

German Environment Agency

Umwelt   
Bundesamt

## 12. Österreichisches IEA-Wirbelschichttreffen

# Rolle der Wirbelschichttechnologie für die thermische Behandlung von Abfällen in Deutschland

Dr. -Ing. Ling He

Fachgebiet III 2.4 Abfalltechnik, Abfalltechniktransfer

Umweltbundesamt

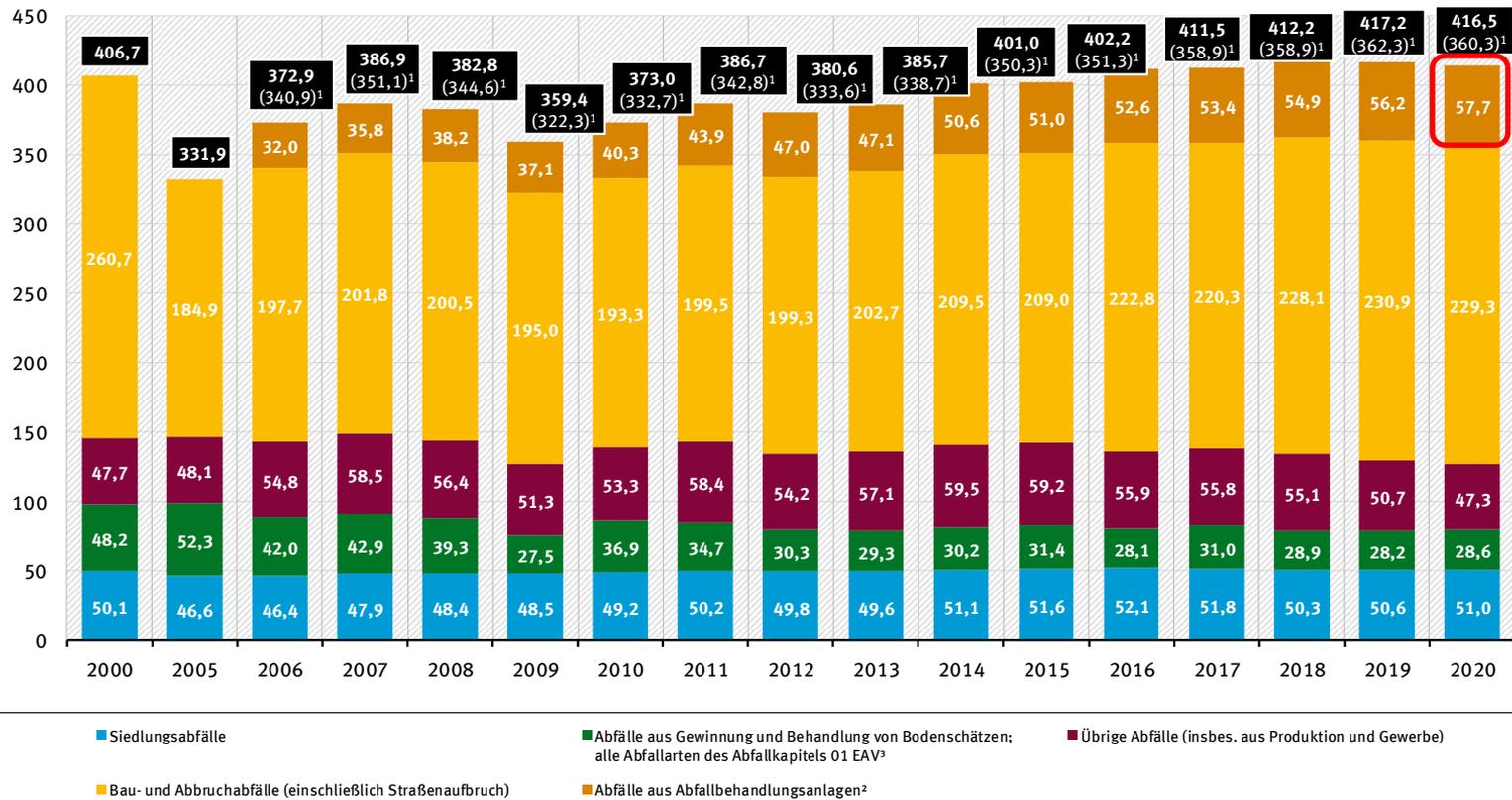
## Gliederung

1. Abfallaufkommen und -verwertungsquoten
2. Thermische Verwertung von Abfällen
3. Feuerungstechnologie
4. Behandlungskapazität der Wirbelschichtanlagen und Energiegewinnungspotenzial
5. Neue immissionsschutzrechtlichen Anforderungen
6. Klimarelevante Aspekte
7. Fazit

# Abfallaufkommen von 2000 bis 2020

## Abfallaufkommen (einschließlich gefährlicher Abfälle)

Millionen Tonnen



<sup>1</sup> Nettoabfallaufkommen, ohne Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen; 2006 erstmals als Bestandteil des Abfallaufkommens erhoben.

