

# Formel für die Energieeffizienz - Bedeutung und Anwendung

Walter Hauer

Technisches Büro HAUER Umweltwirtschaft GmbH

## Formula for Energy Efficiency – Meaning and Application

### Abstract

The EU-Directive on Waste provides for the classification of waste incineration as a recovery from the so-called energy efficiency. The value represents a comparison, but not the efficiency. State of the art facilities exceed the threshold most part; a waste incineration represents in accordance with the EU Directive usually an "other recovery". For the practical application of the formula, clear guidelines, in particular for the system boundaries, are required. Currently there is considerable room for interpretation.

### Inhaltsangabe

Die EU-Richtlinie über Abfälle verwendet zur Einstufung der Abfallverbrennung als Verwertung die so genannte Energieeffizienz. Der Wert stellt einen Vergleichswert, aber keinen Wirkungsgrad dar. Dem Stand der Technik entsprechende Anlagen überschreiten den Schwellenwert großteils; eine Abfallverbrennung wird daher gemäß EU-Richtlinie meist eine „sonstige Verwertung“ darstellen. Für die praktische Anwendung der Formel sind noch eindeutige Richtlinien, insbesondere zu den Systemgrenzen, erforderlich. Derzeit besteht erheblicher Interpretationsspielraum.

### Keywords

Abfallverbrennung, Energieeffizienz, Thermische Verwertung, EU-Richtlinie über Abfälle

Waste Incineration, Energy Efficiency, Thermal Utilisation, Keywords, EU-Directive on Waste

## 1 Was sagt die Energieeffizienz aus

In der EU-Richtlinie über Abfälle wird für die Art der Behandlung von Abfällen in einer Abfall-Verbrennungsanlage als Beseitigung (D10) oder als Verwertung (R1) auf die so genannte *Energieeffizienz* der jeweiligen Behandlungsanlage abgestellt. Zur Ermittlung der Kennzahl wurde eine Formel in den Anhang II der Richtlinie aufgenommen:

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

Dabei ist  $E_p$  die jährlich als Wärme oder Strom erzeugte Energie.

Um eine Vergleichbarkeit zwischen Anlagen herzustellen die entweder nur Wärme liefern oder nur elektrische Energie oder beides, wurden Faktoren vorgegeben, die den

Umsetzungsgrad von thermischer Energie zu elektrischer Energie berücksichtigen. Nach Einsetzen dieser Faktoren lautet die Formel:

$$\text{Energieeffizienz} = \frac{(1,1 * E_{th} + 2,6 * E_e) - (E_f + E_i)}{0,97 * (E_w + E_f)}$$

Dabei sind:

- $E_w$  die jährliche Energiemenge, die im behandelten Abfall enthalten ist
- $E_e$  Elektroenergie
- $E_{th}$  für gewerbliche Zwecke erzeugte Wärme
- $E_f$  der jährliche Input von Energie in das System aus Brennstoffen (Anm.: ohne Abfälle)
- $E_i$  die jährliche importierte Energiemenge

Die Faktoren 1,1 für Wärme und 2,6 für elektrische Energie sowie der allgemeine Faktor im Nenner von 0,97 normieren auf Wirkungsgrade bzw. Umsetzungsgrade durchschnittlicher Industrieanlagen:

- Auf einen Wirkungsgrad für Wärme von 88,2% ( $= \frac{1}{1,1} * 0,97$ )
- Auf einen Umsetzungsgrad in elektrische Energie von 37,3% ( $= \frac{1}{2,6} * 0,97$ )

Im Vergleich dazu gibt der Energiestatus Österreich 2008 für kalorische Kraftwerke einen durchschnittlichen Umsetzungsgrad von 42% an.<sup>1</sup> Für Kraft-Wärme-Kopplungen wird ein durchschnittlicher Wirkungsgrad für Strom und Wärme von 65% angegeben. Für diesen Wert wird die Brutto-Stromerzeugung (inklusive Eigenverbrauch) und die Netto-Wärmeerzeugung (exklusive Eigenverbrauch) herangezogen. Auf diese Abgrenzung komme ich später wieder zurück.

