



EUROPÄISCHE KOMMISSION  
GENERALDIREKTION  
UMWELT

**LEITLINIEN**  
**ZUR AUSLEGUNG DER R1-ENERGIEEFFIZIENZFORMEL FÜR**  
**VERBRENNUNGSANLAGEN, DEREN ZWECK IN DER BEHANDLUNG FESTER**  
**SIEDLUNGSABFÄLLE BESTEHT, GEMÄSS ANHANG II DER**  
**RICHTLINIE 2008/98/EG ÜBER ABFÄLLE<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle und zur Aufhebung bestimmter Richtlinien – ABl. L 312, 22.11.2008, S. 3.

## Vorwort

*Die neue Abfallrahmenrichtlinie, die seit dem 12. Dezember 2010 durch alle Mitgliedstaaten anzuwenden ist, markiert ein Umdenken, bei dem Abfälle nicht mehr als unerwünschte Belastung, sondern als wertvolle Ressourcen angesehen werden. Durch die Richtlinie wird eine unkomplizierte fünfstufige Abfallhierarchie als Prioritätenfolge für Entscheidungen der Mitgliedstaaten zu politischen Maßnahmen und zu Rechtsvorschriften über Abfälle festgelegt. Dabei wird die Abfallvermeidung als wünschenswerteste Option betrachtet, gefolgt von der Vorbereitung von Abfällen zur Wiederverwendung, Recycling und sonstiger Verwertung einschließlich der energetischen Verwertung, wobei Abfallbeseitigung (beispielsweise auf Deponien) als letztes Mittel gilt. Bei der Anwendung der Abfallhierarchie sollen die EU-Mitgliedstaaten diejenigen Optionen fördern, bei denen im Verlauf der Lebensdauer von Produkten und Leistungen das ökologisch beste Gesamtergebnis erzielt wird.*

*Das Recycling von Abfall durch dessen Wiederaufbereitung zu neuen Produkten kann die effizienteste Nutzung der in Abfall enthaltenen Ressourcen darstellen. Stellt Abfall-Recycling nicht die aus Umweltschutzgründen zu bevorzugende Option dar oder ist dies technisch nicht machbar oder wirtschaftlich nicht tragfähig, sollte Abfall zur Energieerzeugung genutzt werden. Diese Erzeugung von Energie aus Abfall wird durch die neue Abfallrahmenrichtlinie gefördert. Mit der so genannten R1-Formel<sup>2</sup> hat sie für Anlagen zur Verbrennung von Siedlungsabfällen einen Anreiz eingeführt, zur Energieversorgung von Wirtschaft und Haushaltungen beizutragen. Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle, welche die Energieeffizienzschwellenwerte dieser Formel erreichen oder übertreffen, können als Anlagen zur energetischen Verwertung von Abfall gemäß Abfallhierarchie eingestuft werden.*

*Diese Leitlinien sollen die Behörden der Mitgliedstaaten bei der Auslegung und Anwendung der R1-Formel unterstützen. Sie könnten von Wirtschaftsbeteiligten auch als Bezugsrahmen herangezogen werden, da diese das einzelstaatliche Recht zur Umsetzung der Richtlinie einzuhalten haben werden. Der Leitfaden wurde gemeinsam mit Experten aus den Mitgliedstaaten, der Wirtschaft und nichtstaatlichen Organisationen erarbeitet. Er spiegelt die Auffassung der Kommission wider und ist daher nicht rechtsverbindlich; die verbindliche Auslegung von EU-Recht liegt in der ausschließlichen Zuständigkeit des Gerichtshofs der Europäischen Union. Der Leitfaden stellt ein lebendes Dokument dar und kann je nach den Erfahrungen überarbeitet werden, die mit der Umsetzung in den Mitgliedstaaten und der Weiterentwicklung der europäischen Abfallbewirtschaftungspolitik gemacht werden.*

Juni 2011

Karl Falkenberg

Generaldirektor der GD Umwelt

---

<sup>2</sup> Anhang II, Fußnote (\*) der Richtlinie 2008/98/EG.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
1.1	Anwendungsbereich der Energieeffizienzformel.....	6
1.2	Grundsätze der Entsorgungsautarkie und der Nähe sowie der Abfallhierarchie.....	8
<b>2</b>	<b>Systemgrenzen für die Anwendung der R1-Formel.....</b>	<b>9</b>
2.1	Festlegung von Systemgrenzen .....	9
2.2	Vorbehandlungs-, Nachbehandlungs-, konventionelle Kessel- und kombinierte Prozesse .....	10
2.3	Verfahren außerhalb des Geltungsbereichs der Genehmigung für die Verbrennungsanlage.....	11
<b>3</b>	<b>Energieströme und Einzelfaktoren der Energieeffizienzformel .....</b>	<b>11</b>
3.1	Äquivalenzfaktoren .....	12
3.2	Erzeugte Energie - $E_p$ .....	12
3.2.1	Definition von $E_p$ .....	12
3.2.2	Transportverluste, ineffiziente Nutzung durch Dritte und Umwandlung von Wärme in Elektrizität durch Dritte.....	14
3.2.3	Rückflüsse und Rückläufe erzeugter Energien .....	14
3.3	Brennstoff-Inputs - $E_f$ .....	14
3.4	Sonstige importierte Energie - $E_i$ .....	15
3.5	Unterscheidung zwischen $E_f$ und $E_i$ .....	16
3.6	In Abfall enthaltene Energie - $E_w$ .....	16
<b>4</b>	<b>Qualifikationsverfahren und Überwachung der Rechtskonformität.....</b>	<b>17</b>
4.1	Anzuwendender Faktor für die Einstufung als R1-Verfahren .....	18
4.2	Bestehende Anlagen.....	18
4.3	Neue Anlagen.....	18
4.4	R1-Berechnungsverfahren.....	19
4.5	R1-Berechnungsverfahren für mehrere Verbrennungslinien .....	19
4.6	Genehmigung der R1-Berechnung und Zuteilung des R1-Status .....	19
4.7	Überprüfung der Überwachungsergebnisse/Bestätigung des R1-Status.....	20
4.8	Übergangsfristen, Neubeantragung.....	21
4.9	Mitteilung des R1-Status im Rahmen einer grenzüberschreitenden Verbringung.	21

**ANHANG 1: Die R1-Berechnungsformel ..... 23**

**ANHANG 2: Systemgrenzen der R1-Formel..... 25**

**ANHANG 3a: In  $E_p$ ,  $E_f$  und  $E_i$  einzurechnende Energie..... 29**

**ANHANG 3b: Relevante BVT zur Begrenzung des Eigenbedarfs und zur Bestimmung  
von Export-Mindestmengen ..... 30**

**ANHANG 4: Bestimmung des Energieeintrags ( $E_w + E_f$ ) und Heizwerts..... 32**

**ANHANG 5: Beispiel und Kalkulationsformular für die Bestimmung des R1-  
Energieeffizienzfaktors ..... 33**

-----

In diesem Dokument werden folgende Abkürzungen für einschlägige Rechtsvorschriften verwendet:

Rechtsvorschrift/Leitlinie	Abkürzung
Abfallrahmenrichtlinie 98/2008/EG	AbfRRL
Richtlinie über die Verbrennung von Abfällen 2000/76/EG <sup>3</sup>	AbfallverbrennungsRL
Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung 2008/1/EG <sup>4</sup>	IVU-Richtlinie
Richtlinie 2010/75/EU über Industrieemissionen <sup>5</sup>	IED
Verordnung für die Verbringung von Abfällen (EG) Nr. 1013/2006 <sup>6</sup>	VVA
Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung vom August 2006 <sup>7</sup>	BVT-Merkblatt Abfallverbrennung

<sup>3</sup> ABl. L 332, 28.12.2000, S. 91; wird bis 7. Januar 2014 durch die Richtlinie 2010/75/EU aufgehoben.

<sup>4</sup> ABl. L 24, 29.1.2008, S. 8; wird bis 7. Januar 2014 durch die Richtlinie 2010/75/EU aufgehoben.

<sup>5</sup> ABl. L 334, 17.12.2010, S. 17.

<sup>6</sup> ABl. L 190, 12.7.2006, S. 1.

<sup>7</sup> ftp://ftp.jrc.es/pub/eippcb/doc/wi\_bref\_0806.pdf.

## 1 Einleitung

Diese Leitlinien sollen für Rechtssicherheit und für gleiche Bedingungen bei der Anwendung der Energieeffizienz-Grenzwerte für Siedlungsabfallverbrennungsanlagen in Anhang II der Richtlinie 2008/98/EG über Abfälle (Abfallrahmenrichtlinie - AbfRRL) sorgen.

Die neue AbfRRL hat eine **fünfstufige Abfallhierarchie als Prioritätenfolge** eingeführt, wobei die Abfallvermeidung an oberster Stelle steht, gefolgt von der Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstiger Verwertung, z.B. energetischer Verwertung, und Abfallbeseitigung als letztes Mittel. Die Richtlinie gestattet die Einstufung von Siedlungsabfallverbrennungsanlagen als Verwertungsverfahren, vorausgesetzt, sie tragen mit hoher Effizienz zur Erzeugung von Energie bei, um die Verwendung von Abfällen zur Erzeugung von Energie in energieeffizienten Siedlungsabfallverbrennungsanlagen zu fördern und Innovationen bei der Abfallverbrennung zu bewirken.

In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass „Verwertung“ jedes Verfahren bedeutet, als dessen Hauptergebnis Abfälle innerhalb der Anlage oder in der weiteren Wirtschaft einem sinnvollen Zweck zugeführt werden, indem sie andere Materialien ersetzen, die ansonsten zur Erfüllung einer bestimmten Funktion verwendet worden wären, oder die Abfälle so vorbereitet werden, dass sie diese Funktion erfüllen (Art. 3 Abs. 15 AbfRRL).

Die nicht abschließende Aufzählung der Verwertungsverfahren in Anhang II der AbfRRL definiert R1 als Verwertungsverfahren, das zur „*Hauptverwendung als Brennstoff oder als anderes Mittel der Energieerzeugung*“ vorgesehen ist. In Fußnote (8) wird klargestellt, dass hierunter Verbrennungsanlagen, deren Zweck in der Behandlung fester Siedlungsabfälle besteht, nur dann fallen, wenn deren Energieeffizienz mindestens folgende Werte beträgt:

- 0,60 für in Betrieb befindliche Anlagen, die nach geltendem Gemeinschaftsrecht vor dem 1. Januar 2009 genehmigt werden,
- 0,65 für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2008 genehmigt werden,

wobei folgende Formel verwendet wird:

$$\text{Energy efficiency} = \frac{E_p - (E_e + E_i)}{0,97 * (E_w + E_f)}$$

*Dabei ist:*

*E<sub>p</sub> die jährlich als Wärme oder Strom erzeugte Energie. Der Wert wird berechnet, indem Elektroenergie mit dem Faktor 2,6 und für gewerbliche Zwecke erzeugte Wärme mit dem Faktor 1,1 (GJ/Jahr) multipliziert wird.*

*E<sub>f</sub> der jährliche Input von Energie in das System aus Brennstoffen, die zur Erzeugung von Dampf eingesetzt werden (GJ/Jahr)*

*E<sub>w</sub> die jährliche Energiemenge, die im behandelten Abfall enthalten ist, berechnet anhand des unteren Heizwerts des Abfalls (GJ/Jahr)*

*E<sub>i</sub> die jährliche importierte Energiemenge ohne E<sub>w</sub> und E<sub>f</sub> (GJ/Jahr)*

*0,97 ist ein Faktor zur Berechnung der Energieverluste durch Rost- und Kesselasche sowie durch Strahlung.*

*Darüber hinaus wird in Anhang II hervorgehoben, dass diese Formel entsprechend dem Referenzdokument zu den besten verfügbaren Techniken für die Abfallverbrennung (BREF WI) zu verwenden ist.*

Die „R1-Formel“ stellt genaugenommen keinen Ausdruck für Effizienz im physikalischen Sinne dar, sondern einen Leistungsindikator für die energetische Verwertung von Abfall in einer Anlage, die der Verbrennung von festen Siedlungsabfällen dient. Die praktischen Folgen dieser Bestimmung werden künftig zu überwachen sein, wobei die R1-Formel gemäß Art. 37 Abs. 4 AbfRRL sowie im Einklang mit dem technischen Fortschritt, falls erforderlich, 2014 möglicherweise geändert wird.

Zur historischen Entwicklung der Formel und ihrer Verknüpfung mit dem BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung vom August 2006 als Bestandteil der integrierten Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung („BVT-Merkblatt Abfallverbrennung“) siehe Anhang 1.

Zur besseren Lesbarkeit geht dieses Dokument in grafisch hervorgehobenen Kästen auf Hauptpunkte spezieller Themenbereiche ein und fasst die Hauptelemente der jeweiligen Orientierungshinweise in Kästen am Ende jedes Kapitels zusammen.

Es wird darauf hingewiesen, dass diese Orientierungshinweise nur die Meinung der Kommissionsdienststellen wiedergeben und nicht rechtsverbindlich sind. Die verbindliche Auslegung von Gemeinschaftsrecht liegt in der ausschließlichen Zuständigkeit des Gerichtshofs der Europäischen Union. Von diesen Leitlinien bleibt die Position unberührt, welche die Kommission in einem Verfahren vor dem Gerichtshof zu diesbezüglich aufkommenden Fragen ggf. einnehmen wird.