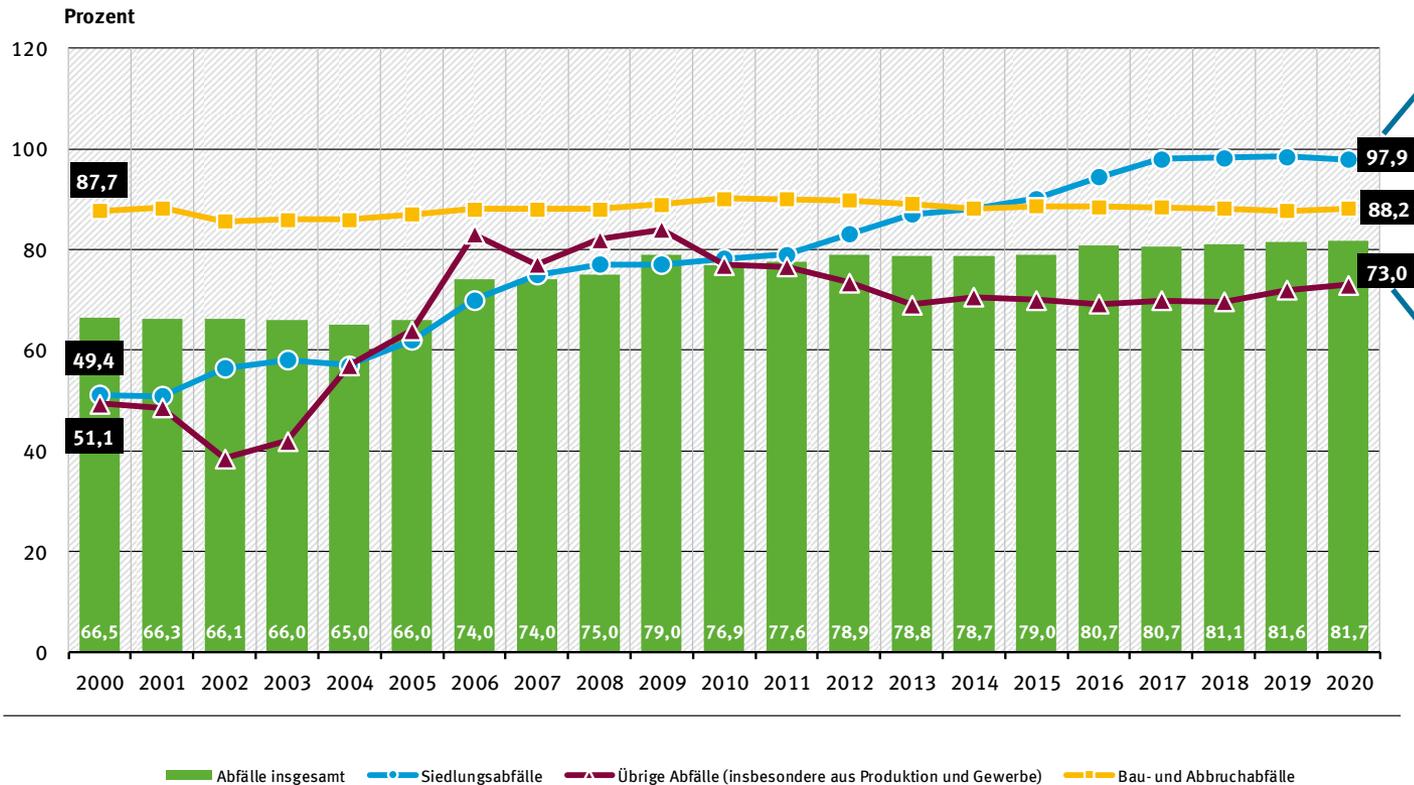
<sup>2</sup> Ohne Abfälle aus Abwasserbehandlungsanlagen (EAV 1908), Abfälle aus der Zubereitung von Wasser für den menschlichen Gebrauch oder industriellem Brauchwasser (EAV 1909), Abfälle aus der Sanierung von Böden und Grundwasser (EAV 1913) und Sekundärabfälle, die als Rohstoffe/Produkte aus dem Entorgungsprozess herausgehen.

<sup>3</sup> Abfälle aus Gewinnung und Behandlung von Bodenschätzen.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge

# Verwertungsquoten der wichtigen Abfallarten

Verwertungsquoten der wichtigsten Abfallarten



davon 30,4 %  
energetische  
Verwertung

davon 24,5 %  
energetische  
Verwertung

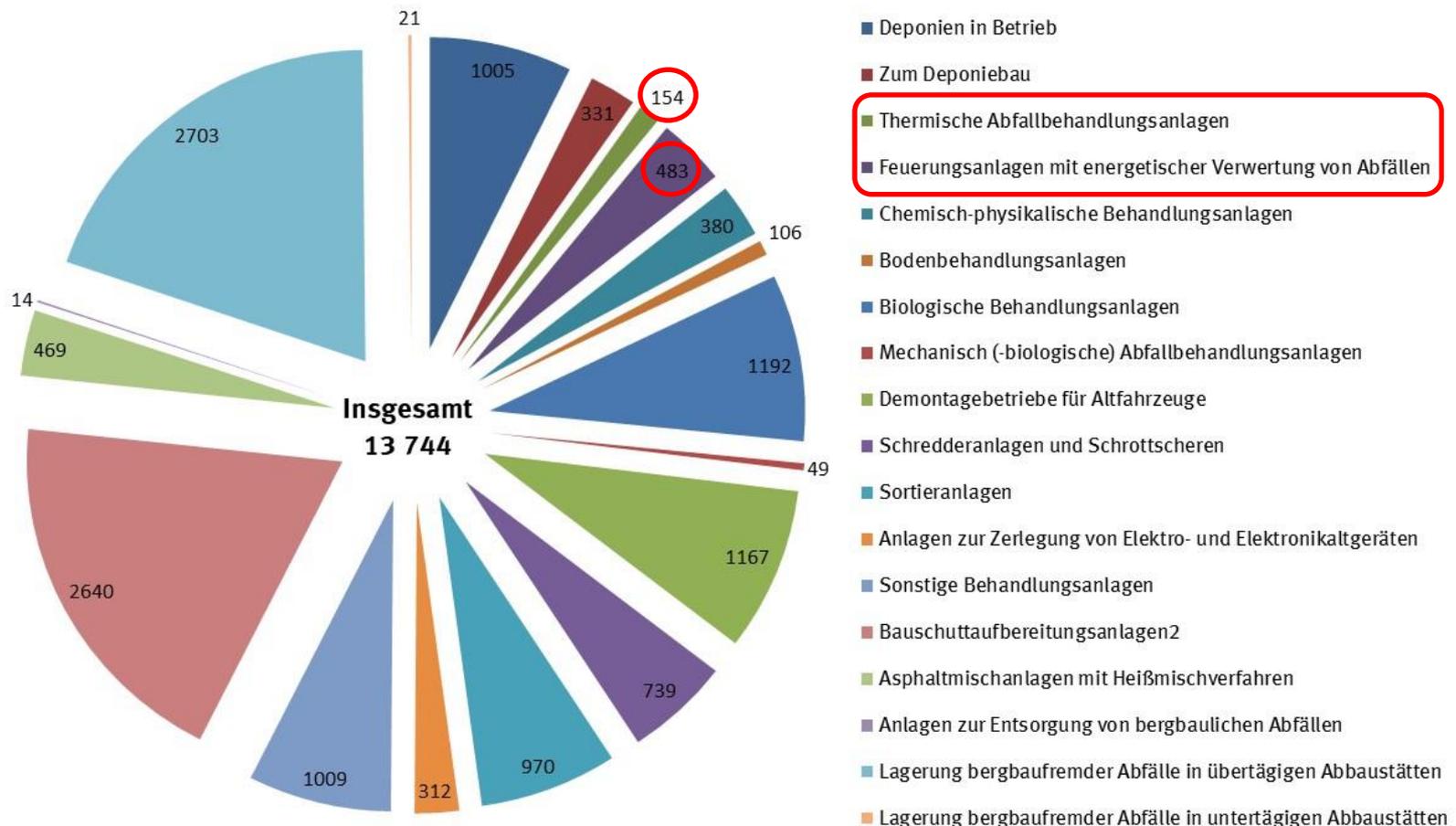
2000: Hamburg mit Daten von 1999  
 2002: Einführung des Europäischen Abfallverzeichnisses mit Verschiebungen zwischen nicht besonders überwachungsbedürftigen und besonders überwachungsbedürftigen Abfällen sowie innerhalb der Siedlungsabfälle.  
 2006: Umstellung der Berechnung der Abfallbilanz vom Nettoprinzip zum Bruttoprinzip.  
 Gefährliche Abfälle: Ab 2004 einschließlich Behandlung zur Verwertung.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Abfallbilanz, Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge; Umweltbundesamt, eigene Berechnungen

