

# Abfall und Energie

## 1 Zum Begriff „Energetische Verwertung“

Fast immer ist die Energiebilanz einer stofflichen Verwertung deutlich besser als die einer thermischen Verwertung bzw. Verbrennung in einer Abfallverbrennungsanlage, denn die bei der Verbrennung erzeugte Energie muss zum gesamten Energieinhalt des Mülls in Beziehung gesetzt werden. Es wird nämlich häufig übersehen, dass bei der Verbrennung nur ein Teil des Heizwerts genutzt wird, während die gesamte Produktionsenergie, die z.B. bei Papier, Pappe und zahlreichen Kunststoffen etwa ebenso hoch ist wie der Heizwert, vollständig verloren geht. Diese Gesamtenergie, bestehend aus dem Heizwert des Mülls und dem Primärenergiebedarf zur Herstellung der zu Müll gewordenen Produkte, wird als Energieäquivalenz-Wert bezeichnet. Die Gesamtenergie wird bei durchschnittlicher Müllzusammensetzung ca. 24,5 MJ/kg Müll (Lit. 1) beziffert. Dieser Wert mag im Einzelfall höher oder niedriger sein, entscheidend ist, dass der Primärenergiebedarf bei der Herstellung der Produkte berücksichtigt werden muss. Dies sei am Beispiel Papier näher erläutert (s. Abb. 1):

- Der Heizwert von Papier beträgt etwa 15 MJ/kg (*H*).
- Die Produktion eines kg Papier aus Zellstoff benötigt durchschnittlich rund 15 MJ. Die Gesamtenergie, also Heizwert + Produktionsenergie, beträgt also rund 30 MJ/kg.
- Bei der Müllverbrennung ist bei Kraft-Wärme-Kopplung mit einem durchschnittlichen Wirkungsgrad von 35 % (Lit. 2) nur rund 5,3 MJ/kg (35 % von 15 MJ/kg) Energie zu erzeugen.
- Der Nettoverlust beträgt somit rund 24,7 MJ/kg von ursprünglich 30 MJ/kg.
- Demgegenüber ist für die Produktion von 1 kg Recyclingpapier aus Altpapier ein Energieaufwand von durchschnittlich nur 8 MJ notwendig. Der gesamte Heizwert bleibt erhalten. Beim Recycling von Altpapier beträgt der Nettoverlust also lediglich 8 MJ/kg statt 24,7 MJ/kg bei der Verbrennung.

Auf diese Weise können durch das Altpapierrecycling (inzwischen mehr als 15 Millionen t/Jahr in Deutschland) theoretisch mehr als 180 PJ/Jahr an Energie (Strom und Wärme) eingespart werden, wobei unter Berücksichtigung des Außenhandels ein Teil dieser Einsparungen im Ausland erfolgt.

Natürlich ist Abfall zu vermeiden noch wichtiger als Recycling, aber ohne Recycling geht es nicht, und dessen Anteil leistet einen erheblichen Beitrag zur notwendigen Energieeinsparung.

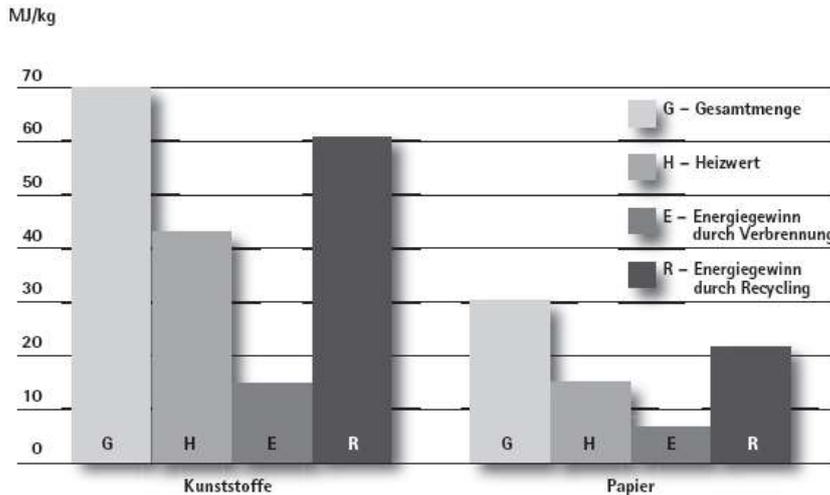


Abbildung 1:  
Energieverschwendung  
durch Müllverbrennung,  
MJ = Energieeinheit  
(1 MJ = 1.000 kJ =  
0,2778 kWh)