## **1.1 Anwendungsbereich der Energieeffizienzformel**

Anhang II, Fußnote (\*) der AbfRRL schränkt den Anwendungsbereich der Formel eindeutig ein auf „Verbrennungsanlagen, deren Zweck in der Behandlung fester Siedlungsabfälle besteht“. In der AbfRRL sollte gemäß ihrem Erwägungsgrund 20 auch präzisiert werden, wann die Verbrennung fester Siedlungsabfälle energieeffizient ist und als Verwertungsverfahren eingestuft werden kann.

*Abfallverbrennungsanlagen, die der Verbrennung von Siedlungsabfällen dienen, sind Abfallverbrennungsanlagen, die über die Genehmigung verfügen und dafür technisch ausgelegt sind, gemischte feste Siedlungsabfälle verbrennen zu können.*

*Die R1-Formel gilt nicht für Mitverbrennungsanlagen sowie Anlagen, deren Zweck in der Verbrennung von gefährlichen Abfällen, Krankenhausabfällen, Klärschlamm oder Industrieabfällen besteht.*

Die Anlagen müssen der IVU-Tätigkeit 5.2 entsprechen, die sich auf „Abfallverbrennungsanlagen für Siedlungsabfall (Abfälle aus Haushalten sowie gewerbliche

und industrielle Abfälle und Abfälle aus Einrichtungen, die diesen ähnlich sind) mit einer Kapazität von über 3 Tonnen pro Stunde“ (zu beachten ist, dass die in diesem Zusammenhang genannte Kapazitätsgrenze nicht im Zusammenhang mit der R1-Formel gilt) bezieht. Diese Tätigkeitsbeschreibung ändert sich jedoch in der IED-Richtlinie, Anhang I, wie folgt:

5.2 Beseitigung oder Verwertung von Abfällen in Abfallverbrennungsanlagen oder in Abfallmitverbrennungsanlagen

- a) für die Verbrennung nicht gefährlicher Abfälle mit einer Kapazität von über 3 t pro Stunde
- b) für gefährliche Abfälle mit einer Kapazität von über 10 t pro Tag.

Im Kontext der IED-Richtlinie müssen Anlagen zur Verbrennung von Siedlungsabfällen einem Teilbereich von Tätigkeit 5.2 entsprechen, wobei anerkannt wird, dass (1) die Anlage nur dann, wenn sie der Verbrennung von festen Siedlungsabfällen dient, unter die R1-Energieeffizienz-Grenzwerte der AbfRR fällt, und (2) die R1-Formel nicht für Mitverbrennungsanlagen gilt.

Die Einstufung von Siedlungsabfällen geht aus dem Abfallverzeichnis von Kapitel 20 der Entscheidung 2000/532/EG der Kommission hervor. Im Regelfall sind Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle zugelassen für die Verbrennung „gemischter Siedlungsabfälle“. Gemischte Siedlungsabfälle sind in Art. 3 Abs. 3 Abfallverbrennungsrichtlinie definiert als Abfälle aus Haushaltungen sowie gewerbliche, industrielle Abfälle und Abfälle aus Einrichtungen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus Haushaltungen ähnlich sind, jedoch ausgenommen Fraktionen von recyclingfähigen Abfällen, die getrennt am Entstehungsort eingesammelt werden.

Darüber hinaus können von Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle auch andere Abfallströme angenommen werden, wenn sie in der Genehmigung zur IVU-Kategorie 5.2 oder der Genehmigung gemäß AbfallverbrennungsRL aufgeführt sind. Die Befugnis zur Zuführung von Abfällen aller Art mit Ausnahme gemischter fester Siedlungsabfälle muss mit dem BVT-Merkblatt Abfallverbrennung und mit der Abfallhierarchie im Einklang stehen (Art. 4 AbfRRL).

In der Praxis besteht der einer Verbrennungsanlage für feste Siedlungsabfälle zugeführte Abfall aus verschiedenen gemischten und heterogenen Fraktionen, die vor Befüllung des Einfülltrichters vermengt werden, um den Verbrennungsprozess zu optimieren.

Die Berechnung der R1-Formel muss nach der Abfallzusammensetzung erfolgen, die in einer Anlage tatsächlich verbrannt wird, und nicht nur nach dem Abfallbestandteil, der als Siedlungsabfall oder gemischter Siedlungsabfall eingestuft ist.

Verfügt eine Verbrennungsanlage über zwei getrennte Verbrennungslinien (eine für gefährliche Abfälle und eine für gemischte Siedlungsabfälle), so kann der R1-Status nach der Formel nur für die Linie für gemischte Siedlungsabfälle beantragt werden.

*Abfälle, die keine Siedlungsabfälle sind, können angenommen werden, sofern dies in der Genehmigung gemäß IVU- und AbfallverbrennungsRL und BVT-Merkblatt festgelegt ist,*

*obwohl in erster Linie andere Behandlungsoptionen vorzuziehen sein könnten. Getrennt eingesammelte Abfallfraktionen sind im Einklang mit der Abfallhierarchie zu bewirtschaften.*

*Die Berechnung von  $E_w$  als Parameter für die R1-Effizienz beruht auf der tatsächlich verbrannten Abfallmischung.*

## **1.2 Grundsätze der Entsorgungsautarkie und der Nähe sowie der Abfallhierarchie**

Zusammen mit der Einführung der R1-Formel wurden die Grundsätze der Entsorgungsautarkie und der Nähe von Abfallbeseitigungsanlagen auf die Verwertung gemischter Siedlungsabfälle ausgedehnt, die bei privaten Haushalten eingesammelt worden sind, auch wenn dabei Abfälle anderer Erzeuger eingesammelt werden.

Die Tatsache, dass in einer R1-Anlage behandelte Siedlungsabfälle als verwertet zu betrachten sind, ist zu unterscheiden von der Frage, ob die Verwertung einer bestimmten Abfallart in dieser Anlage unter Berücksichtigung der Abfallhierarchie und des Lebenszyklusdenkens als Abfallbewirtschaftungsoption mit dem besten Ergebnis unter dem Aspekt des Umweltschutzes anzusehen ist (Art. 4 AbfRRL). Bestimmte Abfallströme wie Papier, Glas, Kunststoffe und Metalle können mit höherer Ressourceneffizienz genutzt werden, wenn sie getrennt von anderen Siedlungsabfällen gesammelt und recycelt werden.

Gemäß Art. 4 Abs. 2 AbfRRL sollen die Mitgliedstaaten diejenigen Abfallbewirtschaftungsoptionen fördern, die insgesamt das beste Ergebnis unter dem Aspekt des Umweltschutzes erbringen. Bei Abfallströmen, bei denen Recycling die bevorzugte Option darstellt, soll dies geeignete Maßnahmen umfassen, z.B. die Einführung von Systemen zur getrennten Sammlung sowie sonstige Maßnahmen zur Unterstützung des Recyclings, die Umsetzung von Recyclingzielen sowie die Vermeidung von Überkapazitäten für Abfallverbrennungsanlagen in Abfallbewirtschaftungsplänen. Als weitere Option kommen einzelstaatliche Rechtsvorschriften zum Recycling bestimmter Abfallströme in Frage.

Gefährliche Abfälle werden zumeist am sachgerechtesten in Verbrennungsanlagen behandelt, die speziell für die Behandlung von gefährlichen Abfällen vorgesehen sind, welche nicht unter den Anwendungsbereich der R1-Formel fallen.

*Der Grundsatz der Entsorgungsautarkie und Nähe (Art. 16 Abs. 1 AbfRRL) wird auf gemischte Siedlungsabfälle aus privaten Haushalten, die für Verbrennungsanlagen bestimmt sind und deren Tätigkeit als Verwertung eingestuft ist, angewandt. Ähnliche Abfälle anderer Erzeuger sind hierin inbegriffen, wenn sie gemeinsam mit gemischten Siedlungsabfällen aus Haushaltungen eingesammelt wurden.*

*Mit dem Grundsatz der Abfallhierarchie (Art. 4 AbfRRL) wird eine fünfstufige Prioritätenfolge eingeführt, wobei die Abfallvermeidung an oberster Stelle steht, gefolgt von der Vorbereitung zur Wiederverwendung, Recycling, sonstiger Verwertung (einschließlich energetischer Verwertung) und Abfallbeseitigung als letztes Mittel. Gemäß Art. 4 Abs. 2 AbfRRL sollen die Mitgliedstaaten diejenigen Abfallbewirtschaftungsoptionen fördern, die unter Berücksichtigung des Lebenszyklusdenkens insgesamt das beste Ergebnis unter dem Aspekt des Umweltschutzes erbringen.*

## 2 Systemgrenzen für die Anwendung der R1-Formel

### 2.1 Festlegung von Systemgrenzen

Die Festlegung von Systemgrenzen hat erhebliche Folgen für die Berechnung der Energieeffizienz, da sich dies auf die Energieströme auswirkt, die als  $E_i$ ,  $E_f$  und  $E_w$  zu berechnen sind und somit den R1-Faktor beeinflussen.

Die AbfRRL enthält keine Begriffsbestimmung der Bestandteile einer „Verbrennungsanlage“, weshalb Begriffsbestimmungen in anderen einschlägigen Rechtsvorschriften und Leitlinien angewendet werden sollen. In diesem Zusammenhang muss zwischen „Abfallverbrennungsanlage“ gemäß IVU-Richtlinie und „Verbrennungsanlage“ gemäß AbfallverbrennungsRL unterschieden werden.

Die Abgrenzung einer „**Abfallverbrennungsanlage**“ **nach der IVU-Richtlinie** richtet sich nach den Grenzen der Betreibergenehmigung. Der Ausdruck „Anlage“ bedeutet nach Art. 2 Abs. 3 der konsolidierten IVU-Richtlinie eine ortsfeste technische Einheit, in der eine oder mehrere der in Anhang I dieser Richtlinie genannten Tätigkeiten sowie andere unmittelbar damit verbundene Tätigkeiten durchgeführt werden, die mit den an diesem Standort durchgeführten Tätigkeiten in einem technischen Zusammenhang stehen und die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können. Je nach den örtlichen Bedingungen kann eine „Abfallverbrennungsanlage“ gemäß IVU-Richtlinie einfach eine „Verbrennungsanlage“ gemäß AbfallverbrennungsRL sowie deren Büroräumlichkeiten oder andere zusätzliche Prozesse/Tätigkeiten umfassen wie

- Verarbeitung von Asche, Verwertung von Metallen aus Asche, Vor-Ort-Herstellung von Erzeugnissen aus diesen verwerteten Stoffen,
- sonstige Abfallbehandlungsprozesse wie eine Sortieranlage, eine Anlage zur aeroben und/oder anaeroben Vergärung, eine Werkstatt zur Wartung von Abfallsammelfahrzeugen usw.
- sonstige Tätigkeiten wie Klärschlammbehandlung,
- klassischer Kessel (befeuert mit klassischen Brennstoffen), ein komplexes Verfahren wie kombinierte Gas-/Dampfturbinenanlagen (CCGT), ein Industriekomplex.

Es ist jedoch zu beachten, dass die IED-Richtlinie neue Tätigkeitsbeschreibungen einführt, für die eine Genehmigung erforderlich sein wird. Laut IED können die für Verbrennungsanlagen gemäß IED, Anhang I, Tätigkeit 5.2 erteilten Genehmigungen auch Bestimmungen für die anderen in der IED aufgeführten Abfallbehandlungstätigkeiten enthalten, beispielsweise die in Anhang I genannte Tätigkeit 5.3, angesichts der Tatsache, dass eine Anlage mehr als eine in Anhang I aufgeführte Tätigkeit umfassen und einer einzigen Genehmigung unterliegen kann. Derartige Vor- und Nachbehandlungen sind in der R1-Systemabgrenzung jedoch nicht enthalten (siehe Nummer 2.2).

Die „**Verbrennungsanlage**“ **gemäß AbfallverbrennungsRL** umfasst den Standort der Verbrennungsanlage und die gesamte Verbrennungsanlage einschließlich aller Verbrennungslinien, den Bereich zur Annahme des Abfalls, die Lagerung, die auf dem

Gelände befindlichen Vorbehandlungsanlagen, das Abfall-, Brennstoff- und Luftzufuhrsystem, die Feuerungsanlage(n)/Brennkammer(n) zur Verbrennung des Abfalls, den bzw. die Kessel, die Abgasbehandlungsanlagen, die auf dem Gelände befindlichen Anlagen zur Behandlung und Lagerung von Rückständen und Abwasser sowie den Schornstein. Diese Definition ist in der IED gemeinhin dieselbe.

Im Einklang mit der Beschreibung in dem zugehörigen BVT-Merkblatt (Anhang 10.4.1, Abbildung 10.14) umfasst die **R1-Systemabgrenzung** nur die wesentlichen Teile des Verbrennungs- und energetischen Verwertungsprozesses. Dies umfasst die Brennkammer(n) und den/die Kessel, das Abgasbehandlungssystem, Einrichtungen zu Umwandlung und Verwertung von Energie, beispielsweise Wärmetauscher und Einheit aus Turbine und Generator, sowie alle elektrischen Systeme (z.B. Pumpen, Motoren, Ventilatoren, Kompressoren, Begleitheizung, Steuersysteme usw.) sowie die für deren ordnungsgemäße Funktionsweise benötigten Wärmeverbrauchssysteme.

