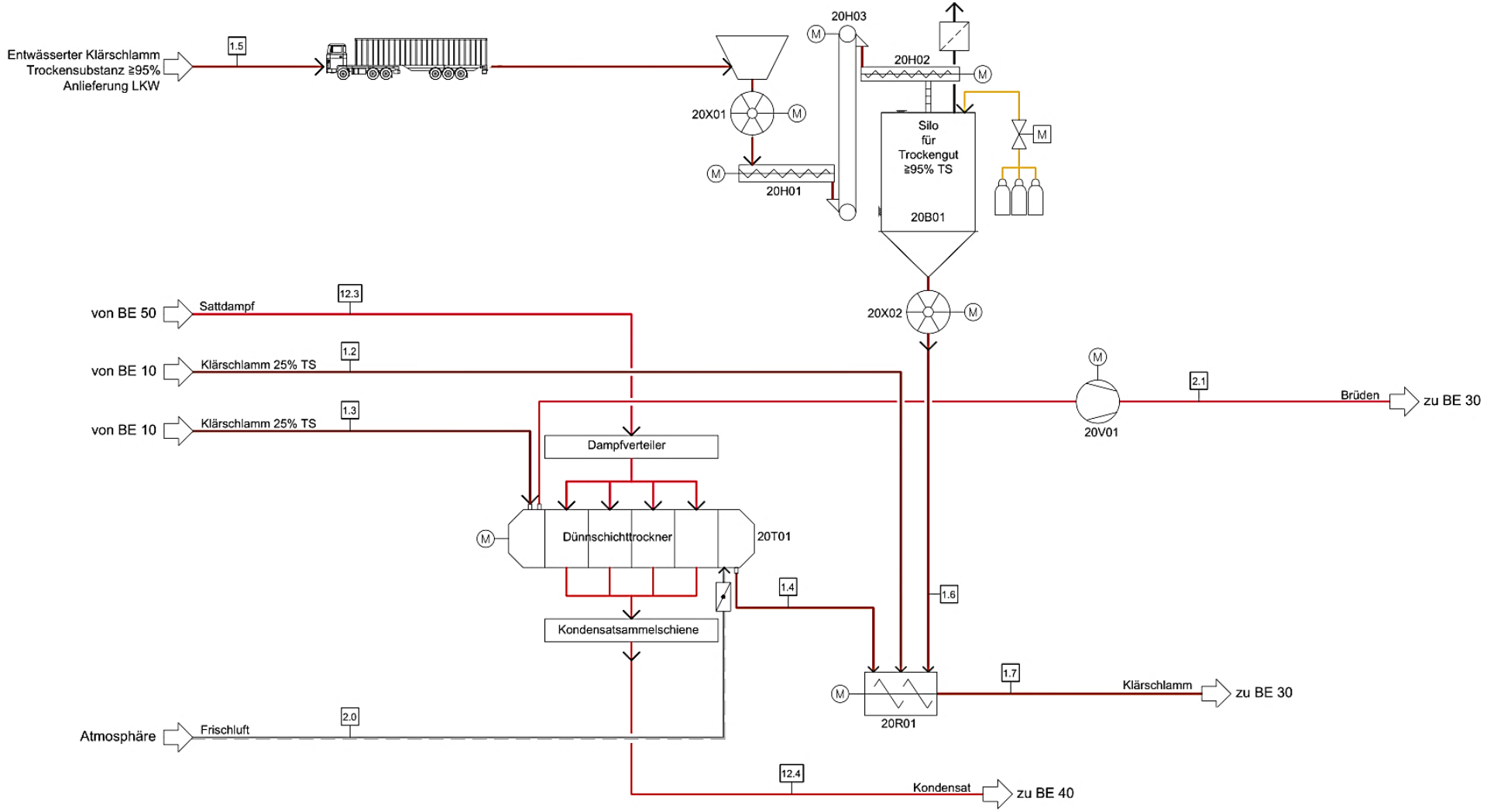
- Anlieferung in ca. 10 LKW pro Tag
- Absaugung der Bunkerabluft als Verbrennungsluft zur Minimierung von Geruchsemissionen

