

Pyrolyse und Vergasung

Markus Gleis

1.	Die EUGH-Entscheidung zu Lahti I + II und die Europäische Industrieemissions-Richtlinie (IED).....	438
2.	Verfahren zur Pyrolyse und Vergasung von Abfällen im Spiegel der Zeit	442
3.	Wunsch und Wirklichkeiten der <i>Neuen Verfahren</i>	458
4.	Neue Konzepte oder Neue Märkte?	461
5.	Zusammenfassung und Ausblick.....	464
6.	Literatur	465

Die Pyrolyse oder die Vergasung als Behandlungstechniken für Abfälle scheinen für Deutschland spätestens seit der Jahrtausendwende nur noch Auslaufmodelle zu sein und dennoch beschäftigt sich dieser Beitrag mit diesem Thema.

Ein Widerspruch, der sich bereits auflöst, wenn Gesamteuropa in die Betrachtung einbezogen wird. Die gilt insbesondere im anglo-amerikanischen Sprachraum, wo Consultants wie die englische Juniper Consultancy Services seit Jahrzehnten den Durchbruch für Vergasung und Pyrolyse prognostizieren. Allerdings haben diese Prognosen nur begrenzten Aussagewert, denn die zumindest im Sommer 1997 veröffentlichten Marktchancen mit einem für die Pyrolyse und Vergasung prognostizierten Marktanteil von 20 % an der thermischen Abfallbehandlung bis 2007 in Europa, insbesondere in Deutschland und in Frankreich, haben sich nicht bewahrheitet. In diesem Zeitraum ist der Hoffnungsträger Thermoselect genauso vom europäischen Markt verschwunden, wie es vor Jahrzehnten mit Andco Torrax der Fall war. Ob die Änderungen der wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen sich zu Gunsten dieser *Alternativen Techniken* auswirken, wird noch zu diskutieren sein.

Bevor die Frage nach dem Status von Pyrolyse und Vergasung beantwortet wird und in diesem Zusammenhang auch die Technikentwicklungen der letzten 40 Jahren betrachtet werden, gilt es den Blick nach Straßburg und Brüssel zu richten. Es fällt dabei auf, dass sich mit den Arbeiten an der Industrieemissionsrichtlinie (Industrial Emission Directive – IED), die als Novelle die IVU-Richtlinie (IPPC-Directive) ersetzt und zweier aktueller Gerichtsurteile Änderungen bei der rechtlichen Würdigung von Pyrolyse und Vergasung von Abfällen abzeichnen könnten.

1. Die EUGH-Entscheidung zu Lahti I + II und die Europäische Industrieemissions-Richtlinie (IED)

In einem vom Europäischen Gerichtshof (EuGH) ergangenen Urteil (EuGH vom 4.12.2008, Rs C-317/07 Lahti Energia Oy) in einer Kombination aus Abfall- und Immissionsschutzrecht ging es um ein finnisches Unternehmen, das einen aus einer Pyrolyse-/Vergaseranlage und einem Kraftwerk bestehenden Komplex betreibt. In Ersterer werden Abfälle thermisch behandelt und daraus ein Gas gewonnen, das in Letzterem als Ersatz für fossile Brennstoffe eingesetzt wird. Fraglich war, ob der gesamte Komplex als Verbrennungsanlage im Sinne der Richtlinie 2000/76/EG über die Verbrennung von Abfällen gilt. Zunächst stellte der EuGH fest, dass der Abfallbegriff der Richtlinie (hier besser der gewählte Bezug zur Abfallrahmenrichtlinie) nicht gasförmige Stoffe erfasse. In seinem Urteil differenziert der Gerichtshof dann zwischen beiden Teilen des Komplexes. Die Vergaseranlage stufte er als Mitverbrennungsanlage wegen der thermischen Behandlung ein, das Kraftwerk falle hingegen nicht unter die Richtlinie, denn der Hauptzweck der Anlage sei nicht, das gereinigte Gas zu verbrennen, sondern die Erzeugung von Energie durch die Verbrennung von Regelbrennstoffen. Zudem stelle das zusätzlich verwendete gereinigte Gas keinen Abfall im Sinne der Richtlinie dar.

Der entscheidende Ansatz und Diskussionspunkt war der Art. 3 Abs. 5 der Abfallverbrennungsrichtlinie 2000/76/EG.

In dem vorliegenden Fall des ersten Ausgangsverfahrens waren folgende Fragen zu beantworten:

- ist eine Vergaseranlage, die den Zweck verfolgt, durch die thermische Behandlung von Abfällen gasförmige Erzeugnisse, im vorliegenden Fall gereinigtes Gas, herzustellen, als Mitverbrennungsanlage im Sinne von Art. 3 Abs. 5 der Richtlinie 2000/76 einzustufen und
- fällt ein Kraftwerk, das das durch Mitverbrennung von Abfällen in der Vergaseranlage hergestellte Gas als Zusatzbrennstoff anstelle der für seine Energieerzeugungstätigkeit vorwiegend verwendeten fossilen Brennstoffe verwendet, nicht unter diese Richtlinie?

Das erste Urteil des Europäischen Gerichtshofs lautete knapp zusammengefasst:

1. *Der Begriff Abfall in Art. 3 Nr. 1 der Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen erfasst keine gasförmigen Stoffe.*
2. *Der Begriff Verbrennungsanlage in Art. 3 Nr. 4 der Richtlinie 2000/76 EG erfasst jede technische Einheit oder Anlage, in der Abfälle thermisch behandelt werden, sofern die beim Einsatz dieses thermischen Verfahrens entstehenden Stoffe anschließend verbrannt werden. Dabei ist das Vorhandensein einer Verbrennungslinie keine notwendige Voraussetzung für eine solche Einstufung.*

3. *In einem Fall wie dem des Ausgangsverfahrens – ist eine Vergaseranlage, die den Zweck verfolgt, durch die thermische Behandlung von Abfällen gasförmige Erzeugnisse, im vorliegenden Fall gereinigtes Gas, herzustellen, als **Mitverbrennungsanlage** im Sinne von Art. 3 Nr. 5 der Richtlinie 2000/76 einzustufen; – fällt ein Kraftwerk, das das durch Mitverbrennung von Abfällen in der Vergaseranlage hergestellte gereinigte Gas als Zusatzbrennstoff anstelle der für seine Energieerzeugungstätigkeit vorwiegend verwendeten fossilen Brennstoffe verwendet, nicht unter diese Richtlinie.*

Lahti Energia teilte in ihrer Stellungnahme zum oben genannten Urteil mit, sie werde in der Vergaseranlage, abweichend von dem, was sie in ihrem Antrag auf Erteilung einer Umweltgenehmigung sowie ihren Rechtsbehelfen vor dem Vaasan hallinto-oikeus und dem vorlegenden Gericht erklärt habe, die geplante Reinigung des durch thermische Behandlung von Abfällen gewonnenen Gases nicht mehr durchführen. Aus dem Urteil Lahti Energia ergebe sich, dass die Verbrennung eines gasförmigen Stoffs in einem Kraftwerk keine Abfallverbrennung im Sinne der Richtlinie 2000/76/EG sein könne. Ein Kraftwerk könne nur als Mitverbrennungsanlage angesehen werden, wenn darin vorwiegend Produktgas verbrannt werde, das aus Abfällen gewonnen werde. Das Kraftwerk von Lahti Energia nutze derartiges Gas jedoch lediglich als Zusatzbrennstoff, d.h. in geringer Menge, so dass seine Tätigkeit nicht unter diese Richtlinie falle.