Abbildung 1 Energieverschwendung durch Müllverbrennung

Ähnliche Zahlen ergeben sich bei der Verbrennung bzw. der werkstofflichen Verwertung von Kunststoffabfällen. Beim werkstofflichen Recycling muss ein Energieaufwand von rund 9 MJ/kg für das Sammeln, die maschinelle Trennung, das Nachreinigen und das Einschmelzen von sortenrein erfassten Kunststoffabfällen berücksichtigt werden (Lit. 3), was wenig ist bei einem Produktionsenergieaufwand in der Größenordnung von rund 40 MJ/kg. Selbst bei Produkten mit so hohem Heizwert schneidet die werkstoffliche Verwertung also immer noch günstiger ab als die Verbrennung. Wenn sich also Chemie- und Kunststoffindustrie bei der Einführung des Dualen Systems lange gegen eine Teilnahme gestäubt hatten und statt dessen der "Thermischen Verwertung" den Vorzug geben wollten, so war das Irreführung. Der chemischen Industrie ging es in erster Linie darum, Neuprodukte zu verkaufen. Insbesondere in den Anfangsjahren des Dualen Systems war die Verwertung gemischter Kunststoffabfälle aufgrund fehlender Technologien mit vielen Schwierigkeiten verbunden, was dann auch zu einigen Skandalen führte. Aus Tab. 1 geht hervor, welchen Anteil die Produktionsenergie an der Gesamtenergie bei verschiedenen Kunststoffen aufweist.

Kunststoff	Produktionsenergie (MJ/kg)	Heizwert (MJ/kg)	Energie-Äquivalent (MJ/kg)	Verhältnis von Heizwert zu Energie-Äquivalent
Polyethylen	27	43	70	0,61
Polypropylen	29	44	73	0,60
Polystyrol	40	40	80	0,50
Hart-PVC	35	18	53	0,34
PET	53	31	84	0,37

Zum Vergleich:

	Heizwert (MJ/kg)
Steinkohle	Bis zu 29
Heizöl	42
Holz	rund 16

Tabelle 1 Vergleich von Heizwerten und Energie-Äquivalenten für einige Kunststoffe (Lit. 4)

Aus den hier dargelegten Gründen verwendet der BUND den Begriff "energetische Verwertung" in der Regel in Anführungszeichen und spricht stattdessen von einer Verbrennung von bestimmten Abfallfraktionen mit Nutzung der erzeugten Energie. Im KrW/AbfG wird als Kriterium für eine energetische Verwertung das Vorliegen eines Heizwerts von mindestens 11 MJ/kg genannt. Nach EU-Recht ist dieses Kriterium bei der Einstufung als thermische Verwertung nicht von Bedeutung. In der Praxis steht die "energetische Verwertung" genauso wie die Restmüllverbrennung in direkter Konkurrenz zur Vermeidung und Verwertung; Gerade die Diskussionen um die Kunststoffverwertung und um die Mitverbrennung von Sekundärbrennstoffen haben das deutlich gezeigt.

Dass die stoffliche Verwertung von Abfällen aus der getrennten Sammlung kostengünstiger als die Verbrennung ist, gilt außer für Bioabfall, Altpapier, Altglas und Metallen inzwischen auch bei einer Reihe von Kunststoffen. Auf Grund des kräftigen Anstiegs der Ölpreise und somit auch der Preise für Rohware in den letzten Jahren lassen sich die gängigen Kunststoffsorten wie PE (Polyethylen), PP (Polypropylen) und PET (Polyethylenterephthalat) aus dem Bereich der Kunststoffverpackungen kostendeckend verwerten. Bei reinen Kunststoffabfällen, wie sie in Gewerbebetrieben anfallen können, war das übrigens schon immer der Fall.