Auslegung auf Basis von Analytik: Brennstoffdaten

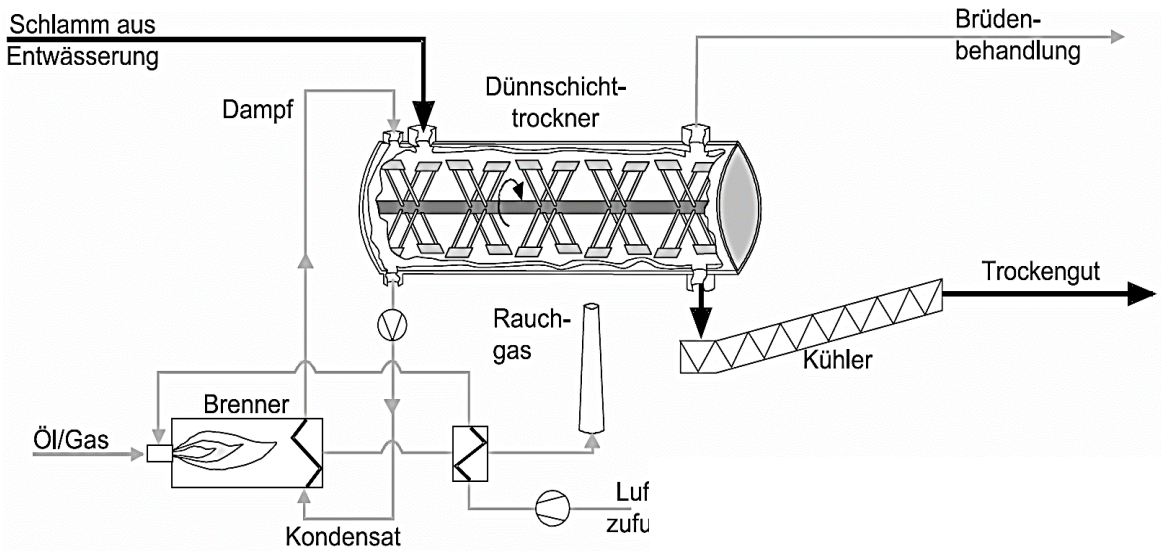
Parameter (bez. auf TS)	Einheit	Auslegung („zwingend einzuhalten“)	Wertebereich (Literatur)
Wasser (OS)	Gew.-%	< 75	65 – 75
Asche (OS)	Gew.-%	< 51	40 – 50
Heizwert	MJ/kg	9,5-12	8 – 11
Stickstoff	Gew.-%	nicht definiert	2 – 6
Schwefel	Gew.-%	< 1	0,5 – 1,5
Chlor	Gew.-%	< 0,28	0,05 – 0,5
Blei	mg/kg	< 80	70 – 100
Cadmium	mg/kg	< 1,9	1,5 – 4,5
Quecksilber	mg/kg	< 1,1	0,3 – 2,5
PCDD/F	ng/kg	< 17	35

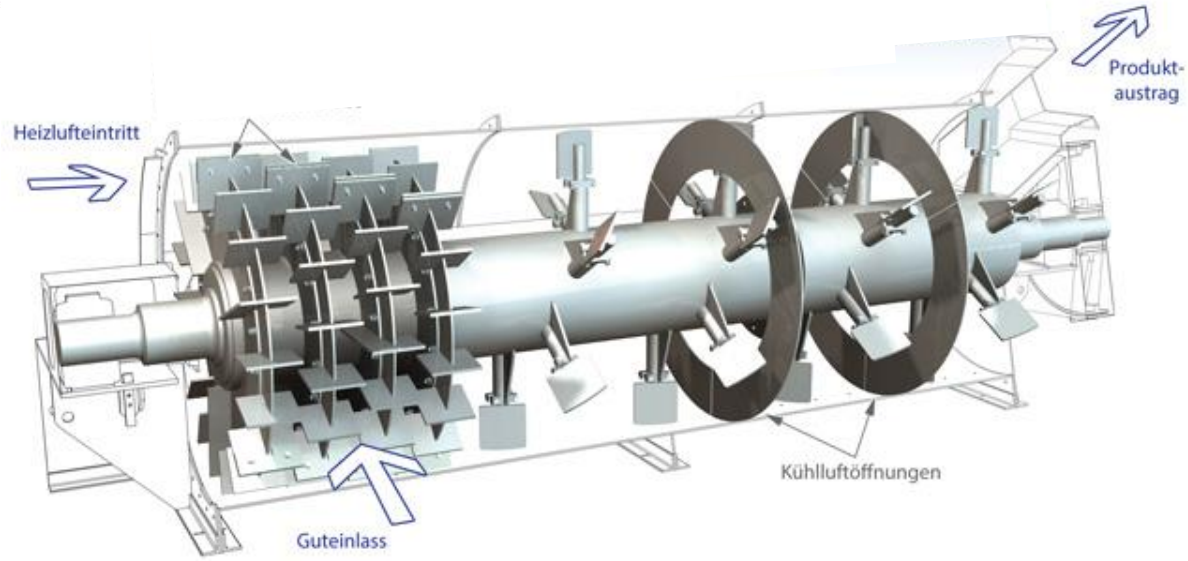
- Schlammqualitäten können stark variieren (insb. Schwefel)!
- Maximalwerte zum Teil niedrig angesetzt