## 2. Thermische Verwertung von Abfällen

# Abfallbehandlungsanlagen

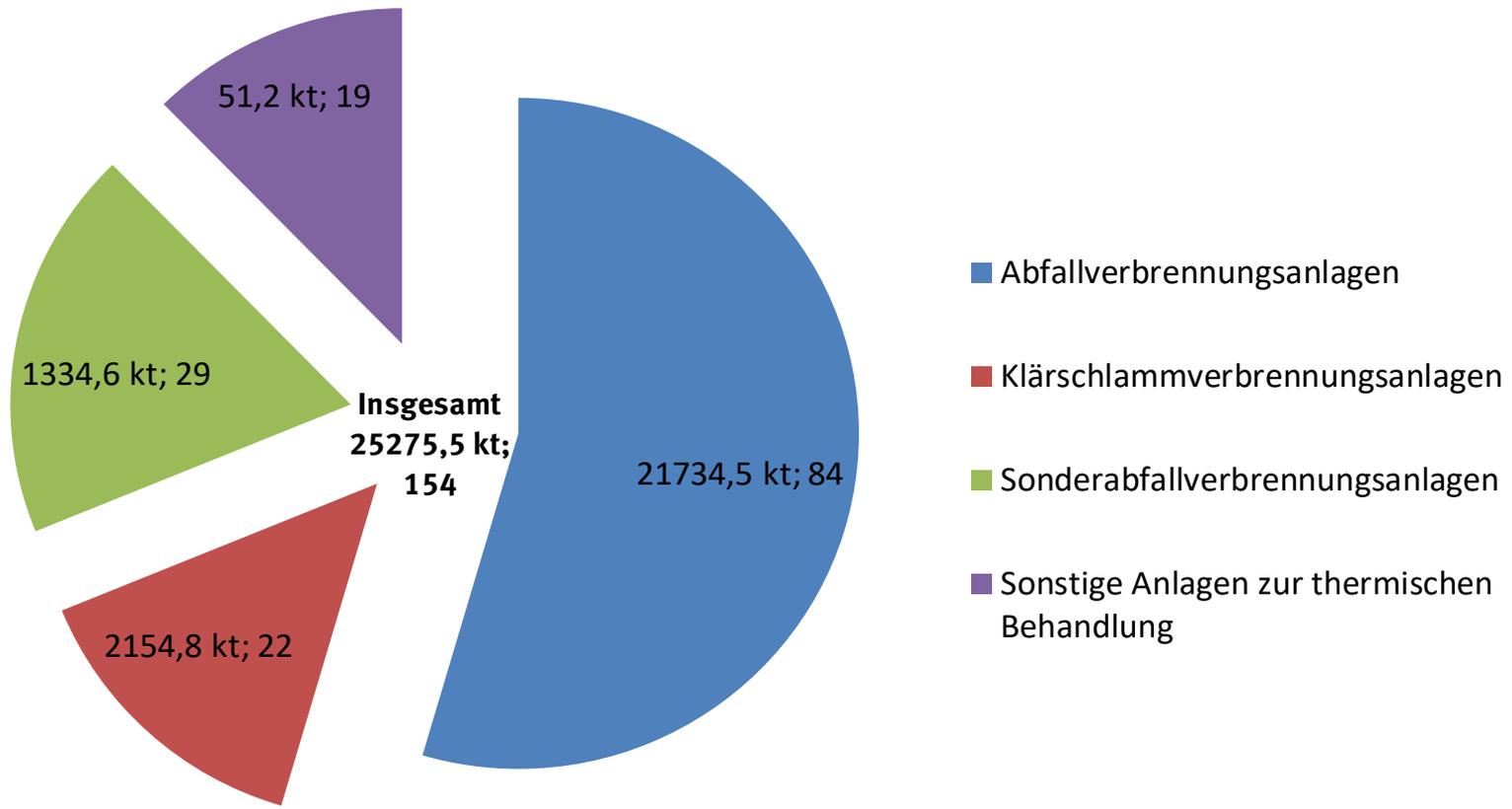
## Abfallentsorgungsanlagen 2020



Datenquelle: Statistisches Bundesamt

# Thermische Abfallbehandlungsanlagen

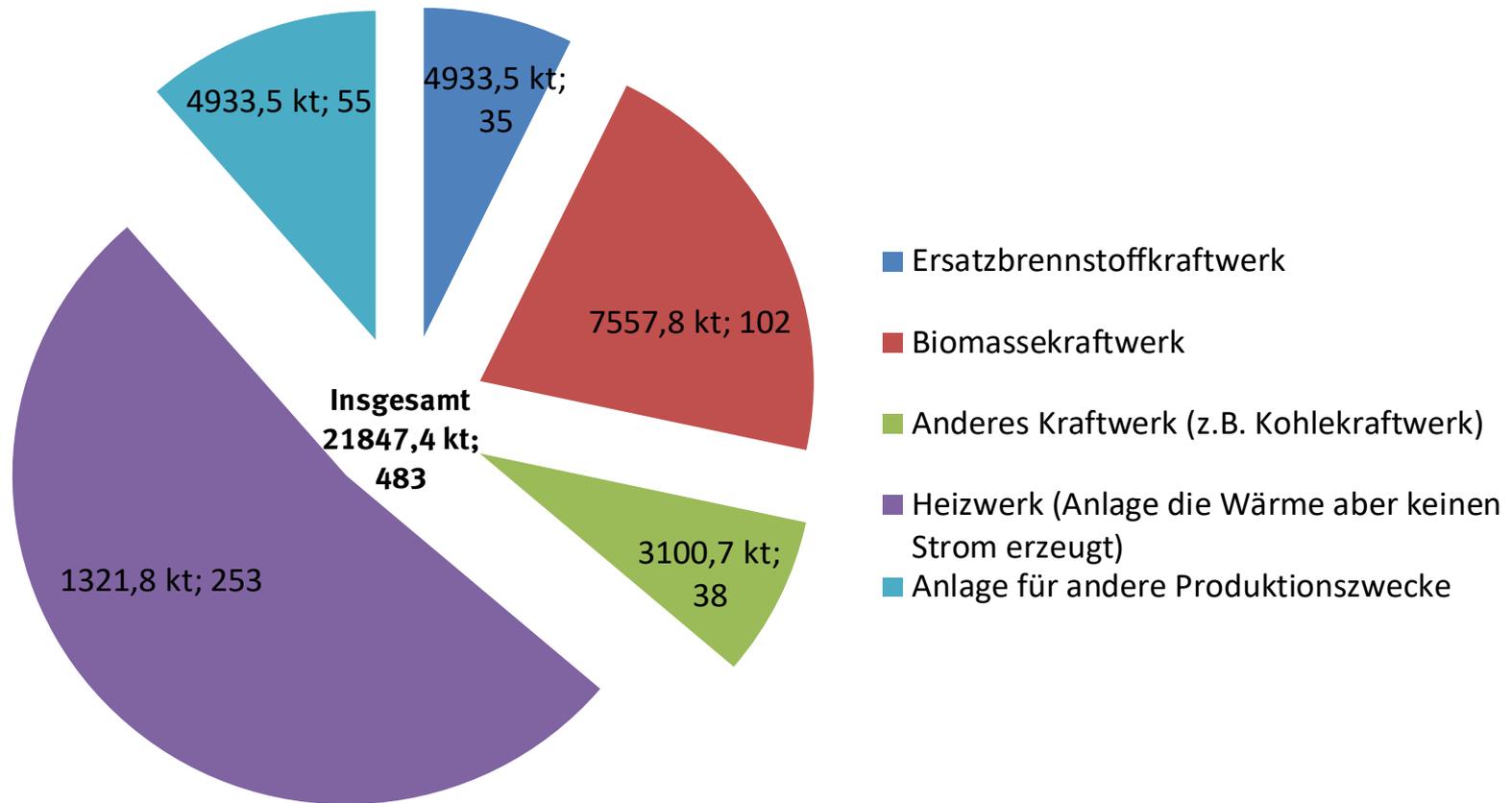
## Thermische Abfallbehandlungsanlagen 2020