Entsprechend wenig verwunderlich ist, dass die Entscheidung das nachfolgend aufgeführte zweite Vorabentscheidungsersuchen des Korkein hallinto-oikeus (Finnland), eingereicht am 10. Juni 2009 zur Folge hatte, das nun die Beantwortung folgender Fragen zum Inhalt hat:

1. *Fällt die Verbrennung von in einer Vergaseranlage gewonnenem Gas als Zusatzbrennstoff im Kessel eines Kraftwerks unter Art. 3 der Richtlinie 2000/76 (1), wenn das in den Verbrennungsraum geleitete Gas nach der Vergasung nicht gereinigt wird?*
2. *Falls die erste Frage verneint wird: Wirkt sich die Beschaffenheit des zu verbrennenden Abfalls oder der Gehalt an Schwebstoffen oder an sonstigen Verunreinigungen des in den Verbrennungsraum geleiteten Gases auf die Beurteilung des Falls aus?*

Zusammenfassend kommt der Europäische Gerichtshof zu Lathi II zu folgendem Urteil:

Ein Kraftwerk, das als Zusatzbrennstoff ergänzend zu den für seine Energieerzeugungstätigkeit vorwiegend verwendeten fossilen Brennstoffen ein Gas verwendet, das durch eine thermische Behandlung von Abfällen in einer Anlage gewonnen wurde, ist zusammen mit dieser Anlage als **Mitverbrennungsanlage im Sinne des Art. 3 Nr. 5 der Richtlinie 2000/76/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen anzusehen, wenn das Gas in der Vergaseranlage nicht gereinigt wurde.** (EuGH, Urteil vom 25.2.2010 – C-209/09)

Die tschechische Ratspräsidentschaft und die Europäische Kommission hat nun getrieben durch das erste Gerichtsurteil oder findiger Lobbyarbeit versucht die vorgenannte Diskussion und dem zu erwartenden zweiten Urteilen vorausseilend, beim Ratsbeschluss im Sommer 2009 zur Industrieemissionsrichtlinie (IED), eine definitorische Ergänzung vorgenommen, die das erste Urteil berücksichtigen soll. Dies ist insofern bedeutsam, da die IED zukünftig die Richtlinie 2000/76 EG beinhalten/ersetzen wird. Durch eine deutsche Ergänzung wurde versucht, diesen Ansatz abzufedern, der einen reinen Bezug zum Abfallbegriff vorsah und damit nur gefasste Gase berücksichtigt hätte. Dann aber auch wieder die Frage aufgeworfen hätte, ob nicht Gase in Rohleitungen auch bereits gefasst sind. Was wiederum zeigt, dass die gesetzlichen Anforderungen der technischen Entwicklung hinterher hinken.

Mit dem Bezug auf Pyrolyse und Vergasung als Techniken zur thermischen Behandlung von Abfällen soll nachfolgend auf einige Passagen der Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. November 2010 über Industrieemissionen – IED (Neufassung der Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung – IVU) eingegangen werden.

Es werden dabei einige wesentlichen Artikel und Definitionen im Hinblick auf die Verbrennung von Brennstoffen und Abfällen angeführt, wobei einleitend auf den eigentlichen Zweck oder Gegenstand der Richtlinie gemäß Artikel 1 verwiesen wird.

Die entscheidenden Teile der IED, die Einfluss auf die Verwertung gasförmiger Produkte aus vorgeschalteten thermischen Aufbereitungsverfahren haben könnten, sind in der nachfolgenden Auflistung zitiert:

Artikel 1 Gegenstand

Diese Richtlinie regelt die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung infolge von industriellen Tätigkeiten. Sie sieht auch Vorschriften zur Vermeidung und, sofern dies nicht möglich ist, zur Verminderung von Emissionen in Luft, Wasser und Boden und zur Abfallvermeidung vor, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Artikel 2 Geltungsbereich

- (1) Diese Richtlinie gilt für die in den Kapiteln II bis VI genannten industriellen Tätigkeiten, die eine Umweltverschmutzung verursachen.*
- (2) Diese Richtlinie gilt nicht für Forschungstätigkeiten, Entwicklungsmaßnahmen oder die Erprobung von neuen Produkten und Verfahren.*

Artikel 3 Begriffsbestimmungen

24. Brennstoff: *alle festen, flüssigen oder gasförmigen brennbaren Stoffe*

- 25. Feuerungsanlage:** *jede technische Einrichtung, in der Brennstoffe im Hinblick auf die Nutzung der dabei erzeugten Wärme oxidiert werden*
- 40. Abfallverbrennungsanlage:** *jede ortsfeste oder nicht ortsfeste technische Einheit oder Anlage, die zur thermischen Behandlung von Abfällen mit oder ohne Nutzung der Verbrennungswärme mittels Verbrennung durch Oxidation von Abfällen und anderen thermischen Behandlungsverfahren wie Pyrolyse, Vergasung und Plasmaverfahren eingesetzt wird, wenn die bei der Behandlung entstehenden Stoffe anschließend verbrannt werden;*
- 41. Abfallmitverbrennungsanlage:** *jede ortsfeste oder nicht ortsfeste technische Einheit, deren Hauptzweck in der Energieerzeugung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse besteht und in der Abfall als Regel- oder Zusatzbrennstoff verwendet oder im Hinblick auf die Beseitigung thermisch behandelt wird, und zwar mittels Verbrennung durch Oxidation von Abfällen und andere thermische Behandlungsverfahren wie Pyrolyse, Vergasung und Plasmaverfahren, wenn die bei der Behandlung entstehenden Stoffe anschließend verbrannt werden;*
- 42. Nennkapazität:** *die Summe der vom Hersteller angegebenen und vom Betreiber bestätigten Verbrennungskapazitäten aller Öfen einer Abfallverbrennungs- oder Abfallmitverbrennungsanlage, wobei der Heizwert des Abfalls, ausgedrückt in der pro Stunde verbrannten Abfallmenge, zu berücksichtigen ist;*

KAPITEL IV

SONDERVORSCHRIFTEN FÜR ABFALLVERBRENNUNGSANLAGEN UND ABFALLMITVERBRENNUNGSANLAGEN

Artikel 42

Anwendungsbereich

- (1) Dieses Kapitel gilt für Abfallverbrennungsanlagen und Abfallmitverbrennungsanlagen, die feste oder flüssige Abfälle verbrennen oder mitverbrennen.*

Dieses Kapitel gilt nicht für Vergasungs- oder Pyrolyseanlagen, wenn die Gase, die bei dieser thermischen Behandlung der Abfälle entstehen, vor ihrer Verbrennung so weit gereinigt werden, dass sie nicht mehr als Abfall gelten und keine höheren Emissionen verursachen können, als bei der Verbrennung von Erdgas anfallen.