Trocknung mittels Dünnschichttrockner



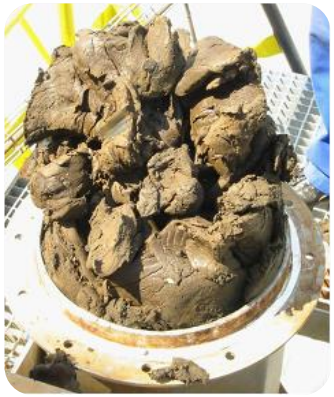
Trocknung mittels Dünnschichttrockner





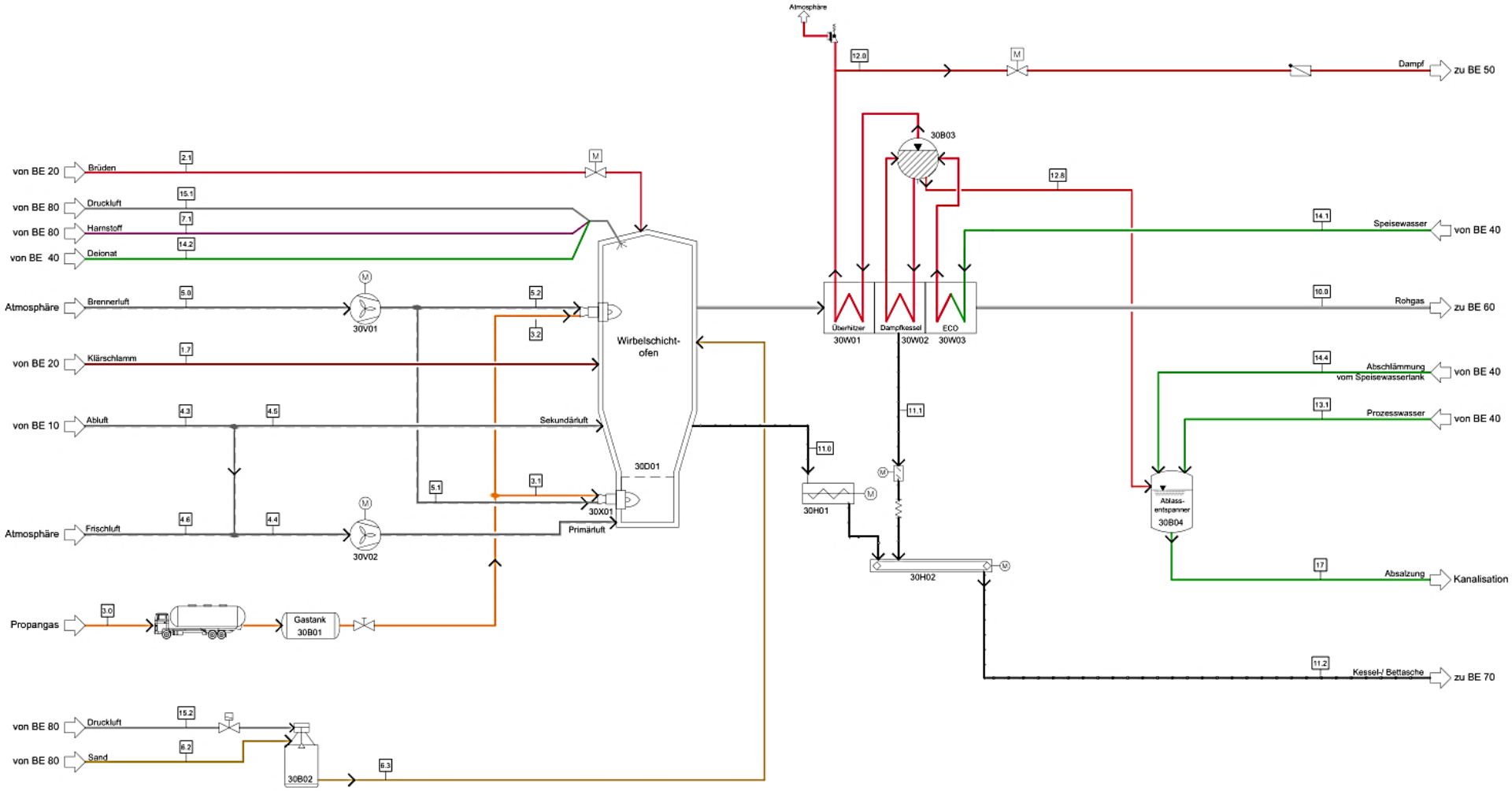
Quellen: ATV-DVWK M 379, GIG Karasek; http://www.atritor.com/de/products/ast-dryer