Die Einbeziehung der Turbine in die R1-Systemabgrenzung wird dadurch untermauert, dass die AbfallverbrennungsRL eine möglichst weitgehende kombinierte Verwertung von Wärme und Energie aus Abfall vorschreibt (Näheres hierzu siehe BVT-Merkblatt).

Die Einbeziehung der Abgasreinigungsanlage gibt den Anreiz, auch Wärme niedrigerer Temperaturen zu nutzen, die andernfalls ungenutzt bliebe.

*Die Systemabgrenzung für die Berechnung der R1-Formel umfasst die Verbrennungsanlage wie oben definiert, einschließlich Verbrennungsofen/Brennkammer(n), Kessel, Verbrennungsabgasreinigungsanlage sowie häufig auch Einrichtungen zur Umwandlung und Verwertung von Energie wie Wärmetauscher für ein Fernwärme- oder Kühlnetz und/oder einen Turbinengenerator; Näheres hierzu siehe Anhang 2 dieses Dokuments.*

Zur Sicherstellung einer korrekten Berechnung der R1-Formel sind an den Systemgrenzen Messpunkte vorzusehen. Eine grundlegende Veranschaulichung von Systemgrenzen und Energieströmen ist dem Anhang 2 dieses Dokuments zu entnehmen.

## **2.2 Vorbehandlungs-, Nachbehandlungs-, konventionelle Kessel- und kombinierte Prozesse**

Vorbehandlungs-, Nachbehandlungs-, konventionelle Kessel- und kombinierte Prozesse sind in die Systemgrenzen der R1-Formel nicht einzubeziehen.

Dies ist dadurch gerechtfertigt, dass die Vorbehandlung in der Anlageneinweisung üblicherweise nicht inbegriffen ist und keinen wesentlichen Bestandteil des Verbrennungsverfahrens darstellt. Ebenfalls nicht inbegriffen ist sie in der Formel des BVT-Merkblatts zur Berechnung der Anlageneffizienz ( $PI_{ef}$ ); zudem ist sie – abgesehen von der Vermischung der Abfälle und der Zerkleinerung oder dem Schreddern sperriger Abfälle – für das Verbrennungsverfahren in Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle im Allgemeinen nicht wesentlich. Darüber hinaus ist sie in Anhang II AbfRRL als

eigenständiges Verwertungsverfahren (R12) aufgeführt. Das R12-Verfahren kann vorbereitende Verfahren einschließen, die der Verwertung einschließlich der Vorbehandlung vorangehen – wie z.B. Demontage, Sortieren, Zerkleinern, Verdichten, Pelletieren, Trocknen, Schreddern, Konditionierung, Neuverpacken, Trennung, Vermengen oder Vermischen.

Ein ähnlicher Ansatz gilt für die (Nach-) Behandlung von Rost- und Kesselasche, die im BVT-Merkblatt Abfallverbrennung ebenfalls nicht berücksichtigt und in Anhang II AbfRRL als R4-/ R5-Verfahren eingestuft ist.

Klassische Kessel- oder kombinierte Verfahren (z.B. bei Kopplung der Verbrennungsanlage mit einer Gasturbine) ggf. unter Einsatz konventioneller Brennstoffe in der Anlage sind in den R1-Systemgrenzen ebenfalls nicht inbegriffen, selbst wenn sie an die Verbrennungsanlage angeschlossen sind.

### **2.3 Verfahren außerhalb des Geltungsbereichs der Genehmigung für die Verbrennungsanlage**

Zu beachten ist, dass das R1-Formelsystem nicht außerhalb der „Verbrennungsanlage“ bzw. „Anlage“ gemäß Definition in der Genehmigung angewandt werden kann und dass Anlagen außerhalb des Zuständigkeitsbereichs des Betreibers von den R1-Systemgrenzen auszuschließen sind, insbesondere deswegen, weil der Betreiber hier über keine Befugnisse verfügt.

Die in der Definition für „Verbrennungsanlage“ (gemäß Art. 3 Abs. 4 AbfallverbrennungsRL) verwendete technische Einheit, die zur thermischen Behandlung von Abfällen mit Nutzung der entstehenden Verbrennungswärme eingesetzt wird, wie in der entsprechenden AbfallverbrennungsRL-Genehmigung festgelegt, ist der entscheidende Faktor hinsichtlich der Berücksichtigung oder Nichtberücksichtigung einer Turbine zur Erzeugung von Strom sowie der Einbeziehung der Abfälle in die Berechnung der R1-Effizienz.

Daher sind Turbinengeneratoren, die außerhalb der Genehmigungsgrenzen liegen, vom „R1-Formelsystem“ ausgeschlossen, wie auch klassische Kessel oder kombinierte Verfahren (z.B. bei Kopplung der Verbrennungsanlage mit einer Gasturbine) bei Einsatz konventioneller Brennstoffe ausgenommen sind, selbst wenn sie am selben Standort installiert sind.

Bestehende Anlagengenehmigungen dürfen ohne entsprechende Anlagenänderung nicht in einer Weise geändert werden, bei der die Stromerzeugung einbezogen/ausgenommen wird, um eine R1-Einstufung zu erreichen.

## **3 Energieströme und Einzelfaktoren der Energieeffizienzformel**

$E_w$ ,  $E_f$ ,  $E_i$  und  $E_{exp}$  sind stets als Energiestrom an den Systemgrenzen zu definieren. Dabei stellen  $E_w$ ,  $E_f$  und  $E_i$  den Input in das System dar, wohingegen der Output aus dem System an Dritte und/oder das Netz durch  $E_{exp}$  dargestellt wird.

$E_p$  als weiterer bedeutender Faktor der R1-Formel bezieht sich nicht auf die Systemgrenzen, ist jedoch durch die Formel selbst eindeutig festgelegt.

Es ist hervorzuheben, dass die R1-Formel nicht alle Energieströme abdeckt, die für eine vollständige Energiebilanz des Systems einzurechnen sind, und dass die R1-Formel nicht die Kesseleffizienz berechnet, sondern den Teil, der aus der Energie verwertet und genutzt wird, die in dem Kessel erzeugt wird.

Eine Zusammenstellung von Beispielen für Energieströme, die den verschiedenen Parametern zugeordnet sind, ist dem Anhang 2 dieses Dokuments zu entnehmen.

### **3.1 Äquivalenzfaktoren**

Die in der Berechnungsformel angegebenen Äquivalenzfaktoren gelten für Strom und Wärme unabhängig davon, ob diese erzeugt, zugeführt, selbst verbraucht oder in das System als Rücklauf oder Rückfluss zurückgeführt werden. Für Brennstoffe (Heizöl, Gas usw.) gilt kein Äquivalenzfaktor, d.h. der Faktor ist 1.

Strom ist mit dem Äquivalenzfaktor 2,6 zu multiplizieren. Der Äquivalenzfaktor für Wärme (Dampf oder Warmwasser) ist 1,1.

Die Äquivalenzfaktoren für die Strom- und Wärmeerzeugung, die unmittelbar aus dem BVT-Merkblatt Abfallverbrennung übernommen werden, lassen sich folgendermaßen erklären:

Der Faktor 2,6 für Strom beruht auf einem durchschnittlichen europäischen Koeffizienten von 38% für Kohleanlagen, was einem Energiebedarf von 2,6 kWh für die Erzeugung von 1 kWh Strom entspricht.

Der Faktor 1,1 für erzeugte Wärme beruht auf einem durchschnittlichen europäischen Koeffizienten von 91% für Wärmeanlagen.

*Die Faktoren 1,1 und 2,6 sind unabhängig davon anzuwenden, ob die Energie außerhalb oder innerhalb der R1-Systemgrenze genutzt wird.*

### **3.2 Erzeugte Energie - $E_p$**

#### *3.2.1 Definition von $E_p$*

Anhang II der AbfRRL definiert  $E_p$  als die „jährlich als Wärme oder Strom erzeugte Energie“. Der Wert wird berechnet, indem Elektroenergie mit dem Faktor 2,6 und für wirtschaftliche Zwecke erzeugte Wärme mit dem Faktor 1,1 (GJ/Jahr) multipliziert wird.

„Erzeugt“ ist in diesem Zusammenhang zu verstehen als „erzeugt und genutzt“ im Sinne der erzeugten Energie, die verwertet und effektiv genutzt<sup>8</sup> oder als der „erzeugte (...), wiedergewonnene und genutzte Teil der Energie“<sup>9</sup> oder die „energetische Verwertung von Abfall“ festgelegt in Abschnitt 3.5.4, Seite 194 ff. des BVT-Merkblatts Abfallverbrennung oder Seite 597 des BVT-Merkblatts. Dies ist nicht beschränkt auf die in dem Abschnitt 3.5.6 dieses Merkblatts, der mit „Vergleichsdaten zu Energieverbrauch und Energieerzeugung der Anlagen“ überschrieben ist, beschriebene exportierte Energie wie in „Kraftwerkseffizienzpotenzial“ oder „Output der Verbrennungsanlage“ (Pl ef)<sup>10</sup>.

Im BVT-Merkblatt (Seite 597) wird die Formel für die spezifische Gesamtelektrizität angegeben, die in Korrelation zur Menge des verbrannten Abfalls erzeugt wird:  $Ne_{sp\ prod} = (O_{exp} + E_{circ}) / m$ .

Dies bedeutet, dass die je Abfallmengengröße erzeugte Elektrizität die Summe aus der exportierten Gesamtelektrizität und der rezirkulierten Elektrizität geteilt durch die Abfallmenge ist. Wird diese Formel auf die verbrannte Abfallgesamtmenge angewandt, wandelt sie sich um in  $O_{sp\ prod} = O_{exp} + E_{circ}$ .

Dieselbe Art von Formel wird im BVT-Merkblatt für erzeugte Wärme angegeben. Durch Kombination der erzeugten Elektrizität und Wärme lässt sich die erzeugte Gesamtenergie berechnen. Dies lässt sich darstellen als  $O_{prod} = O_{exp} + E_{circ}$  oder  $E_p = \text{exportierte} + \text{rezirkulierte Energie}$ .

Diese Auslegung wird bestätigt durch das Thesenpapier der Kommission zum Energieeffizienzentwurf, das im Verlauf der Verhandlungen über die AbfRRL im Europäischen Parlament und dem Rat herausgegeben wurde, wonach „einige Betreiber vorschlagen, die Bedeutung von  $E_p$  als Bruttoenergiemenge aus der Turbine/dem Generator (die derzeitige Bedeutung in KOM(2005)667) zu ändern in die tatsächlich ins Netz exportierte Energiemenge.“

$E_p$  umfasst somit die aus Abfall verwertete Energie (Wärme und Elektrizität), die außerhalb der R1-Systemgrenze Dritten oder anderen Verwendungen innerhalb der Anlage zugeführt wird, sowie die Energie, die innerhalb der R1-Systemgrenze genutzt wird, z.B. für die Erwärmung des Abgases vor dem Schornstein, jedoch ohne Energienutzungen, welche die Dampf-/ Wärmeerzeugung beeinflussen. Diese Unterscheidung ist notwendig, um eine Doppelzählung von Energieströmen zu vermeiden, und steht mit Tabelle 10.98 des BVT-Merkblatts Abfallverbrennung (Fußnote 2-4) in Einklang, die in Anhang 3a dieser Leitlinien wiedergegeben ist. Zur Berücksichtigung in  $E_p$  müssen die Betreiber nachweisen, dass Verwendungen innerhalb der Systemgrenze und innerhalb der Anlage dem Stand der Technik entsprechen und technisch im Einklang mit BVT ausgelegt und betrieben werden (soweit zutreffend).

<sup>8</sup> ECJ -C-228/00 Absatz 42.

<sup>9</sup> ECJ -C-458/00 Absatz 34.

<sup>10</sup> 
$$Pl\ ef = \left( \frac{O_{exp} - (E_f + E_{imp})}{(E_f + E_{imp} + E_{circ})} \right)$$

<sup>11</sup>  $E_{circ}$  ist rezirkulierte Energie, d.h. Energie, die erzeugt und anschließend rezirkuliert wird, so dass sie in der Anlage genutzt wird.

Hinweis: Für eine Berücksichtigung in  $E_p$  muss für Wärme eine gewerbliche Nutzung angegeben werden. Exportierte Wärme darf in  $E_p$  nur mitgezählt werden, wenn der Betreiber anhand gültiger Verträge mit Dritten eine gewerbliche Nutzung nachweisen kann. Interner Wärmeverbrauch (innerhalb der Genehmigungsgrenzen) ist ebenfalls als gewerbliche Nutzung zu betrachten, da hierdurch Primärenergie unmittelbar ersetzt wird, die andernfalls hätte eingekauft werden müssen (Prinzip der Opportunitätskosten). Alle internen Nutzungen sind im Berechnungsformular als Nutzungsnachweis zu dokumentieren.

*Zur Vermeidung von Doppelzählungen gilt:*

*- Die Energie des Dampfs, der in der Verbrennungsanlage in Elektrizität umgewandelt wird, um Strom zu erzeugen, der als erzeugte Elektrizität gezählt wird, kann nicht als erzeugte Wärme gezählt werden.*

*- Die durch Dritte anhand des Dampfs aus der Verbrennungsanlage erzeugte Energie ist nicht als Elektrizität zu zählen, sondern nur als erzeugte Wärme.*

### *3.2.2 Transportverluste, ineffiziente Nutzung durch Dritte und Umwandlung von Wärme in Elektrizität durch Dritte*

$E_p$  ist die von der Verbrennungsanlage erzeugte Energie. Die Tatsache, dass Energie durch Dritte ineffizient genutzt wird, ist nicht zu berücksichtigen und hat keine Auswirkung auf die R1-Energieeffizienzformel. Dasselbe gilt für Energieverluste bei dem Transport von Wärmeenergie.