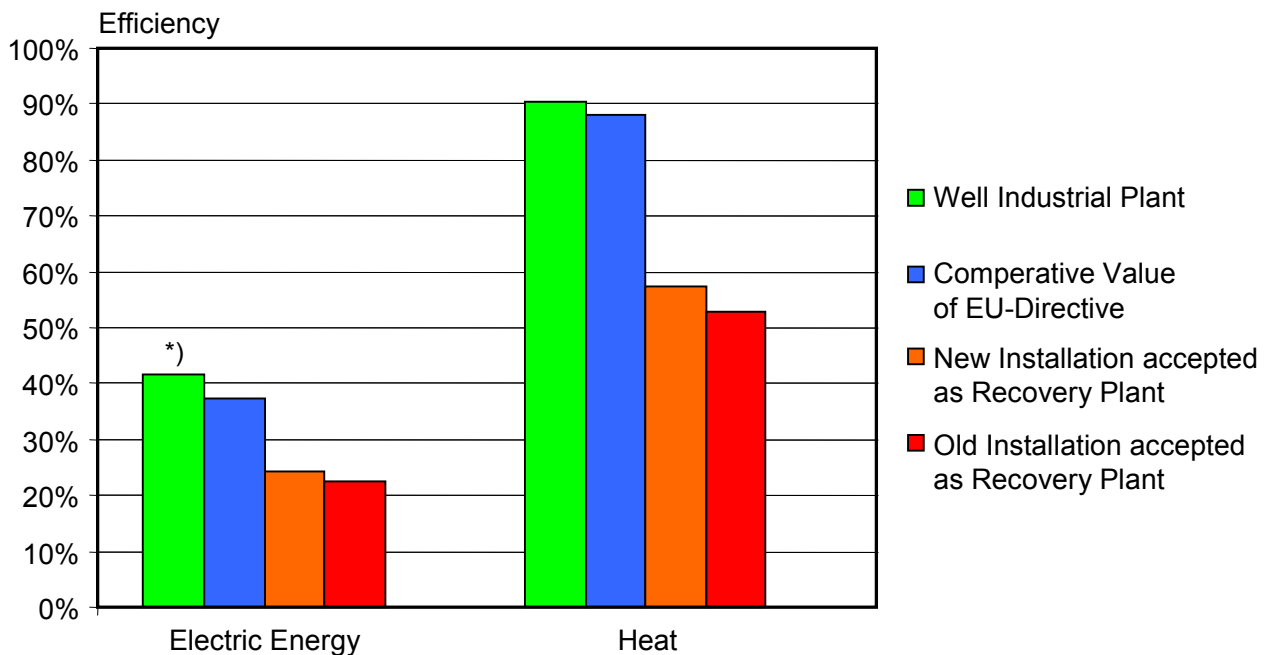
Mit den Faktoren 1,1, 2,6 und 0,97 stellt die Formel auf einen Vergleich mit durchschnittlichen Industrieanlagen ab. Das Ergebnis der Formel stellt eben diesen Vergleich mit Industrieanlagen dar. So sagt z.B. ein Ergebnis für die Energieeffizienz von 0,7 aus, dass die Abfallverbrennungsanlage einen Wirkungsgrad hat, der bei 70% jener einer mittleren Industrieanlage bzw. eines mittleren Kraftwerkes hat. Der tatsächliche Wirkungsgrad liegt darunter.

Anders betrachtet gibt die Formel an, welche Energiemenge aus Primärenergieträgern durch die Verbrennung von Abfällen substituiert wurde. Im oben genannten Beispiel einer Energieeffizienz von 0,7 wurden mit dem Einsatz von Abfällen eben 70% der

<sup>1</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hrsg.): Energiestatus Österreich 2008, S. 37

Primärenergie eingespart, die bei Bereitstellung der Energie aus Primärenergieträgern erforderlich gewesen wäre.