Trocknung – Anmerkungen



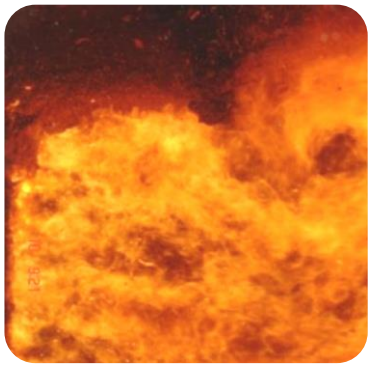
- Leimphase!
  Klärschlamm bei ca. 45-65 % TS extrem klebrig und hochviskos
  - Lösung in der Regel über Rückvermischung
  - Dünnschichttrockner werden teilweise mit zweiter, unempfindlicher Trocknungsstufe ausgerüstet (z. B. Band- oder Scheibentrockner)
- Konzept unklar/nicht vollständig nachvollziehbar
  - Dünnschichttrockner: Eingang: 25 % TS, Ausgang: 75 % TS
    Ausgelegt auf ca. 42.000 t/a mit 25 % TS (S. 12)
  - Im Mischer werden KS mit 25 % TS, 75 % TS und 95 % TS gemischt
  - Angaben über TS-Gehalt am Ofeneingang inkonsistent:
    30 % (S. 5), 25 % (S. 15)
    Gesamtschema zeigt 35.000 t/a am Ofeneingang (entspricht 50,8 % TS)
  - Eigenständige Verbrennung in WS ab min. 35-45 %