Datenquelle: Statistisches Bundesamt

# Feuerungsanlagen mit energetischer Verwertung von Abfällen

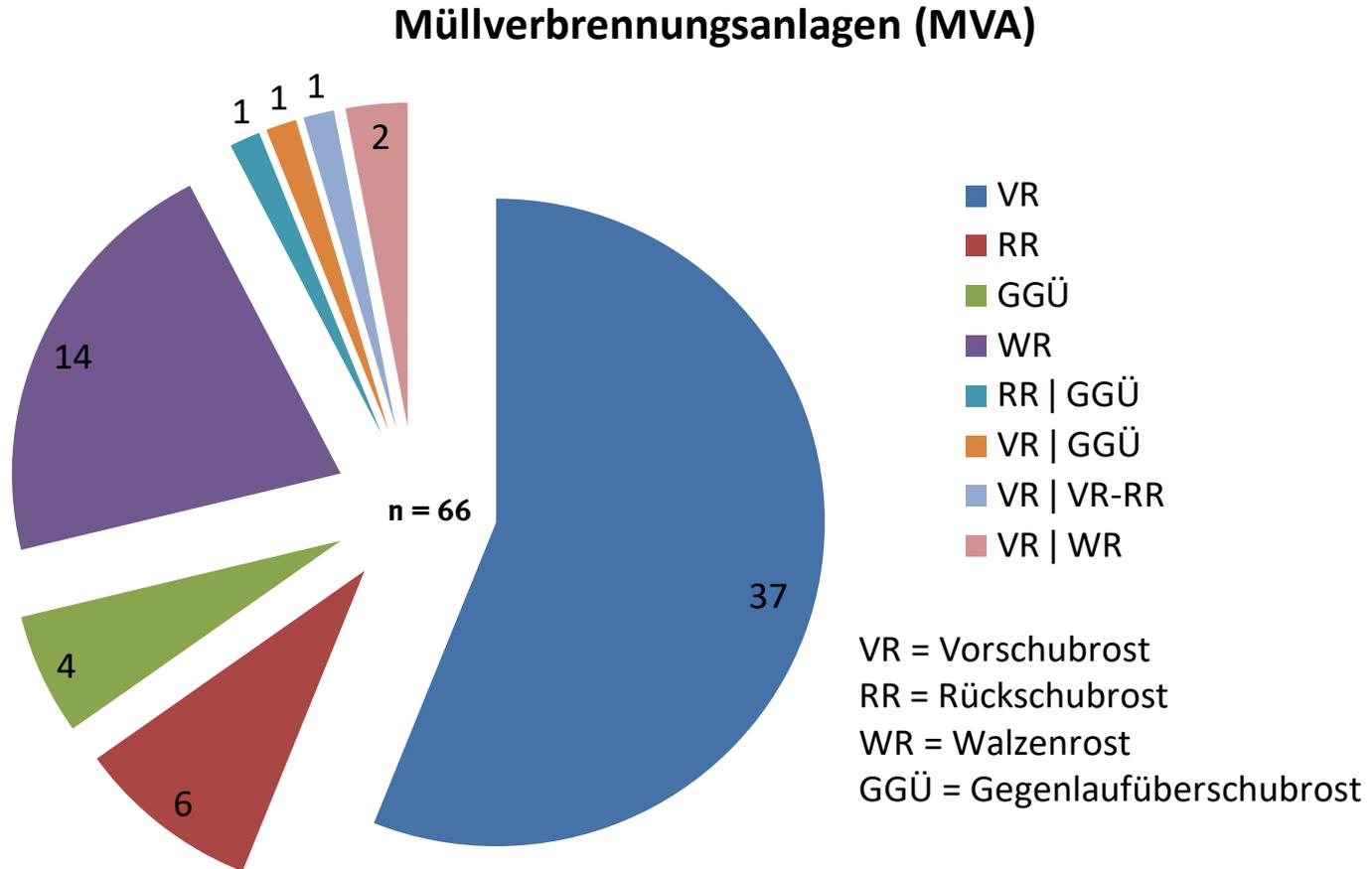
## Feuerungsanlagen mit energetischer Verwertung von Abfällen 2020