In der folgenden Abbildung ist ersichtlich, welche Wirkungsgrade Abfallverbrennungsanlagen im Vergleich zu Industrieanlagen erreichen müssen, um eine Einstufung der Behandlung als Verwertung zu erreichen. Das sind für Neuanlagen 24% für elektrische Energie und 57% für Wärme. Für bestehende Anlagen reduzieren sich die Werte auf 22% bzw. 53%.



\*) Der Durchschnittswert für die kalorischen Kraftwerke in Österreich beträgt 42%

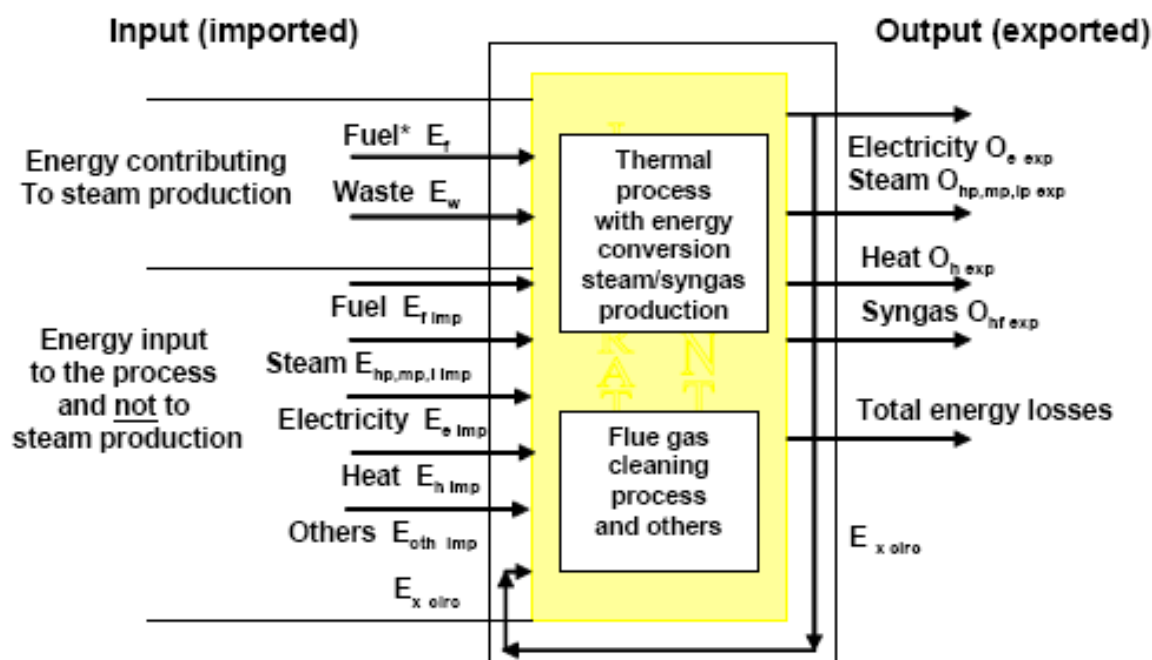
Abbildung 1 Fließbild aus dem BAT-Referenzdokument „Waste Incineration“ (Abb. 10.14)

## 2 Systemgrenzen

Zur Anwendung der Formel verweist die EU-Richtlinie auf das Referenzdokument zu den besten verfügbaren Techniken für die Abfallverbrennung.<sup>2</sup> In diesem Dokument wird festgelegt, dass folgende Prozesse immer zum System der Abfallverbrennung gehören und damit jedenfalls berücksichtigt werden müssen:

- Thermischer Prozess
- Energieumwandlung
- Rauchgasreinigung

<sup>2</sup> Europäische Kommission (Hrsg.): Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, Brüssel 2006



\* e.g. fuel for auxiliary burners

Abbildung 2 Fließbild aus dem BAT-Referenzdokument „Waste Incineration“ (Abb. 10.14)

Im der EU-Richtlinie werden die Systemgrenzen je nach Art der Energie unterschiedlich gezogen:

Elektrische Energie wird zur Gänze als *Elektroenergie* bezeichnet. Somit ist auch der Eigenverbrauch der Anlage als Nutzenergie zu sehen. Dies deckt sich mit der Sichtweise der Betreiber kalorischer Kraftwerke, wo die Bruttoerzeugung betrachtet wird (siehe oben).