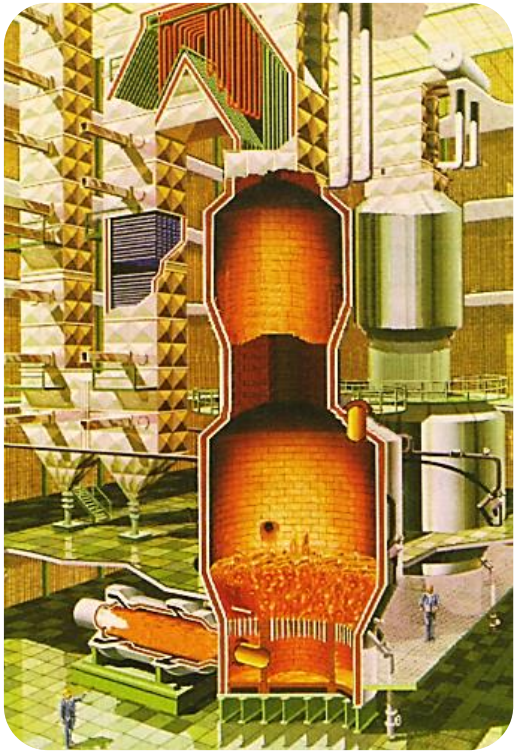
Verbrennung und Kesselkonzept – Schema



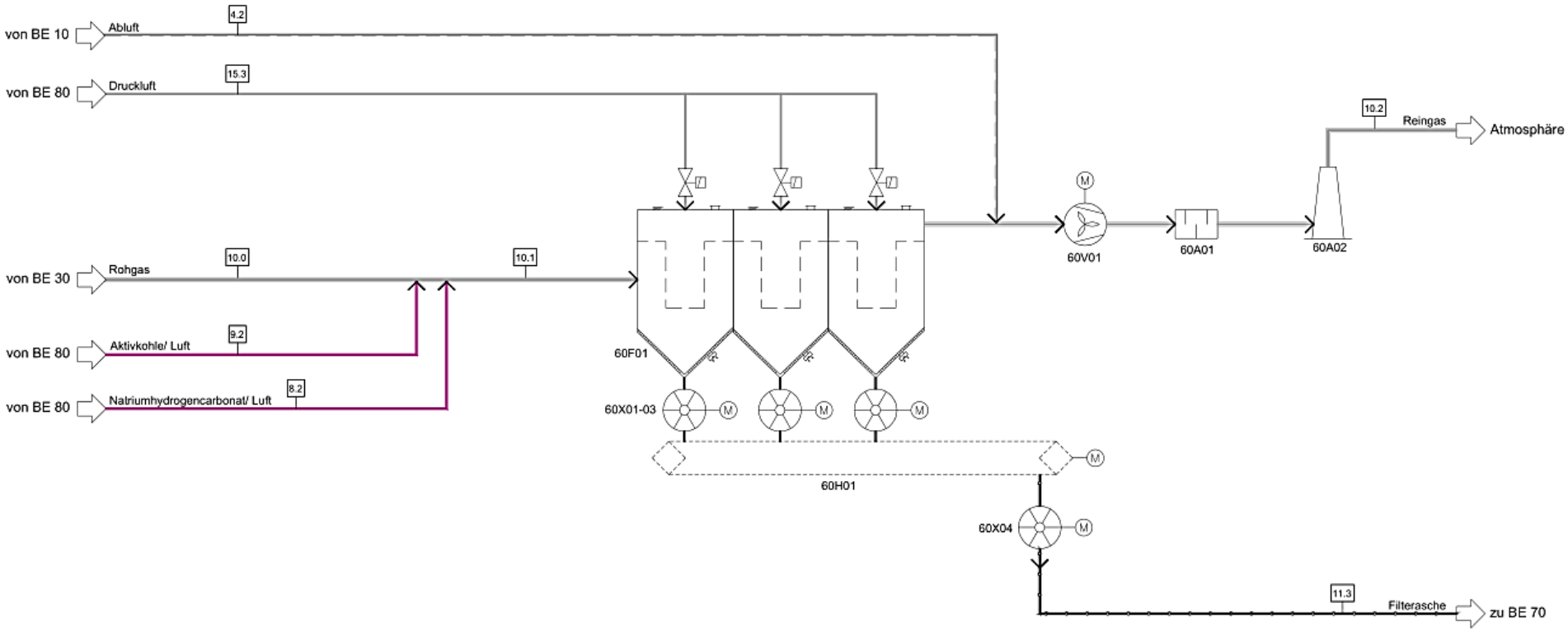
Verbrennung und Kesselkonzept

- Verbrennung in stationärer Wirbelschicht: Stand der Technik
- Nutzung der Wärme in nachgeschaltetem Naturumlauf-Kessel
- Zuführung Trockner-Brüden in Feuerung (Vermeidung von Abwasser)
- Möglichkeit der Zufeuerung mit Propan zum Anfahren und zur Sicherstellung der Mindestverbrennungstemperatur
- Abziehen der phosphorreichen Brennbett- und Kesselaschen möglich





