

Energiegewinnung aus Ersatzbrennstoffen – Problemlösung für die Zukunft?

Prof. Dr.- Ing. **E. Pruckner**, Fachhochschule Heilbronn, Steinbeis-Transferzentrum für Verfahrens-, Energie- und Umweltechnik, Heilbronn

1 Einleitung und Ausgangslage

Schonung von Ressourcen, Nutzung erneuerbarer Energien, Energie- und Rohstoffgewinnung aus Abfall: Aus der Erkenntnis, dass ein sparsamer Umgang mit Energie sowohl aus ökonomischen als auch aus ökologischen Gründen dringend geboten erscheint, sind in den letzten Jahren in vielen Industriestaaten Anstrengungen hinsichtlich einer rationellen Nutzung der Energieressourcen zu verzeichnen.

Bei dem derzeitigen Energieverbrauch fällt mehr als die Hälfte in Abwärme an. Sie bleibt meistens ungenutzt, heizt die Atmosphäre auf und belastet diese in erheblichem Umfang mit schädlichen Abgasen. Der andere Teil der verbrauchten Energie ist an veränderte oder neu gebildete Stoffe gebunden, die bei Abgabe an die Umgebung gleichfalls zu deren Belastung führen, wenn diese Stoffe sich von der natürlichen Umwelt unterscheiden. Dem versuchte man durch Maßnahmen wie **Rohstoffrecycling** und **Kreislaufwirtschaft** zu begegnen.

Bei der Behandlung von Abfällen wird entsprechend dem **Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz** zwischen **Abfällen zur Verwertung** und **Abfällen zur Beseitigung** unterschieden. Die Verwertung von Abfällen umfasst dabei insbesondere das **Recycling**, z.B. die Aufarbeitung von Materialien wie Aluminium, Glas oder Papier. Die Beseitigung von Abfällen umfasst bisher die **Deponierung** ebenso wie die **thermische Behandlung von Abfällen**.

Die gewonnene Energie bei der **thermischen Behandlung** von Abfällen beträgt derzeit **weniger als ein Prozent des gesamten Primärenergieverbrauchs**. Geht man davon aus, dass der gesamte thermisch verwertbare Anteil des Abfalls auch thermisch behandelt werden könnte, so betrüge der Anteil der Abfallenergie ca. drei Prozent des Primärenergieverbrauchs.

Die bei der thermischen Behandlung gewonnene Energie wird praktisch ausschließlich zur Erzeugung von Dampf verwendet. Der Dampf wird entweder zur Verstromung bzw. Bereitstellung von Fernwärme verwandt oder er wird an externe Verbraucher abgegeben.

Wird die in Form von Strom gewonnene Energie auf alle Verbrennungsanlagen in Deutschland extrapoliert und mit der in Deutschland als Strom produzierten Energie verglichen, so ergibt sich das in **Bild 1-1** dargestellte Verhältnis.

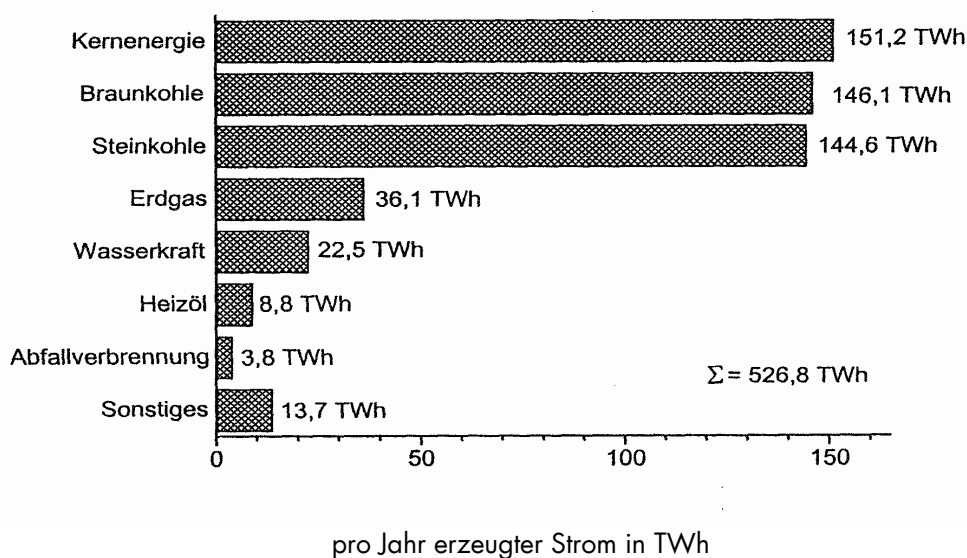


Bild 1-1: Stromerzeugung in Abfallverbrennungsanlagen im Vergleich zur Stromerzeugung in Kraftwerken

Durch das **Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz** hat die Verwertung der hochkalorischen Fraktion von Restabfällen und Abfällen einen neuen

Stellenwert erhalten. In diesem Zusammenhang gewinnt deren energetische Nutzung als **Ersatzbrennstoff (EBS)** mehr und mehr an wirtschaftlicher Bedeutung.