Datenquelle: Statistisches Bundesamt

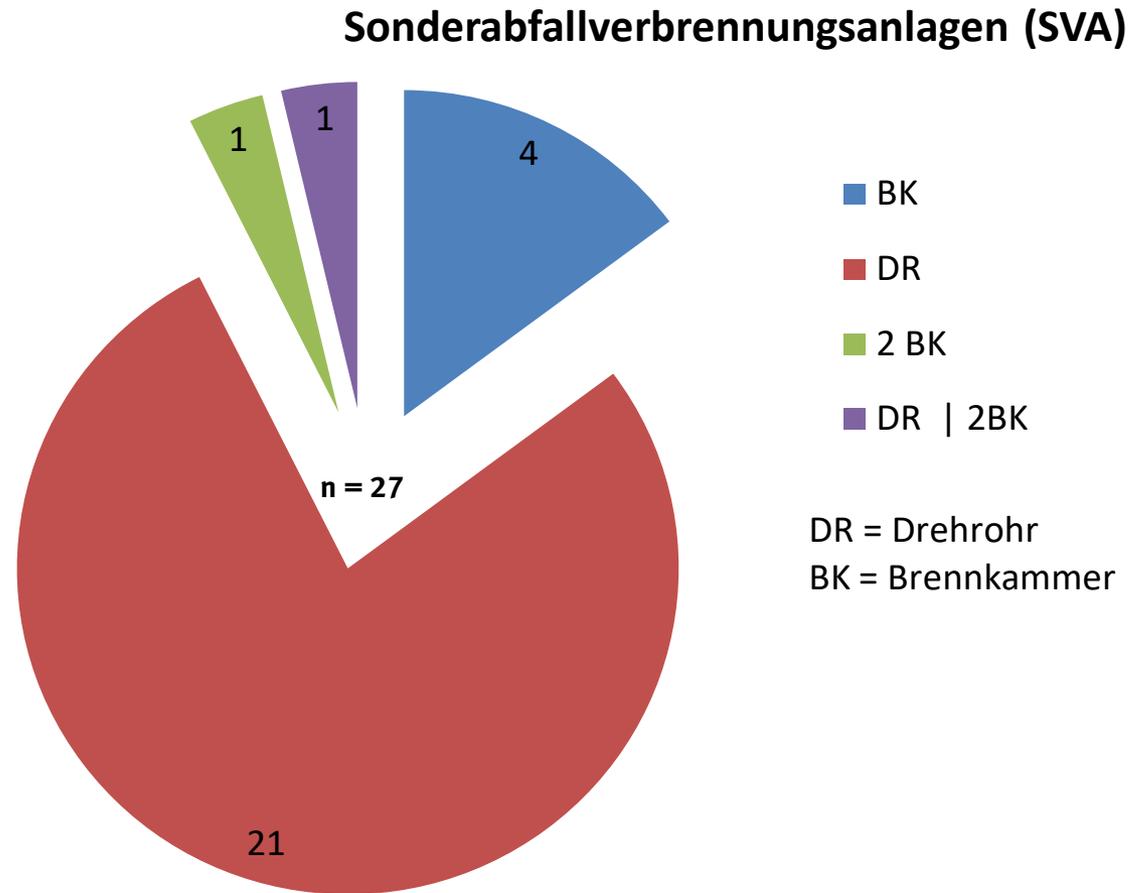
### 3. Feuerungstechnologie

# Feuerungsarten Müllverbrennungsanlagen



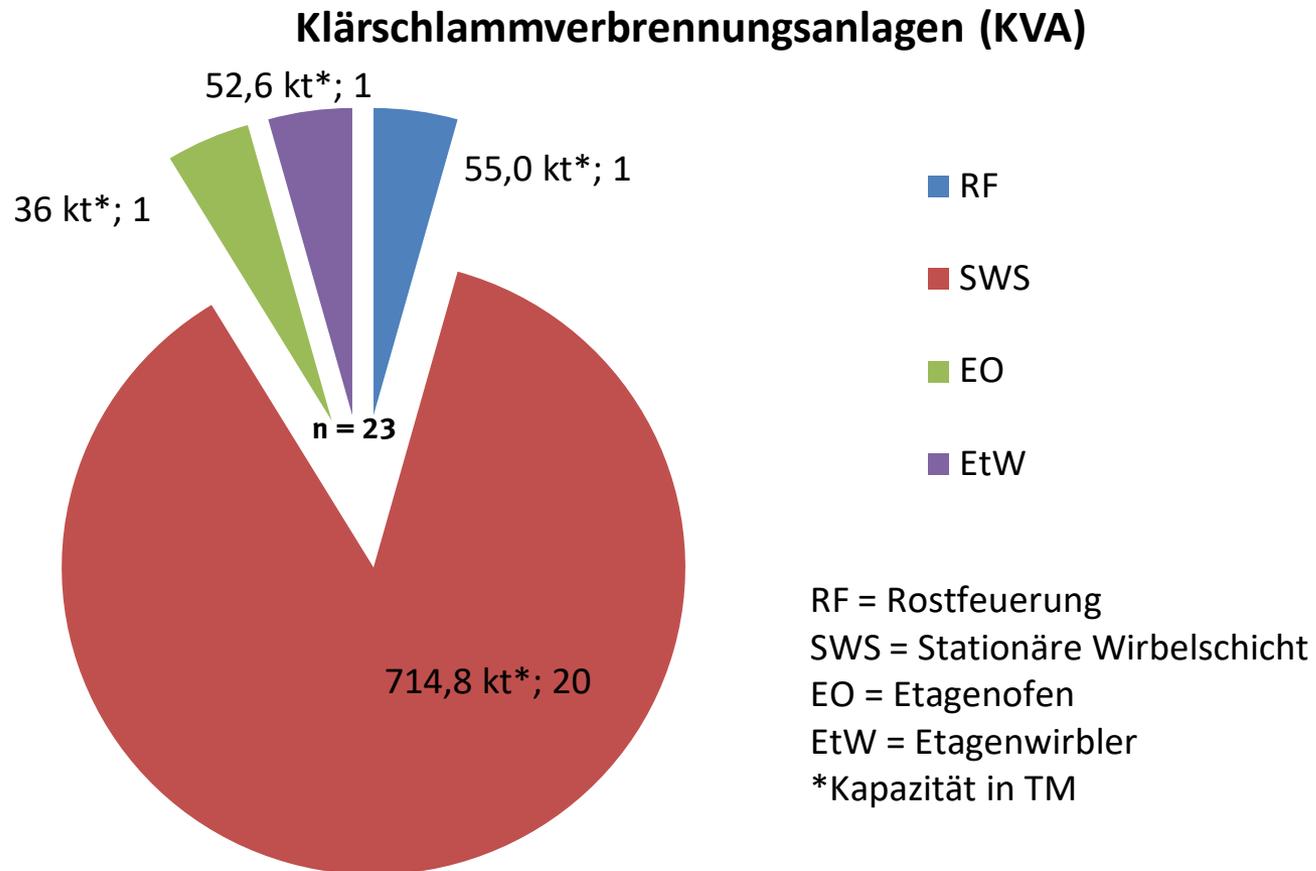
Datenquelle: Flamme et al. (2018): Energieerzeugung aus Abfällen - Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. . Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 51/2018. Dessau-Roßlau. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26\\_texte\\_51-2018\\_energieerzeugung-abfaelle.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf)