Rauchgasreinigung – Schema



Rauchgasreinigung

- (Minderung von Stickoxiden im Feuerraum mittels SNCR-Technologie)
- Sauergas-, Schwermetall- und Organikabscheidung mittels Trockensorptionsverfahren mit Backpulver und Aktivkohle
  - Stand der Technik im Bereich Müllverbrennungsanlagen
  - Eindüsung von aufgemahlenem Natriumhydrogencarbonat und Aktivkohle direkt in die Rauchgasleitung (Kein Reaktor vorgesehen)
  - Abscheiden des Flugstaubes gemeinsam mit den Reaktionsprodukten im Gewebefilter
  - Filterstaub ist gefährlicher Abfall (UTV/Deponierung)
  - Vergleichsweise niedrige Investitionskosten und geringer anlagentechnischer Aufwand machen Trockensorptionsverfahren für kleine Anlagen attraktiv
  - Aber: hohe Betriebskosten

Rauchgasreinigung – Anmerkung: P-reicher Flugstaub

- Großanlagen/Wirbelschichtanlagen zur Klärschlammverbrennung nutzen fast immer einen Elektroabscheider/Zyklon direkt hinter Kessel, um die großen Staubfrachten (> 5-10 g/m³!) abzufangen
  - Wichtige Option zur Phosphorrückgewinnung
  - Verringerung der Entsorgungskosten für Filterstäube
  - In Saerbeck nicht vorgesehen! P-Konzentration Filterstäube?

Berlin	Feuerung und Kessel	Aktivkohle-zugabe	E-Filter	SO_2-Wäscher, Kalk	Kamin			
Bitterfeld Wolfen	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin	
Dordrecht	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	HOK-Fest-bettfilter	Gewebe-filter	Kamin	
Hamburg	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, Kalk	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin	
Kopenhagen	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	Zugabe von $Ca(OH)_2$+HOK	Gewebe-filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin	
Mainz (geplant)	Feuerung und Kessel	E-Filter	Zugabe von $Ca(OH)_2$+HOK	Gewebe-filter	Kamin			
Moerdijk	Feuerung und Kessel	E-Filter	SO_2-Wäscher, NaOH	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin		
Stuttgart, Linie 3	Feuerung und Kessel	E-Filter	Sprüh-trockner	HOK-Zugabe	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	Kamin
Wuppertal	Feuerung und Kessel	E-Filter	HCl-Wäscher	SO_2-Wäscher, NaOH	Adsorbens-zugabe	Gewebe-filter	Kamin	

Anmerkung: Optionen zur Phosphorrückgewinnung?

- Keine Abscheidung von P-reichem Flugstaub vor Rauchgasreinigung
  - Kabinettsbeschluss Novelle Abfall-Klärschlammverordnung im Januar 2017
  - Übergangsfrist bis 2029

(2) Der Betreiber einer Klärschlammverbrennungsanlage und der Betreiber einer Klärschlammmitverbrennungsanlage haben die Klärschlammverbrennungsasche und den kohlenstoffhaltigen Rückstand, die nach einer Vorbehandlung des Klärschlamms nach Absatz 1 Nummer 2 anfallen, unabhängig vom Phosphorgehalt des eingesetzten Klärschlamms

1. einer Phosphorrückgewinnung oder
2. einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Verbrennungsasche oder des kohlenstoffhaltigen Rückstands

nach Maßgabe des § 3b zuzuführen.

Anmerkung: Optionen zur Phosphorrückgewinnung?

§ 3b

Phosphorrückgewinnung aus Klärschlammverbrennungsasche oder aus kohlenstoffhaltigen Rückständen

(1) Zur Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und aus dem kohlenstoffhaltigen Rückstand nach § 3 Absatz 2 Satz 1 Nummer 1 ist ein Verfahren anzuwenden, durch das mindestens 80 Prozent des Phosphorgehalts der Verbrennungsasche oder des kohlenstoffhaltigen Rückstandes zurückgewonnen werden.

Hohe Anforderungen an Rückgewinnung

(3) Vor Durchführung einer der in § 3 Absatz 2 genannten Maßnahmen ist die Lagerung der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands in einem Langzeitlager nach § 23 Absatz 6 der Deponieverordnung zulässig, sofern

1. eine Vermischung mit anderen Abfällen, Stoffen oder Materialien und ein oberflächiger Abfluss der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands ausgeschlossen sind und
2. die Möglichkeit einer späteren Phosphorrückgewinnung aus der Klärschlammverbrennungsasche und dem kohlenstoffhaltigen Rückstand oder die Möglichkeit einer stofflichen Verwertung unter Nutzung des Phosphorgehalts der Klärschlammverbrennungsasche und des kohlenstoffhaltigen Rückstands gewährleistet bleibt.