So werden z.B. heizwertreiche gewerbliche Abfälle wie Altreifen, Altöl, Altholz, Rinde, Schlämme aus der Zellstoff- und Kartonagenproduktion, Papierschlamm, Altstyropor seit Jahren in Zementwerken, Kraftwerken, Ziegeleien und Industriefeuerungen als **Ersatzbrennstoff** eingesetzt.

2 Geschichte der Ersatzbrennstoffe

Bereits Anfang der 70er Jahre galt das Interesse der gezielten mechanischen Aufbereitung von Restabfällen zu Ersatzbrennstoffen (EBS) bzw. Brennstoff aus Müll (BRAM). Bedingt durch vermeintlich begrenzte Primärenergiereserven, die sich besonders deutlich in den Rohstoff- und Energiepreisen in den Jahren 1973/1974 ausdrückten, rückten Abfälle europaweit in den Mittelpunkt des Interesses, da man sie als bis dato nicht erschlossene „Rohstoffe“ ansah. Die Idee der **Sortierung von Abfällen** zur **Brennstoffgewinnung** basiert damit vor allem im Wesentlichen auf energiewirtschaftlichen Erwägungen. Alternative Brennstoffe sollten konventionelle Primärenergieträger ergänzen und wenn möglich substituieren.

Das **Anforderungsprofil** an diese Brennstoffe wurde weitgehend durch energetische Parameter bestimmt. Es wurde aber sehr schnell deutlich, dass Technologien, die aus der Energiewirtschaft bekannt sind, nicht ohne wesentlichen Forschungsaufwand auf heterogenen Abfall umgesetzt werden können.

Das damalige Scheitern dieser alternativen Brennstoffe ist auf folgende Punkte zurückzuführen:

- o Die Produktion von BRAM war erheblich teurer als zuvor eingeschätzt.
- o Eine einfache Verfahrenstechnik war nicht in der Lage, Brennstoffe mit ausreichend guten Verbrennungseigenschaften zu produzieren.
- o Die schwankende Qualität hatte erheblichen Einfluss auf die Abnahmesituation.
- o Die erzeugten Produkte wurden im Markt nicht akzeptiert.

In Deutschland waren es die Anlagen Rohstoffrückgewinnungszentrum Ruhr (RZR) in Herten und das Bundesmodell für Abfallverwertung in Dusslingen/Reutlingen, die großtechnisch die Produktion von Ersatzbrennstoffen erprobten.

3 Gesetzliche Rahmenbedingungen

Die Vorgaben und Rahmenbedingungen für die **Herstellung** und die **Verwertung** von **Ersatzbrennstoffen** stützen sich auf folgende rechtliche und technische Regelungen:

- **EU-Richtlinie (EU-Rili) über die Verbrennung von Abfällen sowie deren nationale Umsetzung**

Die zukünftige EU-Verbrennungsrichtlinie gilt sowohl für klassische Müllverbrennungsanlagen als auch für die Mitverbrennung von nicht gefährlichen Abfällen in Industrieanlagen.

In den Anhängen zur neuen Verbrennungsrichtlinie werden Emissionsgrenzwerte für Verbrennungsanlagen, Zementwerke, Feuerungsanlagen und sonstige Industrieanlagen festgelegt.

Die **EU-Verbrennungsrichtlinie** macht zahlreiche Änderungen in der deutschen Gesetzgebung erforderlich. Beim Einsatz von **Ersatzbrennstoffen** ist zukünftig auf jeden Fall von strengeren Anforderungen und Auflagen auszugehen.