## 2 Wirkungsgrad der Müllverbrennung

Bei der Produktion von Strom und Dampf bei der Verbrennung von Müll spielt eine Rolle, wie gut die im Müll steckende Energie in Müllverbrennungsanlagen genutzt wird, d.h. wie hoch der thermische Wirkungsgrad einer Müllverbrennungsanlage ist. Verfahrensbedingt sind diesem Grenzen gesetzt. Hierfür gibt es mehrere Gründe:

- Große Anteile des Verbrennungsguts sind ohne jeden Heizwert (z.B. noch im Müll vorhandenes Altglas, Steine, anderes mineralisches Material usw.).
- Aufgrund der Inhomogenität des „Brennstoffs“ Müll ist ein hoher Luftüberschuss (ca. 50 - 100 %) erforderlich.
- Die hohe Feuchte des Mülls von durchschnittlich 25 - 30 % trägt zu einem niedrigen Heizwert bei.
- Der Energieverbrauch der Rauchgasreinigung liegt bei 2 bis 5% des Energiegehaltes der verbrannten Abfälle.

Ein ganz wesentlicher Faktor aber ist, dass an vielen Standorten eine Auskopplung von Dampf oder Fernwärme aufgrund fehlender Infrastruktur nur in geringem Maße stattfindet oder überhaupt nicht möglich ist.

Unter Berücksichtigung des Energieverbrauchs für die Rauchgasreinigung und der Tatsache, dass eine Auskopplung von Dampf oder Fernwärme häufig nicht stattfindet bzw. nicht möglich ist, kann der durchschnittliche Wirkungsgrad deutscher Müllverbrennungsanlagen mit ca. 9 % elektrisch und 26 % thermisch

(Prozessdampf, Fernwärme) beziffert werden (Lit. 2). Verglichen mit Heizkraftwerken, die mit Gas befeuert werden und Gesamtwirkungsgrade bis etwa 90% erzielen, ist das ausgesprochen wenig. Die Spanne ist sehr groß. An Standorten, an denen meist nur Strom erzeugt wird, liegt der Wirkungsgrad bei 15 % und darunter. Wenn hauptsächlich die Abwärme genutzt wird, können bis ca. 70 % der eingebrachten Energie verwertet werden. Auch das liegt unter dem thermischen Wirkungsgrad von Fernheizwerken mit Werten von knapp über 90 %.

Im Zuge steigender Preise für Strom und Dampf spielt die Energienutzung beim Bau neuer Anlagen eine zunehmend bedeutende Rolle. Neuanlagen werden vermehrt an industrienahen Standorten geplant, die höhere Wirkungsgrade erlauben. Nach wie vor scheint sich das Geschäft mit der Abfallverbrennung aber auch an energetisch ungünstigen Standorten zu lohnen. Beispielsweise hat die Fa. Vattenfall in der Nähe von Berlin zur Versorgung eines benachbarten Zementwerkes mit Strom eine Abfallverbrennungsanlage gebaut. Das Zementwerk wirft am Standort schon selbst so große Mengen ungenutzter Wärme ab, dass eine Kraft-Wärme-Kopplung für diese neue Verbrennungsanlage nie in Frage kam.

In den 80er Jahren lag der Heizwert des Mülls in Deutschland (West) zwischen 7 und 9,4 MJ/kg Müll (Lit. 5). Durch die seitdem verstärkte Biomüll-, Altglas- und Metallverwertung ist der Heizwert des Restmülls angestiegen, z.B. in Bayern im Jahr 2005 auf 9,3 - 13,0 MJ/kg Müll (Lit. 6). Nur ganz vereinzelt kommt es vor, dass bei zu geringem Heizwert des Mülls die Feuerraumtemperatur absinkt und die Stützfeuerung zugeschaltet werden muss, die mit Heizöl oder Erdgas erfolgt, was dann den Gesamtwirkungsgrad dieser MVA noch einmal verringert.

### 3 Klima und Abfall

Seit 2007 hat der Klimaschutz erfreulicherweise wieder mehr Aufmerksamkeit erlangt, und es wird diskutiert, inwieweit die Abfallwirtschaft zum Schutz des Klimas beitragen kann.

Bei der herkömmlichen Deponierung von Gesamtmüll mit einem hohen Anteil von biogenen Abfällen werden tatsächlich erhebliche Mengen an Treibhausgasen emittiert, vor allem Methan ( $\text{CH}_4$ ), das 21mal stärker als  $\text{CO}_2$  als Treibhausgas wirkt.