Monodeponie ist vorzusehen! Konzept bis 2023!

Rauchgasreinigung – Anmerkung: Sauergasabscheidung

- Zur Sauergasabscheidung werden bei der KS-Verbrennung fast ausschließlich nasse Verfahren genutzt
  - Rohgaskonzentrationen von SO_2 > 1.000 – 2.000 mg/m³ und mehr nicht auszuschließen
    → Zu eng gefasste Auslegungsdaten?
  - Erhöhung der Sorbenszugabe verursacht hohe Betriebskosten
- Anlagen mit trockenen Verfahren eher selten (bisher nur mit $Ca(OH)_2$)
  - In Betrieb z. B.: Bonn (spezieller ZWS-Reaktor), Bad Vöslau und Großwilfersdorf. Dort gute Erfahrungen.
  - Altenstadt hatte trockene RGR; Nachrüstung Nasswäsche
  - Neubauten aktuell auf Rügen und in Mainz, Betrieb steht noch aus

Rauchgasreinigung – Anmerkung: Hg-Adsorption

- Die Abscheidung von Quecksilber ist maßgeblich von der Oxidationsstufe abhängig
  - Quecksilber kann metallisch Hg(0) und als Salz Hg(II) auftreten
  - Entscheidend für Erscheinungsverteilung ist die Rohgaszusammensetzung, insbesondere das Vorkommen von Chlor (Bindung zu $HgCl_2$)
    - Klärschlammverbrennung: geringe Chlorgehalte → hohe Anteil Hg(0) (Unterschied zwischen Müll- und Klärschlammverbrennung)
    - Hg(0) hat sehr schlechte Adsorptionseigenschaften
      - Evtl. Nutzung von speziellen, imprägnierten Kohlen (Schwefel) notwendig!
      - Bisher in Unterlagen nicht berücksichtigt
- Flugstrom-Adsorptionsverfahren haben geringe bis keine Pufferkapazität
  - Einige Anlagen nutzen Festbettfilter

Rauchgasreinigung – Emissionsmessung

- 17. BImSchV fordert (dis-)kontinuierliche Messung von Schadgasen, direkte Übermittlung an zuständige Behörde (Monitoring)
- Antragsunterlagen sehen vor:
  - Kontinuierliche Messung:
    - SO_2, HCl
    - NO_x
    - CO, Ges.-C
    - Staub
    - CO, O_2
    - Hg
    - Feuchte/Temperatur
  - Diskontinuierliche Messung:
    - Weitere Schwermetalle
    - PCDD/F (jährlich)

  - Ausnahmereglung nach BImSchV: Kein HF
  - Kein NH_3 (?), NH_3-Schlupf durch SNCR-Verfahren?

Zusammenfassung

- Monoverbrennung ist ein zukunftssicheres und umweltfreundliches Verfahren zur Klärschlammbehandlung
- Nach Stand der Technik werden geltende Emissionsgrenzwerte weit unterschritten
- Anlagenplanung Saerbeck entspricht in weiten Teilen der besten verfügbaren Technik (jahrzehntelange Erfahrung in MVA und KSV)
  - Dünnschichttrockner
  - Stationäre Wirbelschicht
  - Einsatz von SNCR, $NaHCO_3$, Aktivkohle und Gewebefilter zur Rauchgasreinigung
- Diskussionspunkte:
  - Leimphase bei Trocknung ausreichend berücksichtigt?
  - P-Rückgewinnungskonzepte? (Flugstaub, Langzeitlagerung) Zukunftssicherheit!
  - SO_2-Gasabscheidung mit trockenen $NaHCO_3$-Verfahren. Erfahrungen?
  - Hg-Abscheidung im Flugstrom. Pufferkapazität?
  - Erweiterung des Monitorings auf NH_3?

Herzlichen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fragen & Diskussion