Für die Zwecke dieses Kapitels umfassen Abfallverbrennungsanlagen und Abfallmitverbrennungsanlagen alle Verbrennungslinien oder Mitverbrennungslinien, die Annahme und Lagerung des Abfalls, die auf dem Gelände befindlichen Vorbehandlungsanlagen, das Abfall-, Brennstoff- und Luftzufuhrsystem, die Kessel, die Abgasbehandlungsanlagen, die auf dem Gelände befindlichen Anlagen zur Behandlung und Lagerung von Rückständen und Abwasser, die Schornsteine, die Vorrichtungen und Systeme zur Kontrolle der Verbrennungs- oder Mitverbrennungsvorgänge, zur Aufzeichnung und Überwachung der Verbrennungs- oder Mitverbrennungsbedingungen.

Werden für die thermische Behandlung von Abfällen andere Prozesse als die Oxidation wie z.B. Pyrolyse, Vergasung oder Plasmaverfahren durchgeführt, so muss die Abfallverbrennungsanlage oder Abfallmitverbrennungsanlage sowohl den Prozess der thermischen Behandlung als auch den anschließenden Verbrennungsprozess einschließen.

Falls die Mitverbrennung in solch einer Weise erfolgt, dass der Hauptzweck der Anlage nicht in der Energieerzeugung oder der Produktion stofflicher Erzeugnisse, sondern in der thermischen Behandlung von Abfällen besteht, gilt die Anlage als Abfallverbrennungsanlage.

Wie aus dem Beschluss des Europäischen Parlamentes und des Rates zur IED zu erkennen ist, bemüht man sich um eine neue Einstufung der gasförmigen Produkte aus der thermischen Vorbehandlung von Abfällen (Pyrolyse/Vergasung) in Verbindung mit den weiteren Behandlungs- bzw. Verwertungsmaßnahmen, die vor allem im Zusammenhang mit der Mitverbrennung in Kraftwerken oder industriellen Prozessen zu sehen sind. Bei allem Verständnis für erleichterte Genehmigungs- und Überwachungsbedingungen zeigt doch die Praxis des Einsatzes von Ersatzbrennstoffen (z.B. Ersatzbrennstoffkraftwerk in Korbach, Hessen), dass es nicht auszuschließen ist, dass leichtflüchtige Schwermetalle wie Quecksilber in das System eingeschleppt werden können und in erheblichen Teilen dann vermutlich beim Einsatz einer vorgeschalteten Pyrolyse/Vergaseranlage zur Vorbehandlung der Abfälle in das produzierte Gas übergehen können, ohne dass dies dann wie im Fall Lahti I nach den Vorstellungen des Anlagenbetreibers einer entsprechenden Überwachung unterliegen sollte. Die Folgewirkungen, die sich aus einem Mangel der Überwachbarkeit der thermischen Prozesse ergeben könnten, sollten nicht außer Acht gelassen werden und haben auch bei dem Gerichtsurteil vom 25.2.2010 Berücksichtigung gefunden. Allerdings hätte der Autor eine Verbindung zu *Gasen der öffentlichen Gasversorgung* mit entsprechenden Definitionen im Artikel 3 der Richtlinie praktikabler gefunden als der Hinweis auf die Verbrennung von Erdgas ohne Definition des Lieferzustandes.

2. Verfahren zur Pyrolyse und Vergasung von Abfällen im Spiegel der Zeit

Bevor die technischen Details einzelner Verfahren oder Anlagen dargestellt werden, macht es Sinn, die Verfahrensprinzipien der jeweiligen Behandlungstechniken noch einmal genauer zu betrachten, die ja eigentlich darauf aufbauen, den Prozess der thermischen Oxidation (Verbrennung) in von einander getrennte Teilschritte zu zerlegen.

Pyrolyse (von griechisch: pyr = Feuer, lysis = Auflösung) ist die Bezeichnung für die thermische Spaltung organischer Verbindungen, wobei durch hohe Temperaturen (500 bis 900 °C) ein Bindungsbruch innerhalb großer Kettenmoleküle erzwungen wird. Inzwischen werden auch Verfahren mit niedrigeren Temperaturen am Markt angeboten, die die Temperaturabsenkung durch Katalysatoren ermöglichen (katalytische Thermolyse). Allen Verfahren ist gemeinsam, dass die Begrifflichkeiten sich nicht aus eindeutigen thermodynamischen Vorgängen ableiten, sondern das Verfahrensprinzip vom Grundsatz her beschreiben.

Die thermische Spaltung läuft unter Luftabschluss und damit unter Sauerstoffmangelbedingungen ab, um die Verbrennung (vollständige Oxidation) der organischen Substanz zu verhindern. Daher wird häufig auch von Verschwe lung gesprochen und das Hauptaggregat auch als *Schweler* bezeichnet. Im Zusammenhang mit Biomassen wie Holz wird häufig auch der Begriff *Trockene Destillation* verwendet. Auch bei der Koks- und Holzkohleherstellung findet eine Kombination aus Pyrolyse und Vergasung statt, denn es entstehen dabei brennbare Gase und Teere.

Bei der Herstellung von Kraftstoffen aus Biomasse (Biomass to Liquid – BTL-Kraftstoffe) findet häufig eine Kombination aus Pyrolyse-, Destillations- und Vergasungsverfahren Anwendung.

Eine eindeutige Abgrenzung dieser unterschiedlichen Teilverfahren hat sich bei der Nutzung der Begriffe nicht etabliert. Meist bezeichnet man mit dem Wort *Vergasung* Vorgänge, die unter Zugabe eines Vergasungsmittels (Dampf, Luft oder Sauerstoff) bei einem höheren Temperaturniveau (bis 1.400 °C) stattfinden, da damit der gesamte organische Anteil der Einsatzstoffe in gasförmige Stoffe umgewandelt werden soll. Zurückbleiben nur die mineralischen Anteile als Aschen oder Schlacken.

Der Begriff *Pyrolyse* wird im engeren Sinne für Vorgänge verwendet, bei denen neben den mineralischen Bestandteilen des Einsatzstoffes auch fester Kohlenstoff in Form von sogenanntem Pyrolysekoks erzeugt wird.