- **Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) mit der Zielhierarchie: Vermeidung - Verwertung - Beseitigung**

Abfälle sind vorrangig stofflich oder energetisch zu verwerten, wenn die Verwertung technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar ist und für die gewonnenen Produkte ein Markt vorhanden ist oder geschaffen werden kann. **Die energetische Verwertung beinhaltet auch den Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff.**

- **Technische Anleitung Siedlungsabfall (TASI) mit dem Ziel der nachsorgefreien Deponie**

- **Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen (AbfAbIV)**

- **Bundes-Immissionsschutzgesetz mit den maßgeblichen Verordnungen: 4. BImSchV, 13. BImSchV, 17. BImSchV**

Die **4. BImSchV** enthält im Anhang eine Aufzählung der Anlagentypen, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, also genehmigungsbedürftig sind. Hierzu zählen sowohl Anlagen zur Abfallbehandlung – zur mechanisch-biologischen Aufarbeitung von Hausmüll oder zur **Herstellung von Ersatzbrennstoff** – als auch Kraftwerke und Zementwerke und zwar unabhängig davon ob **Ersatzbrennstoffe** eingesetzt werden oder nicht.

Die **13. BImSchV** – Verordnung über Großfeuerungsanlagen – gilt für die Errichtung, die Beschaffenheit und den Betrieb von Feuerungsanlagen – Großkraftwerken – mit einer Feuerungswärmeleistung von 50 MW und mehr einschließlich der Nebeneinrichtungen.

In der **17. BImSchV** wird die Verbrennung von Abfällen geregelt. Dabei werden Verbrennungsbedingungen benannt und maximale Emissionsgrenzwerte festgelegt. Des Weiteren ist durch die sog. Mischfeuerungsregelung festgelegt, welche Grenzwerte bei anteiligem Einsatz von Abfällen in industriellen Anlagen gelten. In der Mischfeuerungsregelung ist u.a. festgelegt, dass bei Ersatz von mehr als 25 % der Feuerungswärmeleistung durch Abfälle/**Ersatzbrennstoffe** vollständig die Anforderungen der 17. BImSchV gelten. Bei Ersatz von weniger als 25 % der Feuerungswärmeleistung durch Abfälle/**Ersatzbrennstoffe** gelten die jeweiligen Grenzwerte anteilig.

4 Ausgangssituation für Ersatzbrennstoffe

4.1 Definition für Ersatzbrennstoffe

Der Begriff **Ersatzbrennstoff** ist ein Begriff, der nicht genau definiert ist. Vielfältige Bezeichnungen wie **Sonder- , Zusatz- , Substitut- oder Sekundärbrennstoff, Brennstoff aus Müll (BRAM), Brennstoff aus Abfall oder spezielle Markennamen** werden derzeit benutzt.

Wenn man den Begriff **Ersatzbrennstoff** in Bezug setzt zu den **Regelbrennstoffen (4. BImSchV)** so muss eine Ähnlichkeit zu diesen Brennstoffen bestehen. Daraus ergeben sich **grundlegende Forderungen an Ersatzbrennstoffe:**

- o gleichbleibende, möglichst schadstoffarme Zusammensetzung

- o Repräsentative Probenahmen, die wiederholbar sind, sollen möglich sein um reproduzierbare Analyseergebnisse zu gewährleisten
- o Heizwert und andere physikalische Eigenschaften wie Zündtemperatur, Homogenität, Dichte und Verbrennungsverhalten müssen eine kontinuierliche Energienutzung gewährleisten
- o Lagerung, Transport sowie Einsatz in Prozessfeuerungen und Feuerungsanlagen sollen ohne erheblichen Aufwand möglich sein.

Aufgrund dieser Kriterien sind **gemischte Siedlungsabfälle keine Ersatzbrennstoffe**. Die **Einstufung** der **Ersatzbrennstoffe** als **Abfall** und nicht als Produkt ist inzwischen auch **europaweit allgemeine Rechtsauffassung**.

Bei **Ersatzbrennstoffen**, die aus dem **Restabfall** gewonnen werden, wird einerseits der Heizwert zum Teil deutlich angehoben; andererseits werden im Ersatzbrennstoff meist auch **Schadstoffgehalte** –besonders **Chloraufkonzentriert**, so dass deren qualitativ hochrangige Verwertung (Kraftwerke) mengenmäßig begrenzt werden muss.

4.2 Eigenschaften der Ersatzbrennstoffe

Rohstoffe für die Herstellung von **Ersatzbrennstoffen** sind **heizwertreiche Fraktionen** aus der Aufbereitung und Sortierung von Hausmüll, Sperrmüll, hausmüllähnlichen Gewerbeabfällen, Resten aus der Wertstoffsartierung (Papier, Pappe, Holz, Textilien, Kunststoffe) sowie produktionsspezifische Abfälle aus Gewerbe und Industrie.