Diese Art der Deponierung wurde vom BUND seit langem kritisiert. Sicherlich ist vorgeschrieben, das Deponiegas zu fassen und zu verbrennen, und meist geschieht das auch unter Nutzung der dabei frei werdenden Energie, aber auch in einer gut betriebenen Deponie kann Deponiegas nicht zu 100% gefasst werden. Eine mehr oder minder große Menge entweicht. Die Vorbehandlung des Restmülls, um die Bildung von Deponiegas zu vermeiden, ist also auch unter Klimagesichtspunkten sinnvoll.

Da es seit Juni 2005 nicht mehr zulässig ist, nicht vorbehandelten Müll auf einer Deponie abzulagern, ist es nicht redlich, zu argumentieren, diese Verminderung der Treibhausgasemissionen wäre auf die Abfallverbrennung zurückzuführen.

Erstens ist die antiquierte Art der Deponierung von Gesamtmüll mit einem hohen Anteil von biogenen Abfällen sowieso verboten.

Zweitens stammen rund 45% des  $\text{CO}_2$ , das bei der Verbrennung ausgestoßen wird, aus fossilen Quellen, vornehmlich aus Kunststoffabfällen, was oft übersehen wird.

Drittens kann die Entstehung von  $\text{CH}_4$  vor allem durch die getrennte Sammlung von Biomüll mit anschließender Kompostierung verhindert werden. Und bei der Biomüllvergärung kann  $\text{CH}_4$  sogar zur Energieerzeugung genutzt werden.

Viertens kann Restmüll auch mechanisch-biologisch behandelt werden.

Fünftens, und das ist von noch größerer Bedeutung, muss auch die Energie- und CO<sub>2</sub>-Menge berücksichtigt werden, die auf die Neuproduktion der verbrannten Gegenstände zurückzuführen ist (s. Abschnitt 1). Es gibt also keinen Grund, Müll zu verbrennen, um Methan-Emissionen zu vermeiden.

Umgekehrt muss auch der positive Einfluss von Recyclingmaßnahmen auf den Klimaschutz dargestellt werden:

Berechnungen des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (Lit. 7, 8) ergaben für Papier/Pappe sowie für Stahl eine Verringerung des Ausstoßes an Treibhausgasen durch Recycling von jeweils 56 %, verglichen mit der Produktion der entsprechenden Materialien aus Primärrohstoffen, bei Kupfer lag das Einsparpotential bei 64 %, bei Polyethylenfolie bei rund 70 % und bei PET sogar bei fast 85 %.

Nach einer Studie des Ökopol-Instituts (Lit. 9) werden schon derzeit rund 160 Millionen t CO<sub>2</sub>-Äquivalent pro Jahr in den 27 EU-Ländern allein durch Recycling eingespart.

Dr. Hartmut Hoffmann, BUND-AK Abfall, 21.10.2010

Lit.:

- 1) Koch, T. C., Seeberger, J., Petrik, H.: Ökologische Müllverwertung, S. 323, Karlsruhe 1986
- 3) Ullmanns Enzyklopädie der Technischen Chemie 1981, verschiedene Bände, nach: Neidhardt, R.: Müllverbrennung - Ein brennendes Problem für Mensch und Natur, BUNDargumente, Bonn 1. Auflage 1988
- 4) Kindler, H., Nikles, A.: Vergleich von Energie-Äquivalenten und Heizwerten für einige Kunststoffe, Kunststoffe 70(12), S. 802-807 (1980).
- 2) Reimann, D. O.: „Datenerhebung und Auswertung zur Energieeffizienz 2002/03 am Beispiel bisher berechneter 21 Abfallverbrennungsanlagen“. Vortrag anlässlich der 7. Mitgliederversammlung der ITAD, Mainz, 14. 10. 2004
- 5) Koch, T. C., Seeberger, J.: Ökologische Müllverwertung, S. 79, Karlsruhe 1984
- 6) Abfallwirtschaft - Hausmüll in Bayern - Bilanzen 2006, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, S. 59, Augsburg 2007
- 7) Eder, S. W.: Recycling lohnt sich für die CO<sub>2</sub>-Bilanz, VDI nachrichten, Köln, 13.6.2008
- 8) Pflaum, H., Hiebel, M.: Recycling für den Klimaschutz, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, Oberhausen 2008
- 9) Sander, K.: Climate Protection Potentials of EU Recycling Targets, Ökopol, Hamburg, Januar 2008