### *3.2.3 Rückflüsse und Rückläufe erzeugter Energien*

Rückflüsse und Rückläufe sind Energieströme (z.B. Dampf oder Warmwasser), die von den luft- oder wassergekühlten Kondensatoren als Kondensationswasser, von internen Wärmetauschern oder von externen Kunden in einem geschlossenen Kreislauf zurückkommen, z.B. von einem Fernwärmeversorger oder einem Kraftwerk. Auch wenn es sich streng genommen nicht um einen „Rückfluss“ handelt, ist als Ausgleich für die Entlüftungs- und Wasserverluste zugeführtes Frischwasser bei Rückflüssen mitzuzählen.

Rückflüsse aus externen Quellen sind von  $E_p$  abzuziehen, da sie die Quote der Energieverwertung aus Abfall unmittelbar vermindern. Rückflüsse aus internen Quellen sind von  $E_p$  dann abzuziehen, wenn sie aus Energieströmen stammen, die in  $E_p$  berücksichtigt sind. Rückflüsse aus Energieströmen, die von  $E_p$  ausgenommen sind (siehe 3.2.1. Abs. 7), werden nicht abgezogen.

## **3.3 Brennstoff-Inputs - $E_f$**

$E_f$  ist definiert als der jährliche Input von Energie in das System aus Brennstoffen, die zur Erzeugung von Dampf eingesetzt werden (GJ/Jahr).

$E_f$  umfasst ausschließlich Brennstoffe. Brennstoffe sind brennbare Stoffe gemäß Brennstoffqualitätsrichtlinie 2009/30/EG, die keine Abfälle sind (z.B. Diesel, Erdgas) und für das Anfahren und Abfahren des Verbrennungsprozesses genutzt werden, einschließlich der

Brennstoffe zur Aufrechterhaltung erforderlicher Temperaturen von  $> 850^{\circ}\text{C}$  mittels Hilfsbrennern.

Zu beachten ist, dass die Energie aller Abfälle - einschließlich der EBS (Ersatzbrennstoffe) oder aus Abgasen - bei  $E_w$  und nicht bei  $E_f$  einzurechnen ist. Dies gilt auch für Altöl, trotz dessen ausschließlicher Verwendung in einem Brenner, bedingt durch dessen Definition als Abfall und der Tatsache, dass es nur genutzt werden kann, wenn die rechtlich vorgeschriebene Verbrennungstemperatur erreicht worden ist.

*Beim Anfahren beginnt der Zeitraum, in dem der Brennstoff zur Erzeugung von Dampf beiträgt (und als  $E_f$  zählt), zu dem Zeitpunkt, zu dem der Dampfgenerator an das Dampfnetz angekoppelt wird, und dauert so lange, bis die rechtlich (durch Rechtsvorschriften und/oder die Genehmigung) vorgeschriebene Abgas-Mindesttemperatur (in der Verbrennung) erreicht wird. Beim Abfahren dauert er so lange, bis der Dampfgenerator vom Netz abgekoppelt wird.*

### 3.4 Sonstige importierte Energie - $E_i$

$E_i$  ist die jährliche importierte Energiemenge ohne  $E_w$  und  $E_f$  (GJ/Jahr).

$E_i$  besteht aus Elektrizität, sonstigen Arten von Energie, die keinen Brennstoff darstellen, beispielsweise Dampf und Warmwasser, sowie aus den Brennstoffmengen, die bei den Anfahr- und Abfahrprozessen vor der Ankopplung an das Dampfnetz und nach der Abkopplung vom Dampfnetz genutzt werden (d.h. der Teil, der nicht als  $E_f$  gezählt wird); die Energie, die zum Wiedererhitzen des Abgases für Katalysatoren oder nach den Abgasreinigungssystemen genutzt wird (z.B. anhand von Gas oder Öl), sowie sonstige Energien, die zum Einsatz in der Verbrennungsanlage importiert und nicht zur Dampferzeugung genutzt werden, sind in  $E_i$  einzurechnen.

Doppelzählungen sind zu vermeiden: Das Kondensat (oder Kaltwasser) aus den Kondensatoren oder Rückläufen, das aus dem exportierten Dampf (oder Warmwasser) zurückfließt, ist nicht in  $E_i$  einzurechnen, sondern von  $E_p$  abzuziehen.

*Für den Eigenverbrauch der Verbrennungsanlage rezirkulierte Wärme und Elektrizität sind Bestandteil von  $E_p$  und in  $E_i$  nicht einzurechnen.<sup>12</sup>*

Mit diesem Aspekt erhalten Verbrennungsanlagen einen Anreiz, die von ihnen erzeugte Energie (nämlich Wärme) zu nutzen, wobei vermieden wird, dass sich eine hochentwickelte Abgasbehandlung zur Minimierung von Luftemissionen (z.B.  $\text{NO}_x$ ) negativ auf die Fähigkeit zur Erreichung der R1-Effizienz auswirken würde.

In diesem Zusammenhang ist hervorzuheben, dass der Eigenverbrauch von Energie durch Verbrennungsanlagen infolge der Prozessauslegung begrenzt ist und dass der Energieeigenverbrauch sowie die jährliche Mindestexportmenge von Energie im BVT-Merkblatt Abfallverbrennung bei den BVT Nr. 61, 62, 63, 66b und 68 eindeutig festgelegt sind, die bei den entsprechenden Anlagengenehmigungen zu berücksichtigen sind (die bei den BVT festgelegten Begrenzungen für die interne Nutzung und die Mindestexportanforderungen sind in Anhang 3b aufgeführt).

<sup>12</sup> Auch rezirkulierte Wärme und Elektrizität, die von der Berechnung von  $E_p$  ausgenommen sind (siehe Nummer 3.2.1 und Anhang 3a), sind nicht als  $E_i$  mitzurechnen.

### 3.5 Unterscheidung zwischen $E_f$ und $E_i$

Eine Unterscheidung zwischen  $E_f$  und  $E_i$  ist vorzunehmen bei Brennstoffen, die vom Brenner für das Anfahren und Abfahren genutzt werden. Der Verbrauch am Brenner während der Anfahr- und Abfahrzeiten beläuft sich auf rund 50%, ohne dass Dampf erzeugt wird ( $E_i$ ) sowie 50% mit Dampferzeugung ( $E_f$ ).

*Trotz getrennter Festlegung in der Berechnungsformel besteht in der Praxis keine Notwendigkeit, beim Verbrauch importierter Brennstoffe zwischen  $E_f$  und  $E_i$  zu unterscheiden, weil der Zähler der R1-Formel die Summe  $E_f + E_i$  verlangt. Dies entspricht der Gesamtmenge importierter Energie, zu der für Anlagenbetreiber ohne weiteres Daten verfügbar sind.*

*Die durch die Anlagenbetreiber durchgeführten Routinemessungen erschließen unmittelbar den Wert für  $E_w + E_f$  einerseits und für  $E_f + E_i$  andererseits, bei denen es sich um die Elemente im Blickpunkt der R1-Formel handelt.*

### 3.6 In Abfall enthaltene Energie - $E_w$

Anhang II der AbfRRL definiert  $E_w$  als „... jährliche Energiemenge, die im behandelten Abfall enthalten ist, berechnet anhand des unteren Heizwerts des Abfalls (GJ/Jahr)“.

Dies umfasst alle Arten von Abfall, die von Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle gemäß Festlegung in der IVU- und der AbfallverbrennungsRL angenommen werden können (siehe Anwendungsbereich der Formel). Dies schließt auch sekundäre Brennstoffe ein, die aus Abfall abgeleitet werden, solange sie das Ende ihrer Abfalleigenschaft nicht erreicht haben (Art. 6 AbfRRL).

$E_w$  ist für Abfall zu berechnen, der in die R1-Systemabgrenzung gelangt, d.h. nach etwaiger Vorbehandlung.

Die Analyse individueller Abfallstichproben stellt keine machbare Bestimmungsmethode dar, da die als Stichprobe heranzuziehende Abfallmenge und die Häufigkeit der Stichproben für ein zuverlässiges Ergebnis zu hoch wären.

Die beste Methode zur Bestimmung des Energiegehalts des Abfalls oder des unteren Heizwerts ist eine Rechnung mit bewährten Prozessdaten über längere Zeiträume hinweg (Energiebilanz).

Diese Methode stützt sich auf eine Europäische Norm, die für den Sonderfall von Abfallverbrennungsanlagen zur Energiegewinnung (Waste-to-Energy) in einschlägigen Referenzdokumenten entwickelt wurde<sup>13</sup>. Diese Dokumente beschreiben das detaillierte Verfahren für den Abnahmeversuch, der nach der Methodik und den Grundsätzen der

<sup>13</sup> FDBR-Richtlinie „Abnahmeversuche an Abfallverbrennungsanlagen mit Rostfeuerungen“, Stand 04/2000. Erhältlich beim FDBR auf Deutsch und Englisch. Cahier des clauses techniques générales (CCTG) applicables aux marchés publics de travaux, Fascicule.’ Genehmigung “Arrêté du 6 mars 2008” des “Ministère de l’économie, de l’industrie et de l’emploi”. Erhältlich auf Französisch vom Ökologeministerium.

Europäischen Norm EN 12952-15 einmal im Verlauf der Versuche bei Fertigstellung der Anlage durchzuführen ist und bei dem die Effizienz des Kessels festgestellt wird.

Das Prinzip der Methoden besteht darin, die Energiebilanz an dem gemeinsam als Kalorimeter betrachteten Brenner und Kessel heranzuziehen<sup>14</sup>. Der Energie-Input ist gleich dem Energie-Output zuzüglich der Energieverluste (im Abgas, in der Rost- und Kesselasche, durch Konvektion und Strahlung). Die hauptsächlichen Werte des Energie-Outputs werden während des umfassenden „Abnahmeversuchs“ zu Beginn der Lebensdauer der Verbrennungsanlage (z.B. Dampfstrom) gemessen, während die kleineren Werte lediglich geschätzt werden. Die Kesseffizienz gibt das Verhältnis zwischen dem Energie-Output und dem Energie-Gesamtinput an.

Näheres zu den Berechnungen und Messungen ist dem Anhang 4 dieses Dokuments zu entnehmen.

Die aus dem Abfall stammende Energie ( $E_w$ ) wird daraufhin dadurch bestimmt, dass vom gesamten Energie-Input die Energie von Brennstoffen abgezogen wird, die zur Erzeugung von im selben Zeitraum genutztem Dampf/Warmwasser ( $E_f$ ) beitragen.

Den durchschnittlichen Heizwert des Abfalls erhält man, indem dieser Abfallenergie-Input durch den Abfallstrom dividiert wird, der in dem entsprechenden Zeitraum in den Verbrennungsofen/die Brennkammer gelangt.  $E_w$  ist gleich dem Heizwert des Abfallstroms.

Alternativ kann die im BVT-Merkblatt angegebene Formel für den Heizwert (NCV) (Ziffer 2.4.2.1 und Anhang 10.4.2) in begründeten Fällen dann verwendet werden, wenn die Formel anhand einer anfänglichen Energiebilanz an die konkrete Anlage angepasst und auf Standard-Sauerstoff umgerechnet wurde. Laut BVT-Merkblatt ist der NCV folgendermaßen zu messen:  $NCV = (1.133 * (mst \text{ Abfall}/m \text{ Abfall}) * cst \times + 0.008 * Tb)/1.085$  [GJ/Mg(Tonne) Abfall].

*Trotz getrennter Festlegung in der Berechnungsformel besteht in der Praxis generell keine Notwendigkeit,  $E_w$  und NCV speziell zu bestimmen, weil der Nenner der R1-Formel die Summe  $E_w + E_f$  verlangt, die dem Gesamtinput an Energie in den Kessel entspricht, welche direkt berechnet wurde anhand der Methode den Kessel als Kalorimeter zu nutzen (siehe oben).*

## 4 Qualifikationsverfahren und Überwachung der Rechtskonformität

Die Aussagen in diesem Kapitel stellen Empfehlungen für ein sachgerechtes und harmonisiertes Verfahren dar, das sich aus den Diskussionen in der Experten-Arbeitsgruppe ergeben hat, die die Erstellung dieser Leitlinien begleitet hat. Die Um- und Durchsetzung von Überwachungsmaßnahmen liegt in der uneingeschränkten Zuständigkeit der Mitgliedstaaten.

Die Verfahren zur Einstufung von Siedlungsabfallverbrennungsanlagen entweder als „Verwertungsverfahren“ oder „Beseitigungsverfahren“ müssen eine ausreichende Rechts- und Planungssicherheit für die Anlagenbetreiber gewährleisten.

<sup>14</sup> Die Ober- und Untergrenzen des hier in Frage stehenden Systems (Brenner und Kessel) sind anders (enger) als die in den anderen Teilen des R1-Leitliniendokuments betrachteten Grenzen

In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, dass die Energieeffizienz weitgehend von der technischen Auslegung der Anlage abhängt und sich während des Betriebs nur in begrenztem Umfang verändert.