Für den Einsatz von Regelbrennstoffen zur Energieumwandlung in Kraftwerksanlagen sind eine Reihe von brennstofftechnischen Kriterien jeweils in Verbindung mit charakteristischen prozesstechnischen Merkmalen zur Beurteilung heranzuziehen.

Grundsätzlich muss dies auch bei der **Substitution von Regelbrennstoffen durch Ersatzbrennstoffe** aus Abfällen beachtet werden. Für die Beurteilung von **Ersatzbrennstoffen** sind folgende **brennstofftechnische Eigenschaften** zu untersuchen: mechanische, kalorische, chemische und reaktionstechnische Eigenschaften.

Zu den **mechanischen Eigenschaften** von Regel- und Ersatzbrennstoffen gehören z.B. Dichte der brennbaren und nicht brennbaren Substanz, die Schütteeigenschaften, die Mahlbarkeit und die Korngrößenverteilung sowie die Zufuhr des Brennstoffes zur Anlage.

Die **kalorischen Eigenschaften für Regelbrennstoffe**, wie z.B. Heizwert und Brennwert, spez. Mindestluftbedarf, spez. Mindestgasabgasmenge, adiabate Verbrennungstemperatur, spezifische Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Temperaturleitfähigkeit können auf Ersatzbrennstoffe ebenfalls übertragen werden.

Von den Genehmigungsbehörden wird vor allem der **chemischen Zusammensetzung** der **Sekundärbrennstoffe** und hier vor allem den zu erwartenden Emissionen eine große Bedeutung beigemessen.

Die Beurteilung der **reaktionstechnischen Eigenschaften** der Abfallstoffe ist schwieriger als bei Regelbrennstoffen. Für **Ersatzbrennstoffe** kommen wegen der heterogenen und stark schwankenden Zusammensetzung vereinfachte Modellansätze zur Beschreibung des Abbrandes in Frage.

In der **Tabelle 4.2-1** werden wichtige Parameter verschiedener Chargen von Ersatzbrennstoffen (EBS) aus Restmüll mit Steinkohle verglichen.

Parameter	Einheit	EBS 1	EBS 2	EBS 3	Steinkohle
unterer Heizwert	KJ/kg	11.600	26.400	16.900	29.000
Wassergehalt	Gew.-%	28,2	2,20	12,6	6,60
Chlor	mg/MJ	0,72	352,27	313,61	68,97
Schwefel	mg/MJ	0,48	151,52	201,18	344,83
Blei	mg/MJ	26	2,01	12,07	2,34
Chrom	mg/MJ	89	1,78	8,05	0,91
Quecksilber	mg/MJ	—	0,02	0,03	0,01

Tabelle 4.2-1: Parameter von Ersatzbrennstoffen und Vergleichswerte

5 Herstellung von Ersatzbrennstoffen

Ersatzbrennstoffe werden durch gezielte Aufbereitung von Abfällen hergestellt.

Derzeit sind mit den bekannten Aufbereitungstechniken aus Hausmüll, Sperrmüll und Gewerbeabfall **im Mittel ca. 25 bis 40 % bezogen auf 100 % Ausgangsmaterial an Ersatzbrennstoffen zu gewinnen.** Durch eine weitergehende Aufbereitung, z.B. der Feinfraktion wären bis zu 55 % und mehr möglich.

Der Herstellungsprozess von Ersatzbrennstoffen lässt sich unabhängig von der unterschiedlichen apparativen Ausstattung in die folgenden Subsysteme einteilen:

- Vorbehandlung:** Abstimmung der Materialkonditionen auf die Erfordernisse der nachfolgenden Behandlungsstufen.
- Hauptprozess:** Veredelung und Formgebung, auch geometrische Gestaltung der Brennstoffrohware, entsprechend den Anforderungen des energetischen und/oder thermischen Verwertungs-/Behandlungssystems, dem der Brennstoff zugeführt werden soll.
- Nachbehandlung:** Erzielung eines heizwertreichen Brennstoffes und Bereitstellung der für die Lagerung und den Transport gewünschten und notwendigen Eigenschaften.