Wärme wird insoweit als Nutzenergie berücksichtigt, als sie für *gewerbliche Zwecke* genutzt wird. Hier ist strittig, ob der Eigenverbrauch als für *gewerbliche Zwecke genutzt* bezeichnet werden kann. So könnte man interpretieren, dass intern genutzte Energie z.B. zum Aufheizen der Rauchgase auch gewerblich genutzt würde. Andere Anwendungen wie z.B. zum Beheizen der Betriebsräume entsprechen eher der Begrifflichkeit *gewerblich genutzt*.

Die Unterschiede in den Ergebnissen sind je nach Festlegung unterschiedlicher Systemgrenzen jedenfalls eklatant, wie folgendes Beispiel für die Werte der Energieeffizienz für zwei Anlagen zeigt.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.): ÖWAV-Regelblatt 519 Energetische Wirkungsgrade von Abfallverbrennungsanlagen, S. 25

NETTO: Betrachtung exportierter Energien (Nettoenergiemengen)

NETTO/BRUTTO: Betrachtung der elektrischen Energie brutto (Generatorklemme) und der exportierten Wärme netto

BRUTTO 1: Betrachtung der elektrischen Energie brutto und der Wärmemenge brutto inklusive Eigenbedarf gemäß BAT-Dokument

BRUTTO 2: Betrachtung der Brutto-Wärmemenge inklusive Eigenbedarf (elektrisch und thermisch) sowie intern rezirkulierter Wärme (z.B. zur Speisewasser- oder Luftvorwärmung)

*Tabelle 1 Auswirkung unterschiedlicher Systemgrenzen auf den Wert für die Energieeffizienz*

	<b>NETTO</b>	<b>NETTO / BRUTTO</b>	<b>BRUTTO 1</b>	<b>BRUTTO 2</b>
überwiegende Abgabe von elektrischer Energie	0,60	<b>0,70</b>	0,73	0,91
überwiegende Abgabe von Wärme	0,74	<b>0,80</b>	0,89	0,94

Gemäß meiner Interpretation der EU-Richtlinie, ist die Betrachtung NETTO/BRUTTO anzuwenden. Mit dieser Betrachtung wird dem Sinn der Formel – Messung der Substitution an Primärenergieträgern - am ehesten entsprochen. Durch Verwendung von Energie für den Betrieb einer Abfallverbrennungsanlage (BRUTTO-Betrachtung) wird keine Primärenergie in anderen Energieerzeugungsanlagen / Kraftwerken gespart.

Die NETTO/BRUTTO-Betrachtung deckt sich auch weitgehend mit der bei konventionellen Kraftwerken und Kraft-Wärme-Kopplungen gebräuchlichen Betrachtung.

Die Anlage mit überwiegender Abgabe elektrischer Energie mit einem Wert für die Energieeffizienz von 0,70 kommt unter Berücksichtigung der in der Formel der EU-Richtlinie angewandten Faktoren auf einen Gesamt-Wirkungsgrad von rund 26%. Die MVA Asdonkshof erreicht vergleichsweise einen Wert für die Energieeffizienz von 0,83 bei einem Wirkungsgrad von knapp über 30%.<sup>4</sup>

Tabelle 1 zeigt auch anschaulich, dass für das Erzielen hoher Werte für die Energieeffizienz das Auskoppeln von Wärme hilfreich ist.

<sup>4</sup> Bollig, P.: Energieeffizienzbetrachtung am Beispiel der MVA Asdonkshof, Referat zum Symposium Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz, Duisburg, 26.10.2007

### 3 Beispiele

Dem Autor liegen aus verschiedenen Anlagen aus Deutschland, der Schweiz und aus Österreich Daten zur Energieeffizienz vor. Dabei wurden auch Kombinationen aus mechanisch-biologischen Behandlungen mit anschließender energetischer Nutzung der heizwertreichen Fraktionen in Wirbelschichtanlagen in den Vergleich mit einbezogen.