Generell entstehen bei den niedrigeren Pyrolysetemperaturen Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe. Die Mengenanteile und die Zusammensetzung hängen nicht nur vom Einsatzstoff, sondern auch von der Prozesstemperatur, den zugegebenen Hilfsstoffen, den Druckverhältnissen und der Behandlungsdauer ab. Je nach den thermisch zu zersetzenden Einsatzstoffen (Abfällen) und der Reaktionstemperatur entstehen z.B. eher langkettige oder kurzkettige Moleküle. Bei der Pyrolyse von Polymeren (z.B. Kunststoffabfällen) entstehen in vielen Fällen in größerer Menge Monomere in Form von Pyrolysegas. In kälteren Teilen des Reaktors oder gezielt in Destillationskolonnen können die dampfförmige Pyrolyseprodukte kondensieren und flüssige Kohlenwasserstoffe ähnlich wie Mineralöle und Leichtbenzine bilden.

Die im Prozess gebildeten Schwelgase sind giftig und brennbar, so dass ein luftdichter Abschluss des Reaktionsreaktors zur Umgebung unabdingbar ist.

Die Entwicklung der Pyrolyse- und Vergasungstechnik ist in den letzten vierzig Jahren prinzipiell in zwei Wellen erfolgt, wobei die erste Welle in den siebziger und achtziger Jahren mit einem hohen Innovationspotential hinterlegt war, während die zweite Welle ab Mitte der neunziger Jahre durch ausgeklügelte Vermarktungsstrategien geprägt wurde.

Die erste Innovationswelle wurde allerdings auch durch großzügige Verteilung von Forschungsmitteln angestoßen und hat dabei eine Vielzahl von Verfahrensentwicklungen hervorgebracht. Da es annähernd unmöglich erscheint, hier alle Verfahrensentwicklungen aufzulisten, sollen zusätzlich die grundsätzlichen Verfahrensprinzipien dargestellt werden.

Die *direkte* Pyrolyse erhitzt das zu pyrolysierende Gut durch Verbrennungsgase. Die Pyrolyse kann die erforderliche Wärmeenergie aus dem Pyrolysegut selbst gewinnen. Hier wird die Reaktionstemperatur durch die Luftzufuhr in einen geschlossenen Behälter gesteuert.

Bei der indirekten Pyrolyse (abgeschlossener, von außen erhitzter Raum) können gezielt sauerstofffreie Atmosphären eingestellt werden. Die Beheizung von außen erfolgt in den meisten Systemen durch heiße Gase, die bei der Verbrennung des Pyrolysegases oder Erdgas entstehen.

Die Pyrolyse in Drehrohröfen zeichnen sich alle dadurch aus, dass das Pyrolysegas in der gesamten Anlage nahezu unter Normaldruck entsteht und entsprechend abgeleitet wird.

Zu Beginn der achtziger Jahre wurde die Pyrolysetechnik auch zur Sanierung von kontaminierten Böden und Sand unter Einsatz von öffentlichen Fördergeldern zur Marktreife entwickelt. Es wurden verschiedene Anlagen zur Dekontamination folgender Stoffe gebaut:

- ölverunreinigte Böden,
- quecksilberbelastete Böden,
- dioxinbelastete Böden.

Organisch belastete Böden werden in einer direkt oder indirekt mit Öl- oder Gasbrennern beheizten Drehtrommel entgast. Die organischen Schadstoffe werden auf diese Weise aus dem Material ausgetrieben und in einer Nachverbrennung zerstört. Im Bodenmaterial enthaltene leichtflüchtige Schwermetalle (z.B. Quecksilber) werden ebenfalls mobilisiert und sind dann in einer speziellen Abgasreinigung abzuscheiden. Dioxine und Furane zerlegen sich ab etwa 500 °C bei Sauerstoffmangel (auch angewandt für Filterstäube in der sogenannten Hagenmaiertrommel in Verbindung mit Abfallverbrennungsanlagen, z.B. Stuttgart).

Im Gegensatz zur direkten Befuerung entstehen bei der indirekten pyrolytischen Bodenreinigung nur geringe Mengen an Pyrolysegas. Dadurch kann die Pyrolysegasreinigung deutlich kleiner und günstiger ausfallen. Dieser Vorteil muss allerdings mit einer aufwendigeren Anlagentechnik für die indirekte Beheizung erkauft werden.



Bild 1:

Abfallpyrolyseanlage (MPA)
Burgau

Quelle: LfU Bayern

Ohne Anspruch auf Vollständigkeit sind in den Tabellen 1 und 2 einige wichtige Verfahrensentwicklungen und Anlagen zur Pyrolyse- und Vergasungstechnik für Abfälle mit einer kurzen Beschreibung der Technik und des Entwicklungsstandes aus den letzten Jahrzehnten zusammengefasst.

Die Anzahl der Entwicklungen bei den Vergasungsverfahren ist etwas geringer als bei der Abfallpyrolyse, wobei der Übergang zwischen den beiden Techniken fließend ist. Es wurden, ausgehend von den Erfahrungen mit Schachtreaktoren bei der Koks- und Eisenerzeugung, größere und mehr Anlagen für den Entsorgungsbetrieb erstellt. Die Erfolge waren dabei auch nicht größer als bei den Pyrolyseanlagen, ganz im Gegensatz zu den finanziellen Verlusten. Ziel der Abfallvergasungsverfahren war die Herstellung eines Produktgases, das nicht nur für den Prozess selbst sondern auch für eine externe Nutzung zur Verfügung gestellt werden sollte. Die Senke für die Schwermetalle (sofern nicht flüchtig) war hierbei, im Gegensatz zu dem Pyrolysekoks, eine schmelzflüssig abgezogene Schlacke, die nach ihrer Abkühlung zu einer glasartigen Masse erstarrt und so nur geringfügig eluierbar ist. Die organische Matrix wird bei hohen Temperaturen bis 1.400 °C annähernd vollständig umgesetzt. Die Energiebilanz der Verfahren zeigt aufgrund der hohen temperaturbedingten internen Verbräuche nur geringe Möglichkeiten für eine Energieauskopplung, die sich im Wesentlichen auf das Produktgas beziehen.

So berechnete Professor Kolb vom Forschungszentrum Karlsruhe für die Thermoselect-Anlage in Karlsruhe als modernste Variante dieser Verfahrenstechnik eine Energieeffizienz von weniger als 8,5 %.

Frühere Abfallvergasungstechniken, wie beispielsweise Andco-Torrax-Verfahren, sind bereits auch daran gescheitert, dass der Vergasungs- und Schmelzprozess nur unter Einsatz von erheblichen Mengen von konventionellen, fossilen Brennstoffen wie Erdgas aufrecht erhalten werden konnte. Dennoch bleibt bei vielen auch heute noch die Hoffnung bestehen, dass diese Prozesse mit vertretbarem Aufwand Synthesegase und /oder flüssige Treibstoffe aus Biomassen und Abfällen erzeugen können.