Die derzeitigen Anlagen zur Herstellung, Abtrennung und/oder Aufarbeitung von Ersatzbrennstoffen können in **zwei Gruppen** aufgeteilt werden:

1. **Anlagen**, die aus **Restabfällen** (Haushalten) heizwertreiche Fraktionen (Leicht- oder Grobfraktion) abtrennen. Dieser Anlagentyp ist meist Bestandteil einer mechanisch-biologischen Abfallbehandlungsanlage.
2. **Anlagen**, die durch Vermischung, Zerkleinerung, Feingutabsiebung und ggf. Kompaktierung **definierter Abfälle** Ersatzbrennstoffe herstellen.

5.1 Qualitätskriterien für Ersatzbrennstoffe

Ein verstärkter Einsatz von Ersatzbrennstoffen sowohl zur energetischen Verwertung z.B. in Zementwerken und Kraftwerken als auch in industriellen Prozessen macht es erforderlich entsprechende **Qualitätsstandards** zu definieren und festzuschreiben.

Dies war der Ausgangspunkt für die Gründung der **Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V. (BGS)**, eine Fusion der Gütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe und der Bundesgütegemeinschaft Ersatzbrennstoffe. Diese Gütegemeinschaft hat es sich zur Aufgabe gemacht, **qualitative Vorgaben für Sekundärbrennstoffe** zu entwickeln, die eine umweltverträgliche Nutzung des Energieinhaltes außerhalb von Abfallverbrennungsanlagen gewährleisten. Im Rahmen der Festlegung von Gütekriterien wurden zunächst die grundsätzlich geeigneten Abfallarten bestimmt sowie Festlegungen von zusätzlichen Schadstoffbelastungen vor dem Hintergrund der Anforderung des KrW-/AbfG getroffen.

Die Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V. hat ferner Festlegungen zur Eigen- und Fremdüberwachung einschließlich Probenahme, Analytik und Bewertung getroffen. Sekundärbrennstoffe müssen, um dem Ziel einer Privilegierung bei der energetischen Verwertung gerecht zu werden, stets eine gleichbleibende Qualität aufweisen.

6 Einsatzmöglichkeiten für Ersatzbrennstoffe

Als **Abnehmer für Ersatzbrennstoffe** kommen zunächst produzierende Gewerbe sowie energieerzeugende Unternehmen in Betracht. Im produzierenden Gewerbe sind es vornehmlich Betriebe mit energieintensiven Prozessen, bei denen die Brennstoffkosten einen wesentlichen Teil der Produktherstellungskosten ausmachen und die ihrer technischen Voraussetzung wegen heizwertreiche Fraktionen zu verbrennen in der Lage sind (**Tabelle 6-1**). Hierzu zählen

- o Zementwerke (Klinkerherstellung)
- o Asphaltmischanlagen (bituminöse Mischgutherstellung)
- o Hochöfen (Stahlherstellung)
- o Kalk- und Ziegelwerke.

Abfallart	Heizwert MJ/kg	Einsatzbereiche
Altöle	30	Hochöfen, Zementöfen
Altreifen, Technische Elastomere	31	Zementöfen (Kraftwerke)
Bleicherden	20	Zementöfen
Brennstoff aus Müll	14 – 20	Zementöfen
Klärschlamm	6 – 14	Zementöfen, Hochöfen, Braun- und Steinkohlekraftwerke
Säureharze	20	Zementöfen
Shredderleichtfraktion	8 - 12	Zementöfen, Hochöfen

Tabelle 6-1: Heizwertreiche Fraktionen und ihre Einsatzbereiche

Bei den Anlagen zur Erzeugung von Energie sind es sinnvollerweise solche, in denen fossile Brennstoffe wie Steinkohle, Braunkohle und Heizöl eingesetzt und verfeuert werden. Weitere Einsatzbereiche für die Nutzung von Ersatzbrennstoffen sind Methanolvergasungsanlagen (SVZ Schwarze Pumpe), speziell angepasste Kraftwerke aber auch herkömmliche Abfallbehandlungsanlagen.

Die Abnehmer unterscheiden sich durch individuelle Anforderungskriterien an die **Ersatzbrennstoffe**. Hierzu zählen Brennstoffzusammensetzung und –homogenität, Korngröße, Kornform, Stückigkeit und Schadstoffgehalt, die bei der Brennstoffherstellung zu berücksichtigen sind.

Sowohl für eine **stoffliche** als auch **energetische Verwertung** ist eine Konfektionierung der Ersatzbrennstoffe erforderlich.