Die Eigenschaft einer Anlage muss bekannt sein, bevor der Abfall behandelt wird, und zwar lange vor Beginn der Behandlung, damit die Regelungen von Abfallbewirtschaftungsverträgen eingehalten werden.

#### **4.2 Anzuwendender Faktor für die Einstufung als R1-Verfahren**

Nach Anhang II der AbfRRL können Verbrennungsanlagen, deren Zweck in der Behandlung fester Siedlungsabfälle besteht, als R1-Verwertungsverfahren eingestuft werden, wenn deren Energieeffizienz mindestens folgende Werte beträgt:

- 0,60 für in Betrieb befindliche Anlagen, die nach geltendem Gemeinschaftsrecht vor dem 1. Januar 2009 genehmigt werden,
- 0,65 für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2008 genehmigt werden,

Dabei umfasst die Bedeutung des oben genannten Ausdrucks „in Betrieb befindliche und genehmigte Anlagen“ diejenigen Anlagen, die vor Januar 2009 über eine Genehmigung verfügten und in Betrieb waren.

Der Faktor 0,65 gilt ausschließlich für Anlagen, die nach dem 31. Dezember 2008 genehmigt werden. Er gilt nicht für Bestandsanlagen, bei denen nach dem 31. Dezember 2008 Änderungen an einem Anlagenteil ausgeführt wurden, z.B. an der Brennkammer/Feuerungsanlage, am Kessel, am Turbinengeneratorsatz oder an der Abgasreinigungsanlage. Bestandsanlagen haben die Möglichkeit, die Schwellenwerte durch Anpassung ihrer Effizienz zu erreichen.

Unter Änderung wird jede Maßnahme zur Steigerung der energetischen Verwertung des verbrannten Abfalls durch Verbesserung der Prozessbedingungen oder durch Festlegung zusätzlicher Verwendungen verstanden. Eine Kapazitätssteigerung gilt nicht als Änderung im vorgenannten Sinne.

#### **4.3 Bestehende Anlagen**

Bei bestehenden Anlagen („in Betrieb befindlichen Anlagen“) wird die R1-Formel auf der Basis der in der Praxis erzielten jährlichen Leistungsdaten der Anlage bestimmt (R1-Berechnungsverfahren siehe unten).

Für eine Anlage, die in Bezug auf die Energieeffizienz baulichen oder vertraglichen Anpassungen unterzogen wurde, gelten dieselben Verfahren wie für eine neue Anlage.

#### **4.4 Neue Anlagen**

Bei neuen Anlagen wird der R1-Status anfänglich auf der Basis der Planungs- oder Baubeschreibung unter Berücksichtigung der Energieversorgungsverträge sowie durch Bestimmung der allgemeinen Effizienz der Anlage aus energetischer Sicht erteilt. Dies geschieht anhand eines umfassenden Abnahmeversuchs, bei dem die Kesseleffizienz nach

Inbetriebnahme bestimmt wird, gefolgt von einer Berechnung betrieblicher Daten nach einem Jahr unter normalen Betriebsbedingungen auf der Basis der Jahresdaten.

#### **4.5 R1-Berechnungsverfahren**

Nach Anhang II der AbfRRL ist die Energieeffizienz der Verbrennungsanlage anhand jährlicher Zahlen für die Energieerzeugung und den Energieverbrauch der Anlage zu bestimmen. Dies ist als reale Leistung in der Praxis und nicht als theoretischer Maximalwert zu verstehen, bei dem Perioden geringerer Effizienz nicht berücksichtigt würden.

Der Kalkulation ist daher der Regelbetrieb (einschließlich Wartungsmaßnahmen) der Gesamtanlage zugrunde zu legen. Der Regelbetrieb umfasst auch eine verminderte Versorgung mit Elektrizität und Wärme infolge geringerer Nachfrage.

Die Erfassung der Daten erfolgt während eines vollständigen Jahres. Dies muss kein Kalenderjahr sein (d.h. der Messzeitraum beginnt nicht unbedingt am 1. Januar). Die Instrumente und Kontrolleinrichtungen der Anlage werden durch den Anlagenbetreiber unterhalten und abgelesen. Dabei können manche Daten direkt von einem Zähler als Summe abgelesen werden, wie beispielsweise der Brennstoffverbrauch und die erzeugte Elektrizität. Andere Daten dagegen erfordern eine fortlaufende Berechnung und Integration, wie beispielsweise die Energie von Dampfströmen.

Der R1-Schwellenwert gilt als erfüllt, wenn

- R1 berechnet wurde (anhand gemessener, geschätzter und korrigierter Daten),
- ein R1-Schwellenwert von 0,6 für bestehende Anlagen und 0,65 für neue Anlagen vorliegt.

Die Berechnung der R1-Formel auf der Basis jährlicher Input- und Output-Daten muss nach der Beispielberechnung in Anhang 5 dieses Dokuments vorgenommen werden.

#### **4.6 R1-Berechnungsverfahren für mehrere Verbrennungslinien**

Sind mehrere Verbrennungslinien vorhanden, so gelten diese als getrennte Anlagen, für welche der R1-Status getrennt beantragt werden kann, wenn die Linien eigenständig betrieben werden oder die Ströme jedes Anlagenteils eindeutig abgegrenzt und separat berechnet werden können.

#### **4.7 Genehmigung der R1-Berechnung und Zuteilung des R1-Status**

Für die erstmalige Berechnung der R1-Formel gibt es zwei unterschiedliche Möglichkeiten.

- Berechnung durch den Anlagenbetreiber (mit externer Kontrolle),
- Berechnung durch einen externen, zertifizierten Experten oder einen Experten zuständiger Behörden.

Die R1-Formel ist durch unabhängige Dritte entweder zu berechnen oder zu überprüfen, bevor deren Berechnung bei der zuständigen Behörde des EU-Mitgliedstaats durch den

Betreiber der betreffenden Anlage vorgelegt wird. In einem normalen Betriebsjahr wird die Formel durch den Betreiber berechnet und zusammen mit den Details der Berechnung bei der zuständigen Behörde vorgelegt. Die zuständige Behörde erhält den Berechnungsbogen und kann zur Feststellung der ordnungsgemäßen Anwendung der R1-Formel bei Bedarf Kontrollen durchführen. Ferner kann die zuständige Behörde bei Bedarf weitere Auskünfte oder die Überprüfung durch einen unabhängigen Experten verlangen. Bewegt sich die Leistung einer bestehenden Anlage bei erstmaliger Beantragung des R1-Status nahe am Schwellenwert, hat der Anlagenbetreiber gegenüber seiner zuständigen Behörde nachzuweisen, dass der R1-Schwellenwert während der vergangenen drei Jahre erreicht wurde, und zwar anhand des über den gesamten Zeitraum gemittelten Werts („gleitender Durchschnitt“ mit zwei Dezimalstellen).

Der R1-Status der Anlage ist durch die zuständige Behörde auf der Basis der zur Berechnung des R1-Werts erforderlichen Daten und der vom Anlagenbetreiber bereitgestellten Berechnung des R1-Werts förmlich zu bestätigen. Ist der berechnete R1-Wert höher oder gleich dem Schwellenwert, erteilt die zuständige Behörde innerhalb von drei Monaten eine Bescheinigung, wonach die Anlage den Voraussetzungen der R1-Formel entspricht.

#### **4.8 Überprüfung der Überwachungsergebnisse/Bestätigung des R1-Status**

Die Berechnung der R1-Formel und die Erklärung zur Einhaltung des Energieeffizienznieaus sind auf der Basis von Daten des Vorjahres (Jahresdaten wie oben angegeben) vorzulegen. Die R1-Einstufung einer Siedlungsabfallverbrennungsanlage ist dem Anlagenbetreiber durch die zuständige Behörde für das laufende Jahr schriftlich und rechtzeitig zu bestätigen.

Zur Gewährleistung reibungsloser Verfahrensabläufe und von Rechtssicherheit wird empfohlen, die Bestätigung innerhalb von drei Monaten nach Vorlage des Betreiberberichts auszustellen. Sie ist für einen Zeitraum von einem Jahr nach dem Zeitraum, für den die Daten bereitgestellt wurden, gültig. Der Betreiber erstattet alljährlich Bericht zur Leistung der Anlage anhand eines Berichtsformulars ähnlich dem in Anhang 5 dieses Dokuments dargestellten Formular. Diese Berechnung muss auf den Ergebnissen der Routineüberwachung durch den Betreiber beruhen und die Menge des verbrannten Abfalls, die Menge von verbrauchtem Brennstoff und zugeführter Elektrizität/Wärme, die erzeugte Elektrizität und die außerhalb der Verbrennungsanlage genutzte Wärme umfassen. Für die zusätzlichen Energieströme können Pauschalangaben auf der Basis der vorherigen R1-Formelberechnung zu der Anlage verwendet werden. Die Berichterstattung ist in den Bericht nach Art. 12 Abs. 2<sup>15</sup> der AbfallverbrennungsRL zu integrieren. Der Bericht ist der zuständigen Behörde spätestens einen Monat nach dem Berechnungszeitraum vorzulegen, der während der erstmaligen oder einer neuen Einstufung vereinbart wurde.

Da sich wesentliche Merkmale einer Verbrennungsanlage im Laufe der Zeit nicht ändern, ermöglicht der Bericht des Betreibers einschließlich der jährlichen Überwachungsergebnisse, vervollständigt durch Angaben zu etwaigen strukturellen Veränderungen, die in der Anlage im abgelaufenen Jahr vorgenommen wurden (z.B. technische Modifizierungen, Änderungen bei Kunden usw.) der zuständigen Behörde die Durchführung einer Routineüberprüfung und

---

<sup>15</sup> Der Öffentlichkeit ist ein jährlicher Bericht über das Funktionieren und die Überwachung der Anlage, der der zuständigen Behörde vom Betreiber vorzulegen ist, zugänglich zu machen. In diesem Bericht wird als Mindestanforderung Rechenschaft abgelegt über die Durchführung des Prozesses und über die Emissionen in die Luft und ins Wasser im Vergleich zu den Emissionsnormen der AbfallverbrennungsRL.

die Beantwortung der Frage, ob eine umfassende Neuberechnung notwendig ist. Ist eine umfassende Neuberechnung nicht notwendig, kann die Anlage ihren R1/D10-Status behalten.

Eine umfassende Neuberechnung mit externer Kontrolle oder durch einen externen Experten ist nach spätestens fünf Jahren bzw. bei einer wesentlichen Änderung der grundlegenden Bedingungen (Modifizierung des Kessels, Turbinengenerators, Wärmelieferungsvertrags, Abgasreinigungssystems), auf deren Basis die erste Bestätigung erfolgte, zu wiederholen. Bei Bedarf oder in Zweifelsfällen haben die Behörden das Recht auf Entsendung von Prüfbeamten sowie auf die Anforderung zusätzlich benötigter Berechnungen/Messungen.

#### **4.9 Übergangsfristen, Neubeantragung**

Der Anlagenbetreiber ist dafür verantwortlich, hinsichtlich der konsequenten Erreichung des R1-Schwellenwerts für ausreichende Gewissheit zu sorgen, auch bei geänderten Umständen für den Betrieb der Anlage. Daher sollte der Betreiber anstreben, die Energieeffizienz möglichst weit oberhalb des R1-Schwellenwerts zu halten, um bei einer Änderung in den Betriebsbedingungen über ausreichend Spielraum zu verfügen. Allerdings wird der Status der Anlage nicht sofort aufgehoben, wenn sich ein E-Parameter infolge von Umständen ändert, die vom Anlagenbetreiber nicht zu beeinflussen sind (höhere Gewalt, z.B. Verlust eines industriellen Wärmeabnehmers, unerwartete klimatische Verhältnisse, Technikausfälle oder sonstige betriebslose Zeiten) und der R1-Schwellenwert mit entsprechender Jahresberichterstattung nicht eingehalten werden kann.

In derartigen Fällen kann der Anlagenbetreiber – auf der Basis der Jahresleistung der vergangenen drei Jahre – eine begründete Erklärung zu der Frage abgeben, warum der Schwellenwert nicht eingehalten werden konnte. Der Anlagenbetreiber erhält daraufhin die Befugnis, für eine Anpassung/Abhilfe in einer Weise zu sorgen, bei der die Effizienzkennzahl bis zum darauffolgenden Jahr wieder den Schwellenwerten entspricht. Wird dieses Ergebnis erzielt, so wird der R1-Status beibehalten.

Bei lang anhaltenden Ausfällen oder Betriebsstörungen mit wesentlichen Auswirkungen auf die Effizienz (z.B. Turbinenausfall oder Störung beim Kunden) kann der Betreiber nach Begutachtung und Abschätzung der Dauer der Nichtverfügbarkeit (i) den R1-Status aufgeben (und die zuständige Behörde hiervon unterrichten) und ihn wiedererlangen, sobald der Ausfall oder die Störung behoben ist (und den R1-Wert im Verlauf eines Jahres ab dem Zeitpunkt berechnen, zu dem für die Verbrennungsanlage wieder normale Betriebsbedingungen gelten), oder (ii) den R1-Schwellenwert weiterhin zu erreichen versuchen.