# Feuerungsarten Sonderabfallverbrennungsanlagen



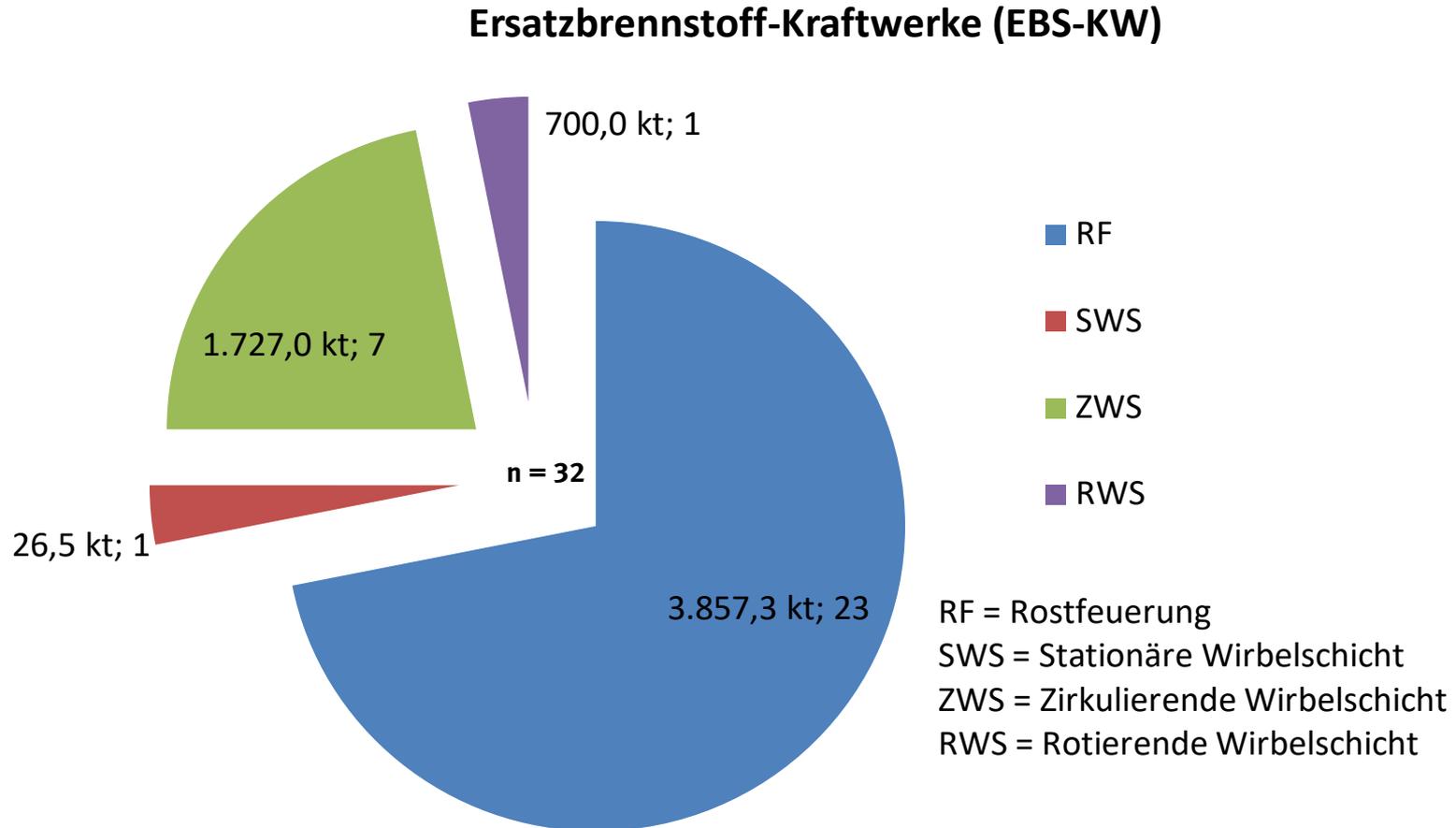
Datenquelle: : Flamme et al. (2018): Energieerzeugung aus Abfällen - Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. . Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 51/2018. Dessau-Roßlau. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26\\_texte\\_51-2018\\_energieerzeugung-abfaelle.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf)

# Feuerungsarten Klärschlammverbrennungsanlagen



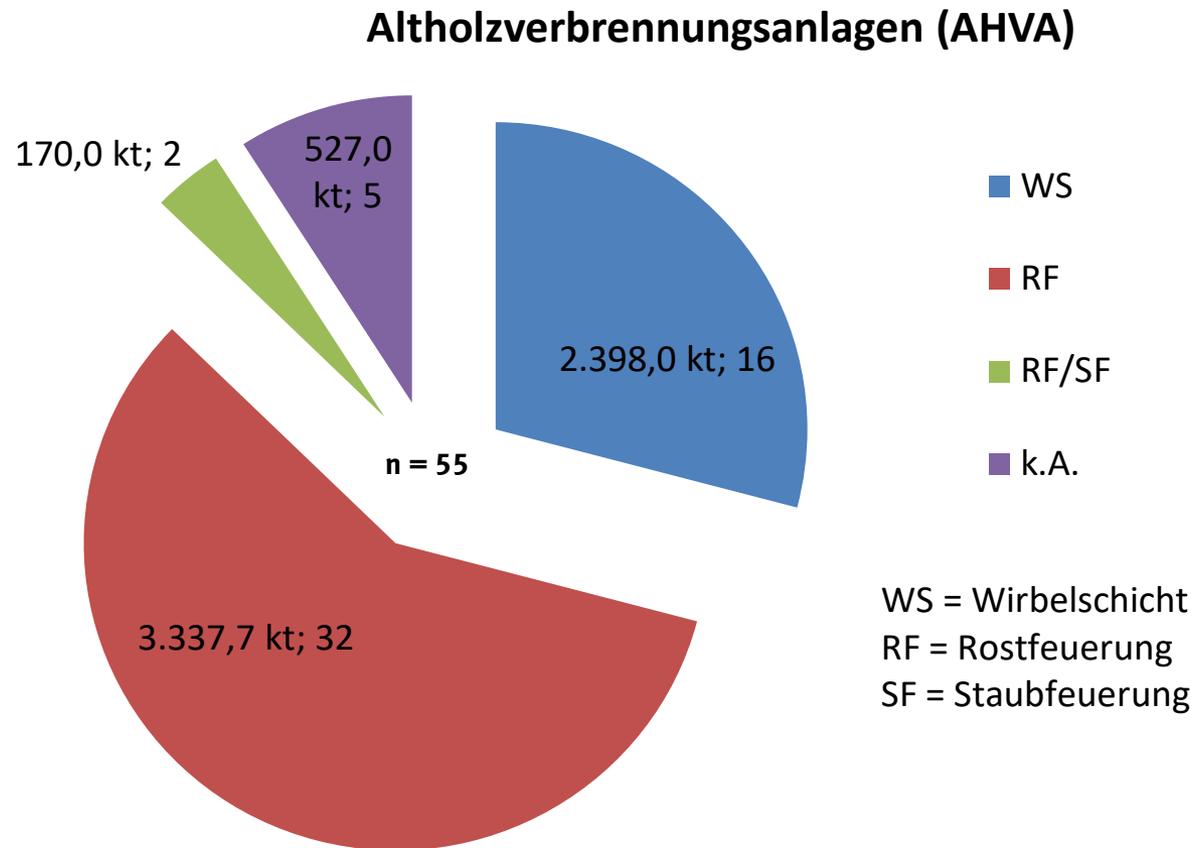
Datenquelle: : Flamme et al. (2018): Energieerzeugung aus Abfällen - Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. . Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 51/2018. Dessau-Roßlau. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26\\_texte\\_51-2018\\_energieerzeugung-abfaelle.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf)