Eine **stoffliche Verwertung** von Restabfallfraktionen gemäß KrW-/AbfG kann gegenwärtig in **Hochöfen** und in **Vergasungsanlagen** erfolgen. Im **Hochofenprozess** kann z.B. Schweröl durch **Ersatzbrennstoffe (EBS)** ersetzt werden. Dabei entsteht im Reduktionsprozess aus dem EBS ein Synthesegas, welches das Eisenerz reduziert. Bei der Vergasung von EBS wird der darin enthaltene Kohlenstoffanteil ebenfalls in ein Synthesegas umgewandelt und dieses nach einer Gasreinigung stofflich und/oder energetisch genutzt. Der Einsatz **von Ersatzbrennstoffen in Zementwerken gilt ebenfalls partiell als stoffliche Verwertung**, da der Ascheanteil aus den EBS-Rohstoffen im Klinker substituiert (z.B. SiO_2) wird.

Die **energetische Verwertung** erfolgt mehrheitlich in **Zement- und in Kraftwerken (Co-Verbrennung)**. Beim Einsatz von **Ersatzbrennstoffen in Zementwerken** ist zunächst grundsätzlich zu beachten, dass neben dem vollständigen gas- und feststoffseitigen Ausbrand die Brennstoffasche und Spurenelemente in hohem Maße in den Klinker eingebunden werden.

Eine weitere Möglichkeit zur energetischen Verwertung von **Ersatzbrennstoffen** bieten **Kohlekraftwerke**. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Anlagen zur Energieerzeugung müssen jedoch auch an den **Ersatzbrennstoff** hohe Anforderungen gestellt werden. Des weitern sollte aus Sicht des Betreibers beim Einsatz von Sekundärbrennstoffen die Nutzung der vorhandenen technischen Einrichtungen der Feuerungsanlage ohne wesentliche Modifikation möglich sein.

Grundsätzlich werden beim **Einsatz** von **Ersatzbrennstoffen** im Kraftwerksbereich **zwei Ziele** verfolgt:

- eine kostengünstige Abfallentsorgung
- die Substitution von fossilen Energieträgern (Primärenergie).

7 Zusammenfassung und Ausblick

Die **Bedeutung von Ersatzbrennstoffen** kann von zweierlei Sichtweisen aus hergeleitet werden:

- Aus **abfallwirtschaftlicher Sicht** bedeutet Ersatzbrennstoff in erster Linie die Verwertung und/oder Beseitigung von heizwertreichen Abfällen, das heißt die Erfüllung rechtlicher Vorgaben durch KrW-/AbfG und TASI.
- Aus **energiewirtschaftlicher Sicht** bedeutet Ersatzbrennstoff zumindest bei energieintensiven Industrien die Möglichkeit, Regalbrennstoffe durch preiswerten Brennstoff zu substituieren.

Der verstärkte Einsatz von **Ersatzbrennstoffen** zur **energetischen Verwertung** in industriellen Prozessen macht es erforderlich entsprechende Qualitätsstandards zu definieren und festzuschreiben.

Die Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V. (BGS) hat es sich zur Aufgabe gemacht, qualitative Vorgaben für Sekundärbrennstoffe zu entwickeln, die eine umweltverträgliche Nutzung des Energieinhaltes außerhalb von Abfallverbrennungsanlagen gewährleisten.

Das **theoretische Potential für die Herstellung von Ersatzbrennstoffen (EBS)** aus Restabfall wird gegenwärtig auf 5,2 bis 8,4 Mio. Mg/a geschätzt. Diese Schwankungsbreite ist auf den Einsatz unterschiedlicher Aufbereitungsverfahren zurückzuführen. Für diese Mengen müssen Absatzmärkte geschaffen werden.

Mögliche **hemmende Faktoren** für den **Einsatz von EBS** sind:

- Auswirkungen der EU-Verbrennungsrichtlinie/ 17. BImSchV (insbesondere die Einhaltung der Quecksilber-Werte)
- Technische Restriktionen (Zuführung, Korrosion, etc.)
- Abbau von Kapazitäten (Kraftwerksstillegungen).

Für einen **zunehmenden Einsatz von EBS** sprechen folgende Gründe:

- steigender Bedarf an kostengünstigen Brennstoffen aufgrund des verschärften Wettbewerbes (Liberalisierung des Strommarktes)
- Vorgaben der AbfAbIV für die Deponierung von Restabfällen; daher müssen mehr Abfälle vorbehandelt werden, so dass das Angebot steigt
- Einspeisungsvergütung nach der EEG/Biomasse-Verordnung oder der EU-Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen
- Erhöhung des Qualitätsstandards der EBS.