Kann eine Anlage den R1-Status nicht erreichen oder verliert sie ihn, weil sie den Schwellenwert in zwei aufeinanderfolgenden Berichtsjahren nicht einhalten kann, so kann der Betreiber erneut versuchen, den R1-Status zu erlangen, indem er nach Dokumentation von Verfahrensänderungen oder geänderter Energielieferverträge einen neuen Abnahmeversuch beantragt.

#### **4.10 Mitteilung des R1-Status im Rahmen einer grenzüberschreitenden Verbringung**

Der Betreiber einer Verbrennungsanlage für feste Siedlungsabfälle mit R1-Klassifizierung hat seinen Kunden den Status seiner Anlage anhand geeigneter Unterlagen (amtliche Bescheinigung) mitzuteilen. In Zweifelsfällen kann die zuständige Behörde durch andere beteiligte Behörden und potenzielle Wirtschaftspartner um eine Bestätigung gebeten werden.

Eine gültige Genehmigung ist eine Voraussetzung für die grenzüberschreitende Verbringung. Die Verfahrensregelungen der Abfallverbringungsverordnung sind auf Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle mit R1-Klassifizierung wie auf jede andere Anlage anzuwenden.

## ANHANG 1: Die R1-Berechnungsformel

Die Formel in der AbfRRL hängt mit der Formel für die Anlageneffizienz im BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung vom August 2006 (nachstehend BVT-Merkblatt), Anhang 10.4.5, zusammen.

$$Pl\ ef = (O_{exp} - (E_f + E_{imp})) / (E_f + E_{imp} + E_{circ})$$

*Alle Zahlen als Äquivalente gemäß BVT-Merkblatt, Abschnitt 3.5.6*

*$E_f$  = jährlicher Input von Energie in das System aus Brennstoffen, die zur Erzeugung von Dampf eingesetzt werden (GJ/Jahr)*

*$E_{imp}$  = jährliche importierte Energie (Hinweis: Energie aus dem behandelten Abfall ( $E_w$ ) ist hierin nicht enthalten)*

*$E_{circ}$  = jährliche rezirkulierte Energie*

*$O_{exp}$  = jährliche exportierte Energie (Gesamtsumme aus Wärme und Elektrizität als Äquivalente)*

„Ist das Ergebnis höher als 1, so zeigt dies, dass die Anlage abzüglich der importierten Energie mit Dampferzeugung mehr Energie exportiert (BREF) oder erzeugt (ECJ C-228/00) als die Energiemenge, die für den Betrieb des gesamten Abfallverbrennungsprozesses benötigt wird.“

Laut BVT-Merkblatt werden alle Energiemengen ( $E_p$ ,  $E_f$ ,  $E_i$ , und  $E_w$ ) in GJ/Jahr oder MWh/Jahr ausgewiesen, wobei für Wärme und Elektrizität äquivalente Werte gemäß BVT-Merkblatt, Abschnitt 3.5.6 zu Grunde gelegt werden. Primärbrennstoffe werden ohne äquivalenten Wert (d.h. mit einem Faktor von 1) berücksichtigt, weil hiermit keine Energieumwandlung verbunden ist.

Die R1-Formel lässt sich aus den Energieberechnungsformeln, die im BVT-Merkblatt Abfallverbrennung (Anhang 10.4.4) dargestellt sind, folgendermaßen herleiten:

Der Nenner der Kesseffizienz durch Wärme-/Dampferzeugung in Korrelation zum gesamten Input von wärme-/dampferzeugender Energie unter Berücksichtigung von Energieverlusten infolge von Rostasche und Strahlung bzw. des Kohlenstoffrestgehalts in den Rückständen, der sich technisch nicht vermeiden lässt (Faktor 0,97) (BVT-Merkblatt, Anhang 10.4.4, Seite 599)

$$\eta_b(97\%) = \left( \frac{E_{h\ st\ boiler}}{0,97 * (E_f + E_w)} \right) * 100\%$$

wurde zur Herleitung des Nenners der R1-Formel „ $0,97 * (E_f + E_w)$ “ herangezogen.

Der Zähler der R1-Energieeffizienzformel hängt mit dem Zähler der Kesseffizienz ( $E_{h/ st\ boiler}$ ) zusammen. Allerdings wird statt der vom Kessel erzeugten gesamten Wärmeenergie ( $E_{h/ st\ boiler}$ ) nur die aus dem Abfall stammende Energie (Wärme und/oder Elektrizität)

faktisch verwertet - oder mit anderen Worten erzeugt und genutzt -, da die Summe der an Dritte exportierten Energie und der anlagenintern genutzten Energie die Berechnungsbasis für  $E_p$  bildet. Der Zähler der R1-Energieeffizienzformel lässt sich auch vom Zähler der Formel  $PI_{ef} = O_{exp} - (E_f + E_{imp})$  für die Anlageneffizienz ( $PI_{ef}$ ) herleiten. Im Gegensatz zu  $PI_{ef}$  beruht die Verwertungseffizienz einer Verbrennungsanlage nach der Formel in Anhang II der neuen AbfRRL jedoch auf der Energie in Form von Wärme und Elektrizität, die faktisch aufgrund der im Kessel erzeugten Energie ( $O_{prod}$ ) und der von der Anlage exportierten Energie ( $O_{exp}$ ) genutzt wird. (Zur Vereinheitlichung wurde  $O_{prod}$  in  $E_p$  und  $E_{imp}$  in  $E_i$  geändert).

*Energieeffizienz =  $O_{prod} - (E_f + E_{imp}) \Rightarrow E_p - (E_f + E_i)$ . Dies bedeutet, dass die Energieeffizienzformel in der neuen AbfRRL der „energetischen Verwertung von Abfall“ gemäß Abschnitt 3.5.4.1 und 3.5.4.2 (Tabellen 3.40 bis 3.43), S. 195/196, des BVT-Merkblatts Abfallverbrennung entspricht, und nicht dem Anlageneffizienzpotenzial gemäß Beschreibung in Abschnitt 3.5.6 mit dem Titel „Vergleichsdaten zu Eigenenergieverbrauch und Energieerzeugung der Anlagen“.*

*Der berechnete R1-Faktor gibt das Verhältnis an zwischen*

*(a) der aus Abfall verwerteten Energie (exportierte Energie plus intern verbrauchte Energie) minus importierte Energie und*

*(b) der Energie aus Abfall plus sonstige importierte Energie, die für die Dampferzeugung genutzt wird*

## ANHANG 2: Systemgrenzen der R1-Formel

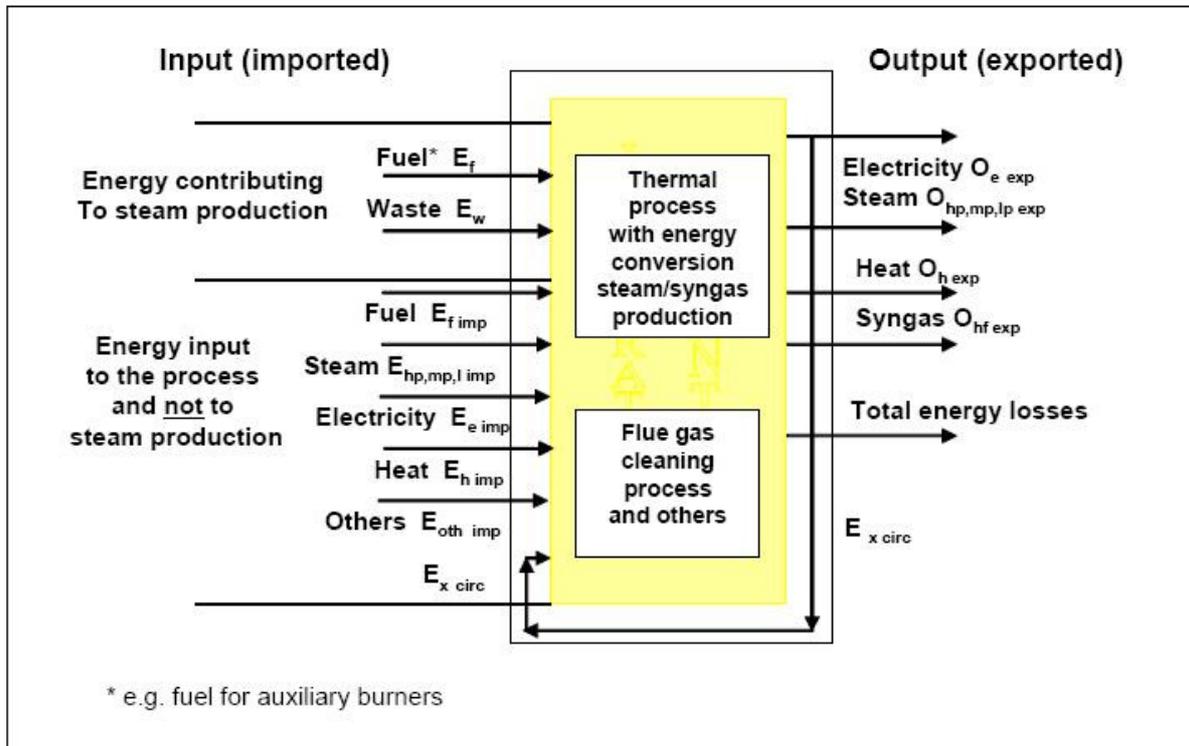


Abb. 1: Energieeffizienz-Systemgrenze gemäß BVT-Merkblatt Abfallverbrennung (Abb. 10.14)

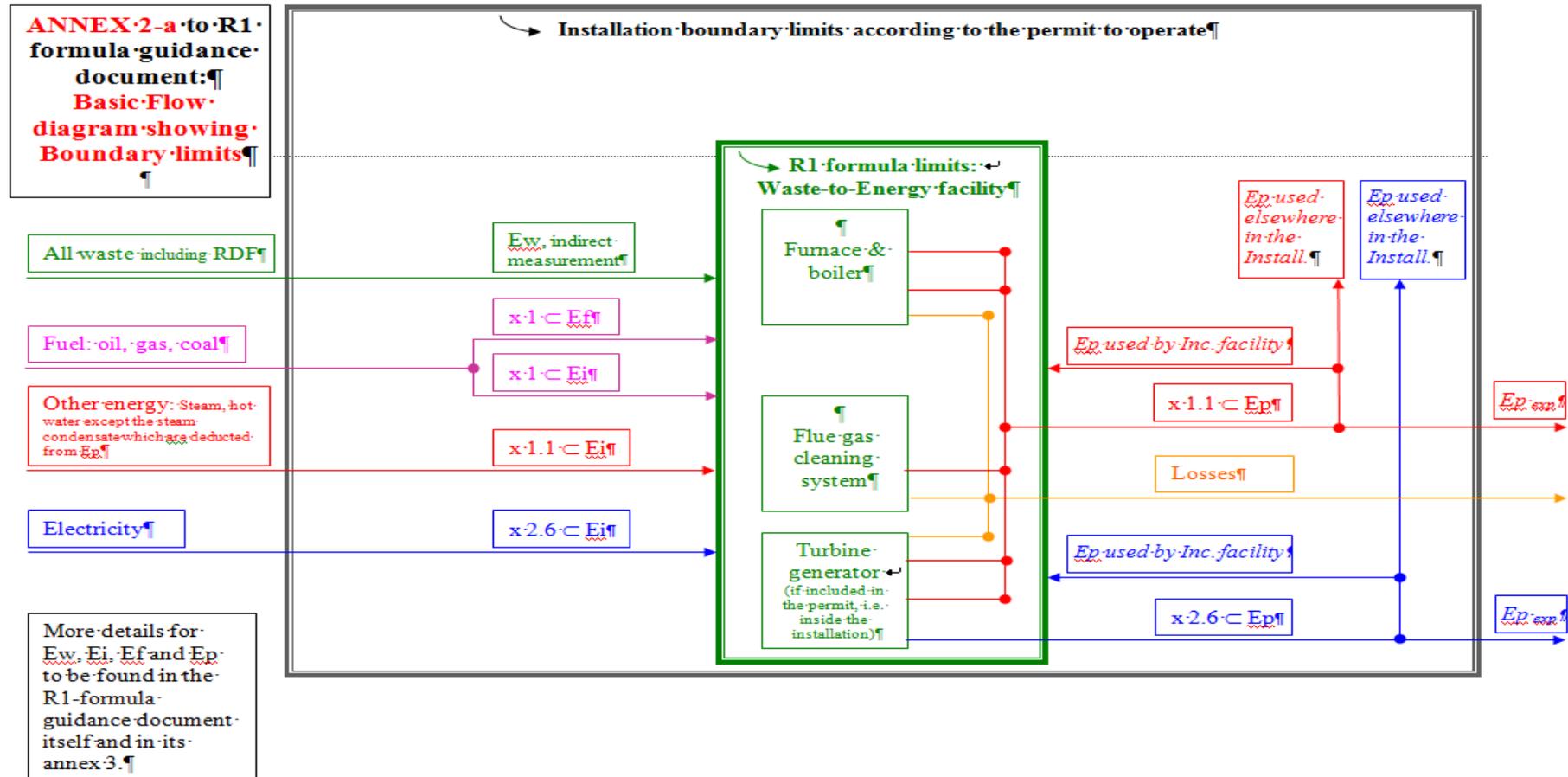


Abb. 2: Unterscheidung zwischen R1-Systemgrenze und Genehmigungsgrenze für Verbrennungsanlagen für feste Siedlungsabfälle (Quelle: CEWEP-ESWET-FEAD-Vorschlag für Leitlinien zur Auslegung der Energieeffizienzformel R1 für Verbrennungsanlagen, deren Zweck in der Behandlung fester Siedlungsabfälle besteht (Abfallrahmenrichtlinie 2008/98/EG, Anhang II, R1-Formel) vom 30.11.2009