Bild 2:

Anlage nach dem Thermoselectverfahren in Karlsruhe

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit

Verfahren	Status und Entwicklung
Occidental Petroleum Company	Die Occidental Petroleum Company hatte zwischen 1972 und 1979 in La Verne und El Cajon in Californien, USA Versuchs- bzw. Technikumsanlagen mit dem Ziel errichtet, ein kraftwerkgängiges Pyrolyseöl aus vorbehandelten Siedlungsabfällen zu erzeugen. Der eigentlichen Pyrolyse war eine komplexe Vorbehandlung vorgeschaltet, bei der der Siedlungsabfall zerkleinert und mittels Windsichtung getrennt wurde, um Eisenmetalle, Aluminium und Glas vor der Pyrolyse abzutrennen. Die Organikfraktion wurde getrocknet und nochmals unter einer Inertgasatmosphäre zerkleinert, bevor das Material im Reaktor zu Pyrolyseöl umgewandelt wurde. Die 1978 in San Diego fertiggestellte Demonstrationsanlage mit einem Tagesdurchsatz von 90 t wies eine Anzahl von technischen Fehlern auf. Daher wurde im Mai 1978 entschieden, die Anlage aufgrund der erwarteten hohen Kosten nicht weiter zu betreiben.
Monsanto, Enviro-Chem Systems	Das in St. Louis, MO, USA von Monsanto entwickelte Pyrolyseverfahren für zerkleinerte Abfälle basierte im Wesentlichen auf einem ausgemauerten Drehrohr mit einem Durchmesser von 6 m und einer Länge von 30 Metern. Die großtechnische Umsetzung erfolgte in Baltimore (450 t/d) von 1973 bis 1979, bis die Anlage aufgrund technischer Probleme stillgelegt wurde. Monsanto Enviro-Chem System hat sich aus diesem Geschäftsfeld danach zurückgezogen.
Kiener-Pyrolyse (Aalen, Deutschland)	Ebenfalls anfangs der 70er Jahre hat der schwäbische Unternehmer Karl Kiener eine Hausmüll-Pyrolyseanlage in Goldshöfe errichtet. Als Pyrolyse-Reaktor wählte Kiener einen mit Rauchrohren von innen beheizten Drehrohr-Reaktor. Ziel war eine „Niedrig-Temperatur-Pyrolyse“, die den Einsatz von ferritischem Werkstoff beim Drehrohr und damit eine billige Bauweise erlaubte. Mit der EVS als Partner gründete Kiener 1978 die „Kiener Pyrolyse Gesellschaft für thermische Abfallverwertung mbH“, kurz KPA. Im Auftrag des Ostalbkreises errichtete KPA in der Nähe von Aalen eine 3 t/h Pilotanlage zu Demonstrationszwecken, die im Herbst 1982 ihren Betrieb aufnahm. Die Gesellschaft wurde nach der Insolvenz des Betreibers zunächst von Siemens übernommen. Die Anlage wurde anlagentechnisch weiterentwickelt und u.a. mit einem Heißgaskohlefilter ausgestattet. Die Hausmüllpyrolyseanlage Aalen wurde nach Insolvenz noch weiterbetrieben, jedoch 2002 stillgelegt und anschließend demontiert.
PKA-Verfahren (Deutschland, Japan)	Beim PKA-Verfahren werden die Pyrolysegase nicht direkt verbrannt, sondern einem Crackprozess unterworfen. Derartige Anlagen wurden in Aalen (Baden-Württemberg), Freiberg (Sachsen) und Kawasaki (Japan) errichtet. Die Hausmüllpyrolyseanlage Aalen wurde nach Insolvenz des Betreibers zunächst weiterbetrieben, jedoch 2002 stillgelegt und anschließend demontiert. Die Pyrolyseanlage Freiberg, die u. a. zur thermischen Trennung von mit Aluminium kaschierten Folien und Verpackungen entwickelt wurde, wurde nach Insolvenz des Betreibers an die Pyral AG verkauft, umgebaut, ist aber nach letzten Informationen auch nicht mehr in Betrieb. Die Anlage in Kawasaki wurde nach dem ursprünglichen PKA-Konzept betrieben, d. h., aus den gecrackten Pyrolysegas wird in Gasmotoren Strom erzeugt. Die Anlage wurde 2007 aus betriebswirtschaftlichen Gründen stillgelegt.
DAL (Plaidt, Deutschland)	In Plaidt, nahe Koblenz, hatte die Deutsche Anlagen Leasing – kurz DAL – eine Forschungsanlage für die Pyrolyse von Hausmüll errichtet und 4 Jahre betrieben. Als Pyrolyse-Reaktor wählte die DAL ein aussenbeheiztes Drehrohr mit einem Durchmesser von 1 m und einer Länge von 10 m. Nachgeschaltet war eine Gasreinigung und eine Brennkammer. In der Anlage konnten bis zu 2 t/h Hausmüll durchgesetzt werden. Außerdem wurden intensive Versuche mit anderen Reststoffen, wie Reifen, Kunststoffen, Kabelshredder, durchgeführt und bilanziert. Die Ergebnisse konnten allerdings nicht in den Bau einer großtechnischen Anlage umgesetzt werden.