# Feuerungsarten Ersatzbrennstoff-Kraftwerke (EBS-KW)



Datenquelle: : Flamme et al. (2018): Energieerzeugung aus Abfällen - Stand und Potenziale in Deutschland bis 2030. . Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 51/2018. Dessau-Roßlau. Download unter: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26\\_texte\\_51-2018\\_energieerzeugung-abfaelle.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-06-26_texte_51-2018_energieerzeugung-abfaelle.pdf)

## Feuerungsarten Altholzverbrennungsanlagen (AHVA)



## 4. Behandlungskapazität der Wirbelschichtanlagen und Energiegewinnungspotenzial

## Behandlungskapazität mit der Wirbelschicht

### ➤ **Verbrennung**

- Einsatzstoffe: Klärschlamm, Altholz und Ersatzbrennstoff
- Aktuelle Kapazität

	KVA	EBS-KW	AHVA
Kapazität [Mg/a]	≈ 714.785 (TM)	≈ 2.453.500	≈ 2.398.000
	≈ 5.566.285		
ca. 15 % der gesamten Behandlungskapazität in den MVA, SVA, KVA, EBS-KW und AHVA			

- Neubau KVA: Planung, Genehmigung, im Bau...
- **Klärschlammvergasung**
  - drei Anlagen mit einer gesamten Kapazität von 12.400 Mg/a (TM)
- **Klärschlamm-trocknung**
  - eine Anlage mit einer Kapazität von 16.000 Mg/a (TM)

## Energiegewinnung aus der Wirbelschichtverbrennung

- **KVA:** kein nennenswerter Energieexport; mögliche Energieeinsparung bei der Trocknung von Klärschlamm mithilfe von ungenutzter Niedertemperaturwärme (z.B. aus MVA) oder Solarwärme
- **EBS-KW:** KWK-Anlagen; liefern Strom, Wärme oder Prozessdampf
- **AHVA:** die meisten Anlagen liefern sowohl Strom als auch Wärme; 4 Anlagen liefern nur Strom; aufgrund der auslaufenden EEG-Vergütungen ist ein Rückgang der Verwertungskapazitäten möglich, zugleich könnte das verfügbare Potenzial der Energiegewinnung durch neue Geschäftsmodelle erschöpft werden

## 5. Neue immissionsschutzrechtlichen Anforderungen

# BVT-Merkblatt und BVT Schlussfolgerungen zur Abfallverbrennung



3.12.2019

DE

Amtsblatt der Europäischen Union

L 312/55

## DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS (EU) 2019/2010 DER KOMMISSION vom 12. November 2019

über Schlussfolgerungen zu den besten verfügbaren Techniken (BVT) gemäß der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf die Abfallverbrennung

(Bekannt gegeben unter Aktenzeichen C(2019) 7987)

(Text von Bedeutung für den EWR)

DIE EUROPÄISCHE KOMMISSION —

gestützt auf den Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union,

gestützt auf die Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industriemissionen (integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (<sup>1</sup>), insbesondere auf Artikel 13 Absatz 5,

in Erwägung nachstehender Gründe:

- (1) BVT-Schlussfolgerungen dienen als Referenzdokumente für die Festlegung der Genehmigungsaufgaben für unter Kapitel II der Richtlinie 2010/75/EU fallende Anlagen, und die zuständigen Behörden sollten Emissionsgrenzwerte festsetzen, die gewährleisten, dass die Emissionen unter normalen Betriebsbedingungen nicht über den mit den besten verfügbaren Techniken assoziierten Emissionswerten gemäß den BVT-Schlussfolgerungen liegen.
- (2) Mit dem Beschluss der Kommission vom 16. Mai 2011 (<sup>2</sup>) wurde ein Forum eingesetzt, dem Vertreter der Mitgliedstaaten, der betreffenden Industriezweige und der Nichtregierungsorganisationen, die sich für den Umweltschutz einsetzen, angehören; dieses Forum legte der Kommission am 27. Februar 2019 eine Stellungnahme zu dem vorgeschlagenen Inhalt des BVT-Merkblatts für die Abfallverbrennung vor. Diese Stellungnahme ist öffentlich zugänglich.
- (3) Die im Anhang dieses Beschlusses enthaltenen BVT-Schlussfolgerungen sind der wichtigste Bestandteil dieses BVT-Merkblatts.
- (4) Die in diesem Beschluss vorgesehenen Maßnahmen entsprechen der Stellungnahme des mit Artikel 75 Absatz 1 der Richtlinie 2010/75/EU eingesetzten Ausschusses —

HAT FOLGENDEN BESCHLUSS ERLASSEN:

### Artikel 1

Die Schlussfolgerungen zu besten verfügbaren Techniken (BVT) für die Abfallverbrennung, wie im Anhang dargelegt, werden angenommen.

### Artikel 2

Dieser Beschluss ist an die Mitgliedstaaten gerichtet.

Brüssel, den 12. November 2019

Für die Kommission  
Karmenu VELLA  
Mitglied der Kommission

# Emissionswerte

Parameter	Grenzwert 17. BImSchV	BAT-AEL für Neuanlagen	BAT-AEL für Bestandsanlagen	Einheit	Wert
Staub	5	<2-5 <sup>1</sup>		mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
TOC	10	<3-10		mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
HCl	10	<2-6	<2-8	mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
HF	1	<1	<1	mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
SO <sub>2</sub>	50	5-30	5-40	mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
NO <sub>x</sub>	150	50-120	50-150 <sup>2</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
NH <sub>3</sub>	10	2-10	2-10 <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
Hg	30	<5-20	<5-20	µg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
CO	50	10-50		mg/Nm <sup>3</sup>	Tagesmittelwert
PCCD/F		<0,01-0,04	<0,01-0,06	ng I-TEQ/Nm <sup>3</sup>	über den Probenahmezeitraum
PCCD/F + dIPCB	0,1	<0,01-0,06	<0,01-0,08	ng WHO-TEQ/Nm <sup>3</sup>	über den Probenahmezeitraum
Cd+Tl	0,05	0,005 - 0,02		mg/Nm <sup>3</sup>	über den Probenahmezeitraum
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu +Mn+Ni+V	0,5	0,01-0,3		mg/Nm <sup>3</sup>	über den Probenahmezeitraum

1. Bei bestehenden Anlagen, die der Verbrennung gefährlicher Abfälle dienen und für die kein Gewebefilter anwendbar ist, beträgt das obere Ende der Bandbreite 7 mg/Nm<sup>3</sup>.
2. **Das obere Ende der Bandbreite beträgt 180 mg/Nm<sup>3</sup>, sofern SCR nicht anwendbar ist.**
3. Bei bestehenden Abgasreinigungsanlagen, die mit SNCR ohne Nassreinigungstechnik ausgestattet sind, beträgt das obere Ende der Bandbreite 15 mg/Nm<sup>3</sup>.