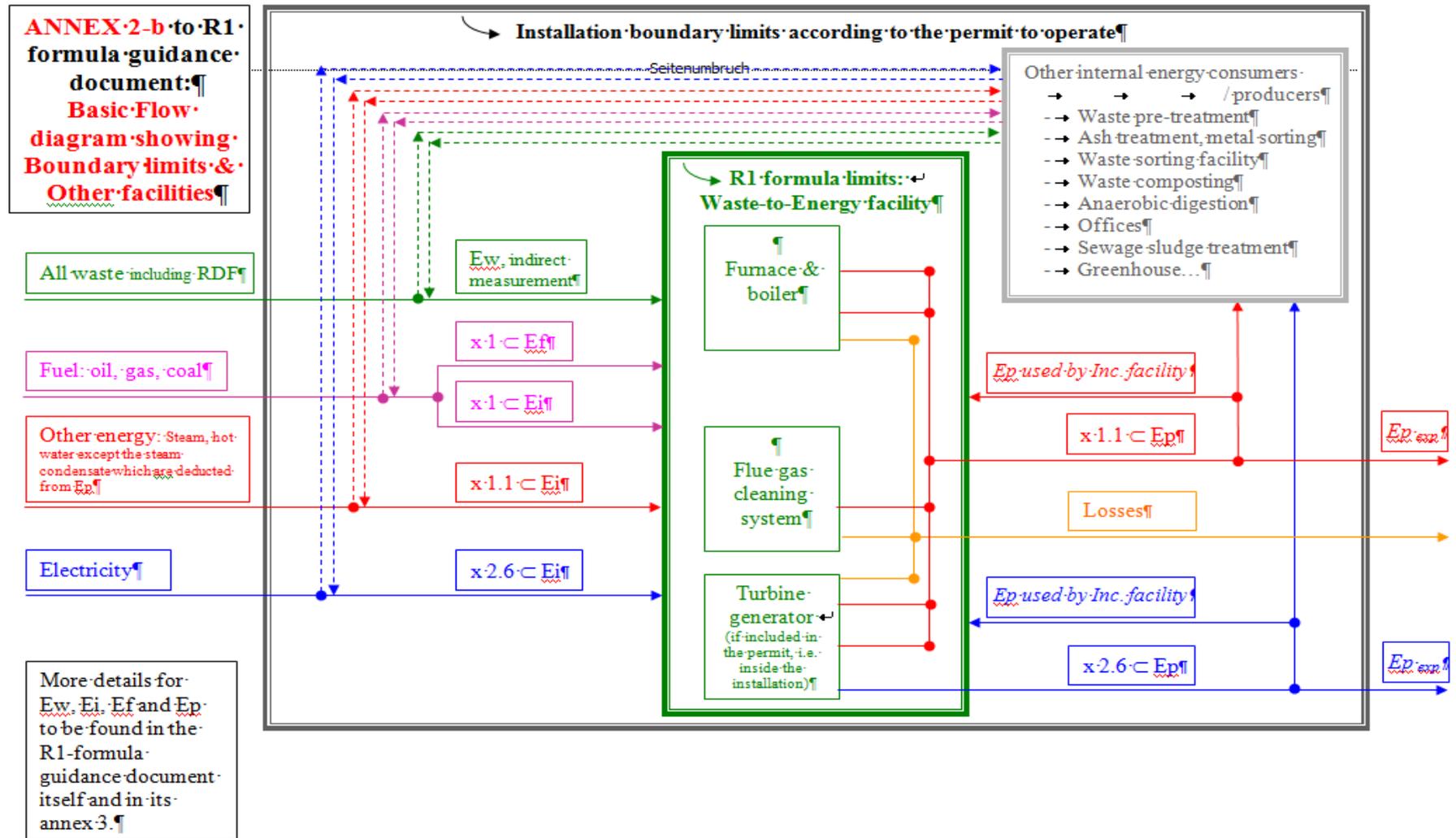


Abb. 3: Sonstige interne Nutzungen, die von der R1-Systemgrenze ausgenommen sind

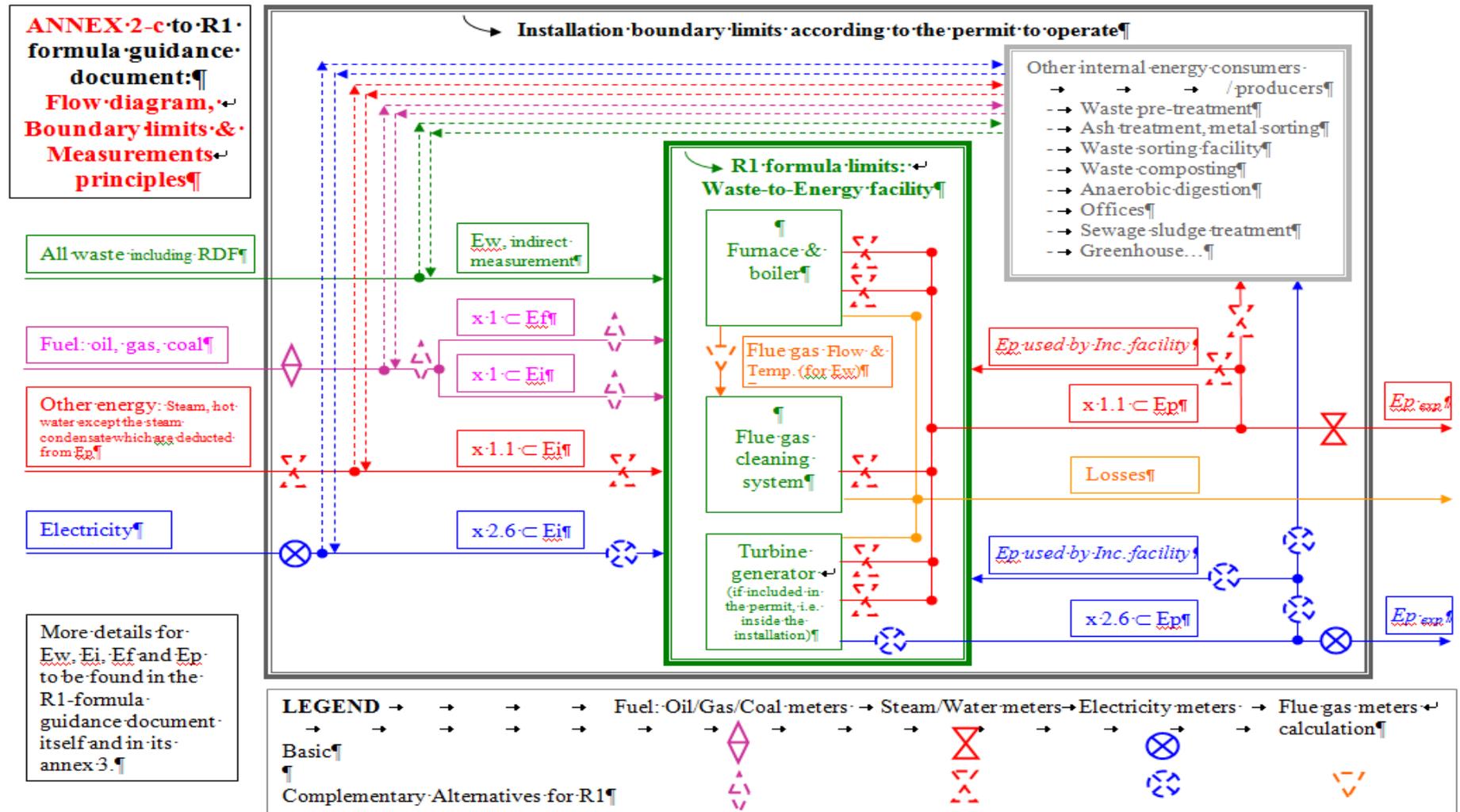


Abb. 4: Lage von Messgeräten zur Bestimmung der für die R1-Berechnung relevanten Energieströme

### ANHANG 3a: In $E_p$ , $E_f$ und $E_i$ einzurechnende Energie

$E_p$	$E_f$	$E_i$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugte Elektrizität (Eigenverbrauch und Lieferung*)</li> <li>• Erzeugte Fernwärme (Eigenverbrauch und Lieferung*)</li> <li>• Erzeugter Betriebsdampf (Eigenverbrauch und Lieferung*)</li> <li>• Sonstige Beheizungsarten (Nahwärme, mobile Wärmespeicher)</li> <li>• Eigennutzungen der Verbrennungsanlage für Elektrizität, Dampf/Wärme sind beispielsweise               <ul style="list-style-type: none"> <li>- zur Verdampfung oder Injektion genutzte Energie, z.B. <math>\text{NH}_4\text{OH}</math>-Injektion mit Dampf, Wasser für Reinigungszwecke oder Abwasser aus Nasswäsche</li> <li>- Energie für Rußbläser</li> <li>- dampfbetriebene Geräte wie Pumpen, Kompressoren, Vakuumpumpen</li> <li>- Energie zur Dampfbegleitheizung</li> <li>- Elektrizität für alle elektrischen Systeme (Pumpen, Motoren, Ventilatoren, Kompressoren, Begleitheizung, Regelsysteme usw.), Gebäude und Infrastruktur (z.B. Beleuchtung, Klimatisierung usw.)</li> <li>- Energie zur Zwischenüberhitzung von Abgas (vor dem katalytischen Reaktor, nach dem Wäscher, vor dem Gewebefilter)</li> <li>- Nutzung der Kondensationswärme aus dem Dampf im Abgas</li> <li>- Wärme für Konzentrationsprozesse (Salzkonzentration, Sprühtrockner)</li> <li>- Energie für Vorrichtungs-, Silo- und Gebäudeheizungen einschließlich Warmwasserzuführung (Verwaltungs- und Gemeinschaftsräume, sonstige Bauwerke)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der Verbrennung mit Brennstoffen zur Aufrechterhaltung der Mindesttemperatur-/Verbrennungsmindestbedingungen</li> <li>• Anfahrprozess mit Brennstoffen ab der Ankopplung des Dampfgenerators an das Netz (Dampfnutzung)</li> <li>• Abfahrprozess mit Brennstoffen bis zur Abkopplung des Dampfgenerators vom Netz (Dampfnutzung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der Verbrennung mit Brennstoffen bei der Verbindung des Dampfgenerators mit dem Netz</li> <li>• Importierte Energie Zwischenüberhitzung von Abgasen, z.B. mit Kanalbrenner (vor dem katalytischen Reaktor oder Wäscher)</li> <li>• Import von Elektrizität für Anlagen ohne T...</li> </ul>

\* Unter „Eigenverbrauch und Lieferung“ von Energie wird die Energie verstanden, die von der Verbrennungsanlage verbraucht wird, sowie die Energie, die innerhalb der Anlage an andere Verbraucher wie auch die Energie, die an Verbraucher außerhalb der Anlage geliefert wird.

## **ANHANG 3b: Relevante BVT zur Begrenzung des Eigenbedarfs und zur Bestimmung von Export-Mindestmengen**

Auszug aus: Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung, BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung, August 2006

### **Empfehlung: 5.2 Spezielle BVT für die Siedlungsabfallverbrennung**

Zusätzlich zu den in Kapitel 5.1 dargestellten allgemeinen Maßnahmen wird für die Siedlungsabfallverbrennung im Allgemeinen als BVT betrachtet:

61. die Lage neuer Anlagen so zu wählen, dass der Einsatz von KWK und/oder die Verwendung von Wärme und/oder Dampf maximiert werden kann, um im Allgemeinen ein Gesamtenergieexportniveau von 1,9 MWh/Tonne Siedlungsabfall zu übertreffen (vgl. Tabelle 3.42), basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 2,9 MWh/Tonne (vgl. Tabelle 2.11)

62. unter Gegebenheiten, bei denen weniger als 1,9 MWh/Tonne Siedlungsabfall (basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 2,9 MWh/Tonne) exportiert werden kann, die bessere der folgenden beiden Möglichkeiten wahrzunehmen:

a. Erzeugung eines jährlichen Durchschnitts von 0,4 – 0,65 MWh Strom/Tonne Siedlungsabfall (basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 2,9 MWh/verarbeiteter Tonne (vgl. Tabelle 2.11), mit zusätzlicher Wärme-/Dampflieferung, soweit dies unter den lokalen Umständen machbar ist, oder

b. Erzeugung von mindestens der gleichen Menge Strom aus dem Abfall, die dem jährlichen Durchschnittsstrombedarf der gesamten Anlage entspricht, einschließlich (sofern sie eingesetzt werden) der Abfallvorbehandlung und der Behandlung von Abfällen am Standort (vgl. Tabelle 3.48)

63. den durchschnittlichen Strombedarf der Anlage (ohne Vorbehandlung oder Behandlung von Abfällen) so zu verringern, dass er allgemein unter 0,15 MWh/Tonne verarbeitetem Siedlungsabfall liegt (vgl. Tabelle 3.47 und Kapitel 4.3.6), basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 2,9 MWh/Tonne Siedlungsabfall (vgl. Tabelle 2.11).