Die Ergebnisse zeigen einen Wertebereich von 0,4 bis 0,5 für die Kombination mechanisch-biologischer Abfallbehandlungsanlagen mit anschließender Verbrennung heizwertreicher Fraktionen in Abfallverbrennungsanlagen. Die Werte für Rostfeuerungen lagen je nach Anlage, Energienutzung und Systemgrenze zwischen 0,6 und 0,8. Eine Wirbelschichtfeuerung erreichte den Wert 0,84. Bei einer Mitverbrennung ausgewählter Fraktionen in einem modernen kalorischen Kraftwerk hat sich ein Wert größer 1 ergeben.

Bei genauer Betrachtung der Berechnung der Werte für die Energieeffizienz wurde deutlich, wie schwierig das Einhalten gleicher Systemgrenzen ist. Werden jedoch die Systemgrenzen unterschiedlich gezogen, so ist die Vergleichbarkeit der Werte nicht mehr gegeben. Beispielhaft sei die Argumentation angeführt, dass ja der Zweck einer Müllverbrennungsanlage primär die Inertisierung der Abfälle ist. Demnach wäre jede Nutzung von Energie auch innerhalb der Anlage z.B. zum Betrieb von Pumpen oder zum Aufwärmen von Rauchgasen eine Substitution von Primärenergie, da die Anlagen jedenfalls betrieben werden müssten, auch wenn sie keine Energie (für sich selbst) liefern würden. Diese Betrachtung führte dazu, dass in vielen Fällen der Wert für die Energieeffizienz nach der oben beschriebenen Methode BRUTTO 1 ermittelt wurde.

Die betrachteten Verbrennungsanlagen erreichen mit einem Wert größer 0,6 (für Altanlagen) alle den Status einer „Sonstigen Verwertung“<sup>5</sup>. Moderne Anlagen erreichen auch ohne Wärmeauskoppelung (nur mit Umwandlung in elektrische Energie) den geforderten Mindestwert für Neuanlagen von 0,65.

### 4 Kritische Würdigung und Zusammenfassung

Die Formel für die Energieeffizienz ermöglicht einen Vergleich zwischen verschiedenen Anlagen, und zwar unabhängig ob die Anlage Brennstoffe oder Abfälle verbrennt und unabhängig in welcher Form die Anlage Energie abgibt – ob in Form elektrischer Energie und/oder in Form von Wärme oder Dampf.

---

<sup>5</sup> gemäß EU-Richtlinie über Abfälle, Artikel 4 „Abfallhierarchie“, Abs. 1

Es muss eindringlich und deutlich darauf hingewiesen werden, dass der **Wert für die Energieeffizienz keinen Wirkungsgrad** im thermodynamischen Sinn darstellt, dass der Wert lediglich einen Vergleich zu anderen Anlagen ermöglicht.

Zu wünschen ist, dass für die weitere Anwendung der Formel rasch eindeutige Richtlinien zu deren praktischer Anwendung, insbesondere zur Festlegung der Systemgrenzen herausgegeben werden. Hier besteht für eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen ein zu hoher Interpretationsspielraum.

## 5 Literatur

- |   |      |  |
|---|------|--|
| Bollig, P   | 2007 | Energieeffizienzbetrachtung am Beispiel der MVA Asdonkshof, Referat zum Symposium Beitrag der Abfallwirtschaft zum Klimaschutz, Duisburg |
| Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.) | 2010 | ÖWAV-Regelblatt 519 Energetische Wirkungsgrade von Abfallverbrennungsanlagen   |
| Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (Hrsg.)           | 2008 | Energiestatus Österreich   |
| Europäische Kommission (Hrsg.)                                | 2006 | Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration                   |

### **Anschrift des Verfassers:**

Ing. Mag. Walter Hauer  
Technisches Büro HAUER Umweltwirtschaft GmbH  
Brückenstraße 6  
A-2100 Korneuburg  
Telefon +43 2262 62223  
Email [tbhauer@tbhauer.at](mailto:tbhauer@tbhauer.at)  
Website: [www.tbhauer.at](http://www.tbhauer.at)