Wenn die o.g. Randbedingungen beachtet werden, ist der Einsatz von Ersatzbrennstoffen in seinen vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten zukünftig unbedingt zu verstärken. Damit besteht eine weitere Möglichkeit, den Einsatz von Primärenergiequellen zu reduzieren.

8 Literaturverzeichnis

- /1/ Affüpper, M.:
Ersatzbrennstoffe aus Restmüll und Reststoffen aus DSD-Sortierungen
Entsorgungspraxis 5 (1996), S. 29-31
- /2/ Scholz, R.; Beckmann, M.:
Substitution von Brennstoffen und Rohstoffen durch Abfälle in Hochtemperaturprozessen
11. DVV-Kolloquium, Braunschweig, September 1998, S. 21-46
- /3/ Beckmann, M.; Scholz, R.:
Energetische Bewertung der Substitution von Brennstoffen durch Ersatzbrennstoffe bei Hochtemperaturprozessen zur Stoffbehandlung, Teil 1 und 2
ZKG International 52 (1999) No. 6 und 8
- /4/ Glorius, Th.:
Erfahrungen mit Produktion und Einsatz qualitätsgesicherter, anpelletierter Sekundärbrennstoffe auf Basis produktionsspezifischer Gewerbeabfälle.
Vortrag auf dem 18. Seminar des FGU „Mitverbrennung von Abfällen – Emissionssituation – Kostensenkungspotentiale in der Entsorgungskette“ im Rahmen der UTECH Berlin '98 am 17./18. Februar 1999.
- /5/ Scur, P.:
Potentiale und Grenzen des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen in der Zementindustrie.
Bio- und Reststoffbehandlung III - biologisch – mechanisch - thermisch.

Wiemer, K., Kern, M. (Hrsg), Witzhausen 1999, Baeza-Verlag.

/6/ Sander, H.-J.:

Mitverbrennung von Ersatzbrennstoffen aus aufbereiteten Siedlungsabfällen

VDI Bildungswerk 430403, 13./14. März 2000, Düsseldorf

/7/ Beckmann, M.; Scholz, R.:

Kriterien zur Substitution von Regelbrennstoffen durch Ersatzbrennstoffe

In: VDI (Hrsg.): Wege des Abfalls, VDI-Berichte Nr. 1540, S. 35-53, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2000

/8/ Stadtmüller, J.; von Christen, F.-E.; Schmidt, R.:

Kraftwerksintegrierte Pyrolyse von heizwertreichen Ersatzbrennstoffen

In: VDI (Hrsg.): Wege des Abfalls, VDI-Berichte Nr. 1540, S. 135-144, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2000

/9/ Kelderich, K.; Neugebauer, J.; Wolf, C.:

Zum Management von Ersatzbrennstoffen in einer modernen Abfallwirtschaft

In: VDI (Hrsg.): Wege des Abfalls, VDI-Berichte Nr. 1540, S. 69-85, Düsseldorf, VDI-Verlag, 2000

/10/ Fratzscher, W.; Stephan, K. (Hrsg.):

Strategien zur Abfallenergieverwertung.

Ein Beitrag zur Entropiewirtschaft.

1. Auflage Oktober 2000. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg, 2000.

/11/ Born, M.:

Anforderungen an Ersatzbrennstoffe zur Mitverbrennung in Kohlefeuerungen.

In: VDI (Hrsg): Wege des Abfalls, VDI-Berichte Nr. 1540, S. 157–180, Düsseldorf: VDI-Verlag, 2000.

/12/ Flamme, S.; Gallenkemper, B.:

Stand der Qualitätsanforderungen an Sekundärbrennstoffe.

5. Fachtagung „Thermische Abfallbehandlung – Zukunft in Deutschland und Europa“. 9. – 11. Oktober 2000, Kassel. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik Universität Gh Kassel, 2000.

/13/ Lahl, U.; Zeschmar-Lahl, B.:

Der Markt für Ersatzbrennstoffe.

Umwelt Bd 30 (2000) Nr. 12, S. 59-62.

/14/ Oerter, M.:

Anforderungen an geeignete Sekundärbrennstoffe für die Zementindustrie.

5. Fachtagung „Thermische Abfallbehandlung – Zukunft in Deutschland und Europa“. 9. – 11. Oktober 2000, Kassel. Schriftenreihe des Fachgebietes Abfalltechnik Universität Gh Kassel, 2000.

/15/ Rotter, S.; Kost, T.; Bilitewski, B.:

Schadstoffproblematik beim Einsatz von Abfällen als Ersatzbrennstoff in Industriefeuerungen.