### **Empfehlung: 5.3 Spezielle BVT für die Verbrennung von vorbehandeltem oder vorsortiertem Siedlungsabfall**

Für die Verbrennung von vorbehandeltem oder vorsortiertem Siedlungsabfall (einschließlich aus Siedlungsabfall hergestellten Brennstoffen) wird im Allgemeinen als BVT angesehen:

66. in neuen und bestehenden Anlagen die Erzeugung des höheren Wertes von entweder

a. einem jährlichen Durchschnitt von allgemein mindestens 0,6 – 1,0 MWh Strom/Tonne Abfall (basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 4,2 MWh/Tonne), oder

b. dem jährlichen Durchschnittsstrombedarf der gesamten Anlage, einschließlich (wenn diese eingesetzt werden) Abfallvorbehandlung und Behandlung von Abfällen am Standort.

67. die Lage neuer Anlagen so zu wählen, dass

a. neben 0,6 – 1,0 MWh/Tonne Stromerzeugung die Wärme und/oder der Dampf auch für KWK verwendet werden kann, so dass im Allgemeinen ein Wert für den zusätzlichen thermischen Export von 0,5 – 1,25 MWh/Tonne Abfall (vgl. Kapitel 3.5.4.3) erreicht werden kann (basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 4,2 MWh/Tonne), oder

b. dort wo kein Strom erzeugt wird, ein Wert für den thermischen Export von 3 MWh/Tonne Abfall erreicht werden kann (basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 4,2 MWh/Tonne).

68. den Energiebedarf der Anlage zu verringern und einen durchschnittlichen Strombedarf der Anlage (ohne Vorbehandlung oder Behandlung von Abfällen) von im Allgemeinen unter 0,2 MWh/Tonne verarbeitetem Abfall (vgl. Tabelle 3.47 und Kapitel 4.3.6) zu erreichen, basierend auf einem durchschnittlichen Heizwert von 4,2 MWh/Tonne.

#### **ANHANG 4: Bestimmung des Energieeintrags ( $E_w + E_f$ ) und Heizwerts**

Das Verhältnis zwischen dem Energie-Output und dem Energie-Input ist die Kesseleffizienz, weshalb gilt:

$$E_w + E_f = [(Energie \text{ von Dampf oder Warmwasser} - Energie \text{ von Speisewasser}) / \text{Kesseleffizienz}] - Energie \text{ von Verbrennungsluft}$$

Erforderliche physikalische Größen und zugehörige Instrumente:

- Dampf- oder Warmwasserdurchfluss und Enthalpie (Durchflussmesser, Druck, Temperatur) am Kesselausgang (übliche Lage, bei günstigerer Lage auch anderswo)
- Dampfdurchflüsse und Enthalpie (F, P, T), ggf. Entnahme vor dem Haupt-Dampfdurchflussmesser, z.B. vor der Trommel, falls die Verbrauchereinheit außerhalb der Systemgrenze des kalorimetrischen Systems liegt und diese Durchflüsse nicht aufgrund der Auslegungsdaten berechnet oder keine Pauschalwerte vereinbart werden können.
- Speisewasserdurchfluss und Enthalpie (Durchflussmesser, falls Durchfluss nicht berechnet wird, Temperatur), zumeist am Einlass des Economizers.
- Fühlbare Wärme der Primär- und Sekundärverbrennungsluft. Diese kann aus dem Abnahmeversuch oder einem vereinbarten Pauschalwert übernommen werden, üblicherweise 7 bis 8% von ( $E_w + E_f$ ), falls die Primär- und die Sekundärluft, bzw. 5%, wenn nur die Primärluft vorgewärmt wird. Ist dies nicht möglich: Durchflussmesser, Temperatur nach der Vorwärmung.

Messung physikalischer Größen:

- Die physikalischen Größen, die nicht durch Neuberechnung anderer Daten gewonnen oder als Pauschalwerte übernommen werden, werden üblicherweise fortlaufend gemessen.
- Die entsprechenden Energieströme lassen sich fortlaufend durch örtliche Zähler oder das Steuersystem der Anlage berechnen und im Versuchszeitraum mitteln.

## ANHANG 5: Beispiel und Kalkulationsformular für die Bestimmung des R1-Energieeffizienzfaktors

	Energieart	Einheit	Berichtsjahr		
			Menge [Mg(tonne)]	Heizwert [kJ/kg]	Energie E <sub>x</sub> [MWh]
1.1	Menge des verbrannten Abfalls (ohne 1.2 und 1.3)		701.182	10.264	1.999.148
1.2	z.B. Menge des verbrannten Klärschlamm		0		0
1.3	z.B. Verbrauchsmenge verbrannter Aktivkohle		0		0
<b>1</b>	<b>E<sub>w</sub>: Energieeintrag in das System durch Abfall</b>	<b>MWh</b>			<b>1.999.148</b>
2.1	E <sub>f1</sub> : Menge leichten Heizöls zum Anfahren (nach Ankopplung an das Dampfnetz)	Liter	335.834	42.000	3.370
2.2	E <sub>f2</sub> : Menge leichten Heizöls zum Halten der Verbrennungstemperatur	Liter	323.193	42.000	3.243
2.3	E <sub>f3</sub> : Menge an Erdgas zum Anfahren und Halten der Verbrennungstemperatur	Nm <sup>3</sup>			0
<b>2</b>	<b>S E<sub>f</sub>: Energieeintrag durch importierte Energie <u>mit</u> Dampferzeugung</b>	<b>MWh</b>			<b>6.612</b>
3.1	E <sub>i1</sub> : Menge leichten Heizöls zum Anfahren/Abfahren (keine Ankopplung an das Dampfnetz)	Liter	111.945	42.000	1.123
3.2	E <sub>i2</sub> : z.B. Erdgas zur Erhöhung der Abgastemperatur für den katalytischen Reaktor sowie das Anfahren/Abfahren	Nm <sup>3</sup>	0		0
3.3	E <sub>i3</sub> : Importierte Elektrizität (multipliziert mit dem Äquivalenzfaktor 2,6)		0		0
3.4	E <sub>i4</sub> : Importierte Wärme (multipliziert mit dem Äquivalenzfaktor 1,1)		0		0
<b>3</b>	<b>S E<sub>i</sub>: Energieeintrag durch importierte Energie <u>ohne</u> Dampferzeugung</b>	<b>MWh</b>			<b>1.123</b>
4.1	E <sub>pel internal used</sub> : Erzeugte und intern für den Verbrennungsprozess verbrauchte Elektrizität	MWh	-		82.807
4.2	E <sub>pel exported</sub> : An Dritte gelieferte Elektrizität	MWh	-		339.982
<b>4</b>	<b>S E<sub>pel produced</sub> = E<sub>pel internal used</sub> + E<sub>pel exported</sub></b>	<b>MWh</b>			<b>422.789</b>

	Energieart	Einheit	Berichtsjahr		
			Menge [Mg(tonne)]	Heizwert [kJ/kg]	Energie E <sub>x</sub> [MWh]
5.1	Ep <sub>heat exp.1</sub> : An Dritte gelieferter Dampf ohne Rückfluss als Kondensat		11.750	3.023	9.867
5.2	Ep <sub>heat exp.2</sub> : An Dritte gelieferte Fernwärme mit Rückfluss als Kondensat (Warmwasser)				71.445
<b>5</b>	<b>S Ep<sub>heat exported</sub> = Ep<sub>heat exp.1</sub> + Ep<sub>heat exp.2</sub></b>	<b>MWh</b>			<b>81.312</b>
6.1	Ep <sub>heat int.used1</sub> : für dampfbetriebene Turbinenpumpen für Kesselwasser, Rückfluss als Dampf		42.831	397	4.723
6.2	Ep <sub>heat int.used2</sub> : zum Erwärmen von Abgas mit Dampf, Rückfluss als Kondensat		120.404	2.225	74.416
6.3	Ep <sub>heat int.used4</sub> : zur Konzentration flüssiger APC-Rückstände mit Dampf, Rückfluss als Kondensat		23.863	2.730	18.097
6.4	Ep <sub>heat int.used5</sub> : zum Rußblasen <u>ohne</u> Rückfluss als Dampf oder Kondensat		38.026	2.918	30.822
6.5	Ep <sub>heat int.used7</sub> : zu Beheizungszwecken für Gebäude/Instrumente/Silos, Rückfluss als Kondensat		23.638	2.490	16.351
6.6	Ep <sub>heat int.used8</sub> : zur Entlüftung/Demineralisierung mit Kondensat als Kesselwassereintrag		21.972	2.699	16.475
6.7	Ep <sub>heat int.used9</sub> : zur NH <sub>4</sub> OH- (Wasser-) Injektion <u>ohne</u> Rückfluss als Dampf oder Kondensat		10.517	2.918	8.525
<b>6</b>	<b>S Ep<sub>heat int.used</sub> = S Ep<sub>heat int.used1-9</sub></b>	<b>MWh</b>			<b>169.409</b>
	$R1 = (E_p - (E_f + E_i)) / (0,97 * (E_w + E_f))$		[-]		
	$E_p = 2,6 * (S E_{p_{el\ int.\ used}} + S E_{p_{el\ exported}}) + 1,1 * (S E_{p_{heat\ int.\ used}} + S E_{p_{heat\ exported}})$		MWh	1.375.044,5	
	$R1 = ((2,6 * (422.789) + 1,1 * (250.721)) - (6.612 + 1.123)) / (0,97 * (1.999.148 + 6.612))$			0,703	

#### Anmerkungen:

zu 2.1 Menge leichten Heizöls ( $\rho_{\text{flöil}} = 0,86 \text{ kg/Liter}$ ) während des Anfahrens/Abfahrens mit Dampferzeugung, bestimmt nach dem Bedarf an leichtem Heizöl während des betreffenden Zeitraums: as Dampfnetz angekoppelt, jedoch noch ohne Freisetzung von Abfall in den Brenner.

zu 2.2 Menge leichten Heizöls ( $\rho_{\text{flöil}} = 0,86 \text{ kg/Liter}$ ) ohne Dampferzeugung während des betreffenden Zeitraums: Halten der Verbrennungstemperatur.

zu 3.1 Bestimmt als Differenz zwischen Gesamtbedarf an leichtem Heizöl minus Bedarf nach 2.1 und 2.2.

- zu 5.1 In diesem Beispiel gibt es keinen Rückfluss von Kondensat, daher Differenz der Enthalpie gleich der Enthalpie von Dampf mittleren Drucks (MD) (Hinweis: bei Rückfluss von Kondensat ist  $\Delta c$  die Differenz zwischen der Enthalpie des gelieferten Dampfs minus der Enthalpie des Kondensats).
- zu 5.2 Menge der Fernwärme wird bestimmt aus der Menge des transportierten Warmwassers (Abweichung zur Dampfmenge rund 3%).
- zu 6.1 Dampfbetriebene Turbinenpumpen für Kesselwasser anhand von Dampf hohen Drucks (HD) mit Dekompression zu Dampf niederen Drucks (ND);  $\Delta c = 397 \text{ kJ/kg}$ .
- zu 6.2 Wärmetauscher zum Erwärmen von Abgas werden mit Dampf mittleren Drucks (MD) betrieben (13 bar), je nach Verkrustung der Wärmetauscher und deren Durchsatz, so dass sich der Dampfdruck im Bereich 9-12 bar bewegt. Es wird nur die Enthalpiedifferenz, d.h. die Enthalpie von MD-Dampf (durchschnittlich 10 bar) mit Rückfluss in den Kondensatsammeltank und daher keine Energieverluste berücksichtigt (im Kondensatsammeltank Dekompression zu ND-Dampf, der in das ND-Dampfnetz geht).
- zu 6.3 Flüssige APC-Rückstände werden mit MD-Dampf behandelt, Kondensat mit  $70^\circ\text{C}$  fließt zurück in den Kessel-(Speise-)Wassertank.
- zu 6.4 Hp-Dampf zum Rußblasen mit einem Energiebedarf von  $\Delta c = 3,211 - 293 = 2,918 \text{ kJ/kg}$ . Die Menge der für das Rußblasen verbrauchten, an der HD-Dampferzeugung beteiligten Energie wurde vernachlässigt.
- zu 6.5 Die Beheizung von Gebäuden, z.B. Verwaltungsgebäude, Kesselhäuser und andere Bereiche der Abfallverbrennungsanlage, sowie die Warmwasserbereitung für Sanitärbedarf erfolgt durch Wärmetauscher mit ND-Dampf. Rückfluss von Kondensat mit rund  $70^\circ\text{C}$ .
- zu 6.6 Temperatur des Frischwassers von der Demineralisierungsanlage rund  $20^\circ\text{C}$ . Diese Energie ist nur dann zu berücksichtigen, wenn sie die Temperatur des zur Energieerzeugung genutzten Speisewassers weder direkt noch indirekt erhöht (Näheres hierzu siehe Ziffer 3.2.1 dieser Leitlinien).
- zu 6.7  $\text{NH}_4\text{OH}$ -Injektion mit HD-Dampf.

(Quelle: Nach dem Entwurf der Leitlinien zur Bestimmung des Energieeffizienzfaktors R1 (Richtlinie 2000/98/EG, Anhang II, Ausarbeitung der R1-Formel durch ITAD in Abstimmung mit dem Bundesumweltministerium und dem Umweltbundesamt, Mai 2009).