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 1 –

Verfahren	Status und Entwicklung
<p>MVU ROTOPYR-Verfahren (Deutschland)</p>	<p>Die Zielsetzung, die MVU dem ROTOPYR-Verfahren zugrunde legte, war die Idee der wirtschaftlichen Rohstoff-Rückgewinnung, d.h. den Aufbereitungskosten sollten entsprechende Produkterlöse gegenüberstehen. Die Realisierung dieses Zieles hatte also zur Voraussetzung, dass die Prozessparameter so gewählt wurden, dass marktfähige Produkte zu erzeugen sind.</p> <p>Aus diesem Grunde bildete MVU eine Partnerschaft mit den Rütgerswerken und Eisen-Metall. Die Rütgerswerke als größter deutscher Teerverarbeiter übernahmen das Qualitätsmanagement für die Pyrolyseöle und Eisen-Metall das für die wiedergewonnenen NE-Metalle, insbesondere für das Kupfer.</p> <p>Als besonders für den thermischen Umwandlungsprozess geeignete Abfälle galten:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. kunststoffhaltige Rückstände 2. Schredderabfall 3. Altreifen 4. Altkabel und 5. Säureteere aus der Altölraffination <p>Diese Abfälle enthalten einen hohen Anteil an organischen Verbindungen und anderen werthaltigen Inhaltsstoffen und waren außerdem zum damaligen Zeitpunkt gut verfügbar.</p> <p>Der Prozess war so aufgebaut, dass die Anlagen in der Lage sein sollten, Mischungen verschiedener Ausgangsmaterialien zu pyrolysieren. Damit sollte ein späterer Betreiber in die Lage sein, flexibel auf Änderungen im Abfall und Abnehmermarkt zu reagieren.</p> <p>An den Entwicklungskosten für dieses Verfahren beteiligten sich sowohl das Bundesminister für Forschung und Technologie als auch das Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen.</p>
<p>Kobe Steel (Japan)</p>	<p>Die japanische Firma Kobe Steel hat ein Verfahren zur Pyrolyse von Altreifen entwickelt und das in einer Anlage mit 200 kg/h Durchsatz getestet wurde. Die maximale thermische Belastung der Drehrohtrommel lag im Bereich von 900 °C, die Temperaturen im Normalbetrieb lagen allerdings bei 600 °C.</p> <p>Die Altreifen wurden zunächst auf eine Korngröße von 30 mm zerkleinert. Ein Schneckenfördersystem speiste sie in eine Dreifach-Klappenschleuse. Nach einer Stickstoffspülung gelangten sie in die außenbeheizte Drehtrommel.</p> <p>Aufbauend auf den Ergebnissen ihrer Versuchsanlage hat Kobe Steel in der japanischen Stadt Akroh eine 2 t/h Prototypanlage zur Pyrolyse von Altreifen errichtet und mehrere Jahre erfolgreich betrieben. Die Verfahrens- und Anlagentechnik ist gegenüber der Versuchsanlage nicht verändert worden. Fehlende Informationen sprechen dafür, dass die Anlage inzwischen stillgelegt wurde.</p>
<p>Universität Hamburg (Deutschland)</p>	<p>Am Institut für Anorganische und Angewandte Chemie der Universität Hamburg untersuchten seit 1970 Prof. Sinn und später sein Nachfolger Prof. Kaminsky die Pyrolyse von Kunststoffabfällen in einem Wirbelschichtreaktor. Der Reaktor enthielt ein Wirbelbett aus Quarzsand, das mit einer Temperatur zwischen 630 °C und 880 °C betrieben wurde. Als Wirbelgas diente auf 430 °C vorgewärmtes Pyrolysegas. Die Untersuchungen konnten erfolgreich die notwendigen Rahmenbedingungen für eine stabile Prozessführung dokumentieren und dienten als Voraussetzung für den Bau einer großtechnischen Pilotanlage.</p>

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 2 –

Verfahren	Status und Entwicklung
DRP – Deutsche Reifen Pyrolyse	<p>Auf der Basis der Arbeiten von Professor Kaminsky hat die DRP, eine Tochter der Hamburger Firma Eckelmann, in Ebenhausen eine Anlage zur Pyrolyse von Altreifen und Kunststoffabfällen mit 2 Einheiten von je 1.000 kg/h gebaut. Kernstück der mit erheblichen Fördermitteln errichteten Anlage waren zwei Wirbelschichtöfen, die bei 700 bis 800 °C betrieben wurden. Der Ofen für Altreifen war so konstruiert, dass PKW-Reifen bis zu einem Durchmesser von 700 mm unzerkleinert aufgegeben werden konnten. Ziel war die konsequente stoffliche Nutzung von Abfällen. D.h. die Erzeugung marktfähiger Produkte in Form von Gas in Erdgasqualität, raffinierfähigen Kohlenwasserstoffen und nutzbarem Koks. Im März 1984 wurden die beiden Prozesslinien für das Cracken von Altreifen und Kunststoffabfällen in Betrieb genommen. Es wurden einwöchige Testläufe jeweils einer Ofenlinie durchgeführt. Dabei wurden Shredderabfälle, die aus 80 bis 90 % Altgummi bestanden, technische Gummiabfälle, Teppichabfälle und vernetztes Polyäthylen verarbeitet. Im späteren Demonstrationsbetrieb wurden Reisezeiten bis zu 3 Wochen gefahren.</p> <p>Die Beheizung mit eigen erzeugtem Gas in Brennersystemen war erfolgreich. Der energieautarke Betrieb der beiden Öfen wurde bereits ab 200 kg/h Einsatzmaterial erreicht.</p> <p>Ein stabiler Betrieb wurde im November 1984 erreicht, wobei in etwa 700 Betriebsstunden etwa 170 t Abfälle behandelt wurde. Dazu gehörte auch die Pyrolyse von Kunststoffabfällen, die im Wesentlichen Polyolefine erzeugte. Mit 1,2 t/h Durchsatz an technischen Gummiabfällen erfüllte die Anlage auch für diese Abfälle ihre Auslegungsdaten. Die erreichten Dauerbetriebszeiten lagen bei etwa 3 Wochen, allerdings wurde die Anlage nach Auslaufen der Förderung aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt.</p>
Altreifenpyrolyseanlage Limasol (TechTrade) , Zypern	<p>Seit 2006 gibt es eine Pyrolyseanlage für Altreifen in Limasol mit einen Durchsatz von 6000 t/a. Eine weitere Anlage für CBp Carbon Industries Europe steht vor der Inbetriebnahme.</p>
Salzgitter Pyrolyse (Deutschland)	<p>Die Drehrohrpyrolyse in Salzgitter wurde mit Fördergeldern des Forschungsministeriums zur thermischen Umsetzung organischer Sonderabfälle mit dem Ziel entwickelt, aus den Abfällen mittels Pyrolyse Chemierohstoffe zu erzeugen. Der hohe Gehalt an chlor- bzw. halogenorganischen Verbindungen führte allerdings zu Ölen mit hohen Dioxinbelastungen, die Mitte der achtziger Jahre illegal entsorgt werden sollten. Dafür erfolgte eine rechtskräftige Verurteilung des damaligen Geschäftsführers und die Anlage wurde mit einer Verbrennungskammer ausgestattet, in der die Pyrolyseprodukte verbrannt wurden. Mitte der neunziger Jahre wurde die Anlage aus wirtschaftlichen Gründen stillgelegt.</p>
Mitsui Petrochemical Industries (Japan)	<p>Mitsui Petrochemical Industries hat gemeinsam mit Mitsui Engineering and Shipbuilding 1970 den Mitsui Plastic Waste Thermal Cracking Process – kurz MWC-Process – vorgestellt. Die Prototypanlage mit einer Kapazität von 36 t/d wurde 1971 in Chiba bei Tokio in Betrieb genommen. Pyrolysiert wurden Produktionsabfälle olefinischen Kunststoffen, wie Polyäthylen, und Polypropylen.</p> <p>Die Abfälle wurden schmelzflüssig unter Druck bei Temperaturen von 330 bis 430 °C zerlegt. Die gasförmigen Reaktionsprodukte gelangten in einen Rückflusskondensator. Die dort kondensierenden hochsiedenden Kohlenwasserstoffe flossen in den Reaktor zurück. Die in einem zweiten Kondensator anfallenden niedrigsiedenden Kohlenwasserstoffe wurden gesammelt und als Heizölsubstitut verwandt. Die nicht kondensierbaren Gase wurden abgefackelt. Folgende Produktausbeuten wurden für Polyäthylenabfälle dokumentiert:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gas 5 % 2. Öl 85 % 3. wachsartiger Rückstand 10 %