## Neue Überwachungsparameter

- Gemäß BVT 4 der BVT Schlussfolgerungen zur Abfallverbrennung

Stoff/ Parameter	Prozess	Norm(en) <sup>(1)</sup>	Mindesthäufigkeit der Überwachung <sup>(2)</sup>
N <sub>2</sub> O	- <b>Abfallverbrennung im Wirbelschichtofen</b> - Abfallverbrennung bei Verwendung einer SNCR mit Harnstoff	EN 21258 <sup>(3)</sup>	Einmal jährlich
PBDD/F	Abfallverbrennung <sup>(4)</sup>	Keine EN-Norm verfügbar	Einmal alle sechs Monate

1. Allgemeine EN-Normen für kontinuierliche Messungen sind die EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 und EN 14181. EN-Normen für periodische Messungen werden in der Tabelle oder den Fußnoten angegeben.
2. Bei periodischer Überwachung gilt die Überwachungshäufigkeit nicht in Fällen, in denen der Anlagenbetrieb dem alleinigen Zweck der Durchführung einer Emissionsmessung dienen würde.
3. **Wird eine kontinuierliche Überwachung von N<sub>2</sub>O durchgeführt, gelten die allgemeinen EN-Normen für kontinuierliche Messungen.**
4. **Die Überwachung gilt nur für die Verbrennung von Abfällen, die bromierte Flammschutzmittel enthalten, oder für Anlagen, die BVT 31 d mit kontinuierlicher Zugabe von Brom verwenden.**

Sachverständigengutachten (in der Ausschreibung)  
 „Sammlung und Auswertung der Messverfahren zur Bestimmung von Polybromierten Dibenzodioxinen und -furanen (PBDD/F) in Abgasproben von Industrieanlagen“

## 6. Klimarelevante Aspekte

## Sektorenkopplung

### UFOPlan 2019 „Nutzungsmöglichkeiten und Potentiale bei Abfallbehandlungsanlagen zur Sektorenkopplung“

- Laufzeit 2019 – 2023 (Abschlusssitzung für Januar 2023 geplant)
- Ziel: Nutzungsmöglichkeiten und Potenziale zur Sektorenkopplung bei Abfallbehandlungsanlagen, die neben der Behandlung von Abfällen auch Energie gewinnen, aus technischer, ökologischer und ökonomischer Sicht untersuchen und bewerten
- Teilergebnisse:
  - “Energy Efficiency First”
  - Power to CH<sub>4</sub>/Methanol aktuell oder in den betrachteten zukünftigen Szenarien nicht wirtschaftlich und führt nicht zur THG-Minderung
  - strompreisgeführter Elektrolyseurbetrieb wirtschaftlich und führt zur THG-Minderung
  - (BE)CCS

# Emissionsfaktoren

ReFoPlan 2021

## „Innovative Techniken: TV 1 - Stand der Emissionsminderungstechnik bei Abfallbehandlungsanlagen unter besonderer Berücksichtigung klimarelevanter Abgasparameter“

- Laufzeit 2021 – 2024
- Arbeitspakete, u.a.
  - Messungen von CO<sub>2</sub>-, CH<sub>4</sub>-, **N<sub>2</sub>O-** und **PBDD/F**-Emissionen im Abgas aus MVA, EBS-KW, SVA, KVA und AHVA und Ableitung der Emissionsfaktoren
  - Messungen von biogenen Anteilen der Abfälle

## Lachgasemissionen aus Abfallverbrennungsanlagen

Parameter	Einheit	KVA 1	KVA 3	AVA
Feuerungsart	-	Wirbelschicht	Wirbelschicht	Wirbelschicht
Messstelle Temperatur	-	Ofenkopf	Ofenkopf	Ofenbett
Verbrennungstemperatur	° C	ca. 877	ca. 860	891 - 923
N <sub>2</sub> O-Konzentration	mg/m <sup>3</sup>	60 - 190	86 - 290	20 - 50
Abgasgeschwindigkeit	m/s	12,0	14,7	16,8
Abgasvolumenstrom	Nm <sup>3</sup> /h	25.000	14.500	91.600
Brennstoff		<b>Klärschlamm (TS)</b>		<b>Altholz</b>
Brennstoffverbrauch	t/h	3,16	2,85	18,0 – 20,0
N <sub>2</sub> O-Fracht				
- je Betriebsstunde	kg/h	1,5 – 4,8	1,2 – 4,2	1,8 – 4,6
- je Tonne Brennstoff	kg/t	0,5 – 1,5	0,4 – 1,5	0,095 – 0,24
N <sub>2</sub> O-Jahresfracht	t/a	13,1 – 41,6	10,9 – 36,8	14,6 – 36,6

Quelle: Stöcklein et al. (2018), Evaluation und Minderung klimarelevanter Gase aus Abfallverbrennungsanlagen. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. Texte 102/2018.

# Klimaschutzpotentiale bei der thermischen Klärschlammbehandlung

ReFoPlan 2022

**„Ermittlung noch vorhandener Klimaschutzpotentiale bei der thermischen Klärschlammbehandlung unter besonderer Berücksichtigung der Abgasparameter Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Lachgas (N<sub>2</sub>O)“ (noch in der Vorbereitung)**

## 7. Fazit

## Fazit

- Wirbelschichttechnologie trägt ca. 15 % zur gesamten Abfallbehandlungskapazität in den MVA, SVA, KVA, EBS-KW und AHVA bei.
- Wirbelschicht kommt in KVA, EBS-KW und AHVA zur Anwendung:
  - KVA: stationäre Wirbelschicht (SWS),
  - EBS-KW: zirkulierende Wirbelschicht (ZWS),
  - AHVA: sowohl SWS und ZWS.
- Identifizierung und Minderung der N<sub>2</sub>O-Emissionen aus Wirbelschichtverbrennung, insbesondere aus KVA, sind erforderlich.
- Potenzial der Wärmeauskopplung aus AHVA sollte erschöpft werden.
- Sektorenkopplung (Power to X) oder (BE)CCS?

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

Ling He  
[ling.he@uba.de](mailto:ling.he@uba.de)