In: Depo Tech 2000, Abfallwirtschaftstagung 21.-23.1.2000, Loeben.

/16/ Scheurer, W.; Richers, U.; Maier, J.; Hein, K.R.G. ; Seifert, H. :

Gegenwärtiger Stand und Perspektiven der Mitverbrennung in deutschen Kraftwerken.

In: VDI (Hrsg), Wege des Abfalls, VDI-Berichte 1540, S. 233-248.
Düsseldorf: VDI-Verlag, 2000.

/17/ Bundesgütegemeinschaft Sekundärbrennstoffe e.V., Köln:

Schlussfassung, Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe (Stand Juni 2001).

Anlage 1: Liste der im Rahmen dieser Güte- und Prüfbestimmungen zur Sekundärbrennstoffherstellung vorgesehenen Abfallarten.

Anlage 2: Besondere Güte- und Prüfbestimmungen für Sekundärbrennstoffe mit RAL-Gütezeichen.

Durchführungsbestimmungen für die Verteilung und Führung des Gütezeichens Sekundärbrennstoffe (Stand: Juni 2000).

/18/ Fuchs, A.; Linder, K.-J.;

Erzeugung von Ersatzbrennstoffen zur Verwertung von Restabfall.

Vortrag vor dem GVC/Dechema – Ausschuß „Abfallbehandlung“ am 7./8. Mai 2001.

/19/ Härdtle, G.:

Ersatzbrennstoffe – Herstellung, Lagerung, Verwertung.

Neuruppin: TK Verlag Karl-Thomé-Kozmiensky, 2001.

/20/ Hoffmann, G.; Gleis, M.:

Rahmenbedingungen für den Einsatz von Ersatzbrennstoffen aus Abfällen.

Vortrag gehalten auf der Euroform – Konferenz am 23./24.10.2001 in Mainz.

/21/ Lahl, U.:

Ersatzbrennstoff. Verzerrter Wettbewerb.

Umwelt Bd 31(2001) Nr. 6, S. 39-41.

/22/ Thomé-Kozmiensky, K.J.:

Alternativen der Ersatzbrennstoffherstellung aus Hausmüll

Erschienen in : Reformbedarf in der Abfallwirtschaft, Tagungsband zum 10. Internationalen Recycling Congress, 29./30.10.2001, Berlin, TK Verlag Thomé-Kozmiensky, 2001

/23/ Scholz, R.; Beckmann, M.; Schulenburg, F.:

Abfallbehandlung in thermischen Verfahren – Verbrennung, Vergasung, Pyrolyse, Verfahrens- und Anlagenkonzepte

B.G. Teubner – Reihe Umwelt, 1. Auflage, 2001

/24/ Flamme, S.:

Energetische Verwertung von Sekundärbrennstoffen in industriellen Anlagen – Ableitung von Maßnahmen zur umweltverträglichen Verwertung

Dissertation an der BUGH Wuppertal, Münsteraner Schriften zur Abfallwirtschaft, Band 5, Münster 2002

/25/ Glorius, Th.:

Stand der Gütesicherung von Sekundärbrennstoffen und Bedeutung für die klassische MVA

VDI-Seminar 430407, Neuss, 09./10.12.2002

/26/ Scholz, R.; Rüppel, F.; Beckmann, M.; Horeni, M.; Jäger, J.; Szpadt, E.:

Substitution von Primärbrennstoffen durch Sekundärbrennstoffe, Dokumentation und Forschungsbericht

Arbeitsausschuss: „Thermische Behandlung und Energetische Verwertung“ der EdDE e.V., EdDE-Dokumentation 5, Weimar, Dezember 2002

/27/ Alwast, H.:

Verwertung von Abfällen/Ersatzbrennstoffen in Kraft- und Zementwerken.

Vortrag im Rahmen des Seminars „Abfall- und Stoffstrommanagement 2002 vom Abfall zum Produkt.“

VDI-Wissensforum in Neuss, 18. – 19.04.2002.

/28/ Treder, M.:

Energieerzeugungspotential durch Abfallverbrennung in Deutschland.

Vortrag im Rahmen des Seminars „Abfall- und Stoffstrommanagement 2002 – vom Abfall zum Produkt“.

VDI-Wissensforum in Neuss, 18. – 19.04.2002.

/29/ Glorius, Th.; Ramacher, L.:

Stand der Zertifizierung von Sekundärbrennstoffen in Deutschland und Europa

Umweltpraxis 10 (2003), S.21-23