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 3 –

Verfahren	Status und Entwicklung
PLEQ (Deutschland)	Die Entwicklungsfirma PLEQ hat im Auftrag von Hochtief eine Anlage zur Aufbereitung von ölverunreinigtem Sand/Schlack entwickelt, der nach einem Tankerunfall an der deutschen Nordseeküste zu erwarten wäre (Planungsparameter 10 % Schwerölkontamination und 10 % Seewassergehalt). Die Anlage war Teil des damaligen Küstenschutzprogramms, das mit Forschungsgeldern unterstützt wurde. Im Jahre 1992 nahm Hochtief in Herne die von PLEQ gelieferte Anlage in Betrieb. Die Anlage bereitet bis zu 8 t/h kohlenwasserstoff-kontaminiertes Erdreich mit einer Feuchte von 20 % auf. Die Prozesstemperatur betrug je nach Kontamination bis zu 900 °C. Diese Anlage war mehrere Jahre erfolgreich in Betrieb, allerdings wurden keine großen Durchsatzmengen erreicht.
Ruhrkohle AG (RAG) (Deutschland)	Indirekt beheiztes Drehrohr zur Behandlung kohlenwasserstoff-kontaminierter Erde, das bei mehreren Bodensanierungsmaßnahmen im Zusammenhang mit Bodenverunreinigungen an ehemaligen Koks- und Gaswerksstandorten zum Einsatz kam.
Spolana, Tschechien	Bodenreinigungsanlage für dioxinverunreinigte Böden mit Baubeginn 2005. Betriebszeit von 2006 bis 2008 mit einem Durchsatz von 52.500 t/a.
Pyrolyseanlage Burgau/Günzburg (Deutschland)	Im bayerischen Günzburg hat Babcock Krauss-Maffei Industrieanlagen – kurz BKMI – eine Hausmüllpyrolyse-Anlage errichtet und 1984 in Betrieb genommen. Die Anlage läuft seit 1986 im Dauerbetrieb. Die Anlage besteht aus zwei Linien mit einem Durchsatz von je 3 t/h, wobei der wirtschaftliche Betrieb bei einer Gesamtdurchsatzleistung von 4 t/h liegt. Der vorzerkleinerte Siedlungsabfall wird bei Temperaturen von etwa 470 bis 500 °C unter Zugabe von Calciumhydroxid in einem aussenbeheizten Drehrohr pyrolysiert. Die Wahl eines Pyrolyseverfahren an diesem Standort wurde dadurch begünstigt, dass die Anlage auch Klärschlamm behandeln sollte, der durch die dort ansässige Lederindustrie mit Chrom belastet war und die niedrigen Temperaturen und Sauerstoffmangelbedingungen die Bildung von hochtoxischen Chrom-VI verhindern sollten. Die relativ niedrige Betriebstemperatur beugt außerdem einem Übergang von Schwermetallen in die Gasphase, ausgenommen Quecksilber, vor. Weiterhin soll durch die Fahrweise der Anlage auch die Bildung polyzyklischer Aromaten erschwert oder verhindert werden. Das Pyrolysegas wird in einer Brennkammer mit Luftüberschuss bei etwa 1.250 °C verbrannt. Korrosionen an den außenbeheizten Drehrohren haben dazu geführt, dass inzwischen beide Drehrohre durch neue ersetzt wurden.
Von Roll, MHKW Bremerhaven, RCP (Recycled Clean Product)- oder Duotherm-Verfahren	Beim RCP-Verfahren wird der Abfall unbehandelt auf einen Rost aufgegeben. Dort wird dieser entgast und getrocknet und durch Oxidation eines Teils des Pyrolysegases mit zugesetztem Sauerstoff unterstöchiometrisch verbrannt (insgesamt kann dieser Teilschritt als Vergasung bezeichnet werden). Der Pyrolysekoks fällt aus der Pyrolysekammer in die erste Zone eines Schmelzreaktors und wird unter Zugabe von Sauerstoff dort ausgebrannt. Die geschmolzene Schlacke und damit auch die meisten Metalle werden durchoxidiert. Der gesamte Schmelzreaktor ist mit feuerfester Ausmauerung ausgekleidet. Die flüssige Schlacke läuft von der ersten Zone des Schmelzreaktors in die zweite Zone. Dort wird die Schlacke elektrisch ohne Zufuhr von Sauerstoff auf Temperaturen von etwa 1.500 °C aufgeheizt. Die zweite Zone ist die Reduktionszone, in der die Schwermetalle sowie Eisen und Kupfer reduziert und so in den metallischen Zustand zurückgeführt werden. Einige Schwermetalle verdampfen, während sich Kupfer, Nickel und Eisen am Boden sammeln und wie in einem Hochofen regelmäßig abgestochen werden. Die dritte Zone (Absetzzone) wird durch Öl-/Sauerstoff-Brenner beheizt. Dort setzen sich die Reste von Kupfer und Nickel ab und die oben schwimmende mineralische Schlacke kann über einen Überlauf aus dem Schmelzreaktor ausgetragen und granuliert werden. Das Pyrolysegas wird in einer

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 4 –

Verfahren	Status und Entwicklung
<p>Von Roll, MHKW Bremerhaven, RCP (Recycled Clean Product)- oder Duotherm-Verfahren (Fortsetzung)</p>	<p>Nachbrennkammer vollständig verbrannt, so dass die Energie genutzt werden kann. Probleme gab es beim Betrieb mit dem RCP-Verfahren im Bereich des Schmelzreaktors. Dieser war schwierig auf der richtigen Temperatur zu halten. Bei zu hohen Temperaturen sank die Standzeit der Ausmauerung rapide, während bei zu niedrigen Temperaturen die Schmelze eine zu hohe Viskosität aufwies. Die abgestochenen Metalle werden als Legierung gewonnen, so dass eine Vermarktung der Einzelmetalle erst nach metallurgischer Aufarbeitung des Gemisches möglich ist.</p> <p>Im Mai 2000 wurde erstmals eine nominale Leistung von 6 t/h für die Anlage in Bremerhaven erreicht. Für die Duotherm-Anlage wird eine genehmigte Kapazität von 8 t/h angegeben.</p>
<p>Berlin Consult BC (Deutschland) ELA GmbH Bernau, Hüls Troisdorf Haloclean</p>	<p>Bau und Betrieb einer Pilotanlage (Technikumentwicklung seit 1990) zur pyrolytischen Zerlegung von Leiterplatten mit einer Betriebszeit von 1993 bis 1995 und einem Durchsatz von 1.700 t/a. Die Arbeiten an der Anlage wurden nach Auslauf der Förderung wieder eingestellt, da es Probleme mit den halogenorganischen Verbindungen gab. Teile der Anlagentechnik stehen im Technikum bei CUTEC in Clausthal-Zellerfeld.</p> <p>Zum gleichen Einsatzmaterial gibt es aktuelle Entwicklungen, die sich als Europäisches Verbundvorhaben unter Haloclean zusammengefasst werden und an denen u.a. auch das KIT Karlsruhe und die Uni Stuttgart beteiligt sind.</p>
<p>katalytisches Niedertemperaturkonvertierungsverfahren nach Prof. Bayer zur Verölung von getrocknetem Klärschlamm ZWT Schlammkonvertierung (Lotecotec-Verfahren)</p>	<p>Das unter der Verfahrensbezeichnung „Katalytisches Niedertemperaturkonvertierung“ in den achtziger Jahre an der Universität Tübingen, Institut für Organische Chemie durch den im Januar 2002 verstorbenen Prof. Ernst Bayer entwickelt Verfahren, lässt sich auch als Pyrolyse mit einer niedrigen Reaktionstemperatur von 350 bis 400 °C einstuft, mit dessen Hilfe aus fast vollständig trockenem Klärschlamm (TS-Gehalt 90 % oder größer) ein Pyrolyseöl mit einem hohen Anteil an langkettigen Kohlenwasserstoffen gewonnen wurde. Seit 1987 wurde eine Demonstrationsanlage in Burlington bei Toronto in Kanada betrieben, deren Betrieb allerdings aus wirtschaftlichen Gründen in den neunziger Jahre eingestellt wurde. Das Verfahrensprinzip wurde Mitte der neunziger Jahre auch zur Behandlung anderer Biomassen wieder aufgegriffen und in Zusammenarbeit mit der Fachhochschule Gießen-Friedberg Herrn Prof. Dr. Ernst A. Stadlbauer, Labor für Entsorgungstechnik weiterentwickelt. Für den Anwendungsbereich Biomassen wurden mit DLR-Förderung 2 Pilotanlagen in Brasilien errichtet. Seit 1998 sollte eine Anlage zur Klärschlammbehandlung in Perth, Australien mit einem Durchsatz von 30 t TS pro Tag betriebsbereit sein, allerdings belegen die Informationen des Betreibers Western Australian Water Solution, dass eigentlich nur die Trocknung und Pelletierung zufriedenstellend gearbeitet hat und die Verölungsanlage nicht mehr betrieben wird. Der Klärschlamm wird inzwischen kompostiert (Biosoil).</p> <p>Weitere Aktivitäten an der Kläranlage Füssen führten zu einem Projekt für den Zweckverband zur Abwasserbeseitigung im Pfattertal. Der Bau der Anlage für den Zweckverband erfolgt in Kooperation mit der Fachhochschule Gießen-Friedberg, des Tonwerks Venus (Abnehmer des Pyrolysekoks), der Firma ZWT aus Bayreuth und der ingenieurtechnischen Begleitung durch die U.T.E. Ingenieur GmbH. Die mit 4 Millionen Euro angegebene Gesamtinvestition für die Anlage wird seit 2006 mit 1,16 Millionen Euro aus dem „LIFE-Umweltprogramm“ der EU gefördert. Die Demonstrationsanlage hat Ende 2008 ihren Probetrieb aufgenommen. Bei Vollbetrieb sollen in der neuen Anlage 1.400 Tonnen getrockneter Klärschlamm jährlich auf die beschriebene Weise verwertet werden – entsprechend der rund 5.000 Tonnen entwässerten Klärschlammes oder 25.000 Tonnen Nassschlammes, die alljährlich in elf Kläranlagen des südöstlichen Landkreises anfallen. Das Projekt wird als Folge</p>

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 5 –

Verfahren	Status und Entwicklung
katalytisches Niedertemperaturkonvertierungsverfahren nach Prof. Bayer zur Verölung von getrocknetem Klärschlamm ZWT Schlammkonvertierung (Lotecotec-Verfahren) (Fortsetzung)	finanzieller Schwierigkeiten des Zweckverbandes (vermutlich auch technischer Probleme) augenblicklich nicht weiterentwickelt und die „Klärschlamm-tersorgung AG“ (KSE)“ die für Trocknung und Verwertung des Klärschlamm-s zuständig war, wurde aufgelöst. Die Fa. ZWT bietet das Verfahren als Lotecotec-Verfahren (Low temperature conversion technique = Niedertem- peraturkonvertierung/NTK) mit Bezug auf eine weitere Pilotanlage in Luther- stadt Eisleben für die Klärschlammbehandlung an.
Klärschlamm- pyrolyse Yokohama und Tokio, Japan	Auf der Basis der Drehrohrpyrolyse haben deutsche Entwickler gemeinsam mit Mitsubishi Heavy Industries für Yokohama ab 2000 eine industrielle Klärschlamm- pyrolyse (Pilotanlage 120 kg/h), die 2006 auf 3 Einheiten (1,6 x 15 m) ausgebaut wurde. Seit 2007 gibt es auch eine Klärschlamm- pyrolyse in Tokio zu der allerdings keine technischen Daten verfügbar waren.
GEM Graveson Energy Management (Großbritannien)	GEM ist ein mittelständiges Unternehmen in Großbritannien, das ein „Schnellpyrolyseverfahren“ entwickelt hat, mit dem Ziel ein Synthesegas aus Abfällen zu erzeugen. Die in Bridgend, Wales errichtete Demonstrations- anlage mit einer Kapazität von 6.000 t/a (andere Angaben 12.500 t/a) wurde inzwischen demontiert und die Firma beschäftigt sich nicht mehr mit diesem Verfahrensumfeld. Das Verfahrensprinzip wird aber weiterhin in Lizenz in laufenden Projekten genutzt (siehe Scarborough Power Ltd).
Nexus (Frankreich)	Kleineres französisches Unternehmen, das einen Pyrolyseprozess zur Erzeu- gung von Pyrolysegas und -koks (Softer) entwickelt hat, die als Ersatzbrenn- stoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden sollten. Es wurde eine Demonstrationsanlage 1995 in Châteaurenard, Frankreich erstellt. 1998 erhielt Nexus Aufträge für eine 30.000 t/a Anlage in Digny (Eure-et- Loire) und für ein Projekt in den Vogesen. Vor Realisierung der Projekte ging Nexus im Juni 2001 in Konkurs.
Thide (Frankreich)	Französisches Pyrolyseverfahren für Siedlungsabfälle, in Zusammenarbeit mit HITACHI Ltd. Auch in Japan an mehreren Standorten (u.a. Izumo, Itoiga- wa) tätig. Der Pyrolyseprozess erzeugt Pyrolysegas und -koks, die als Ersatz- brennstoffe zur Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzt werden sollten. Eine 50.000 t/a Anlage wurde in Arras, Frankreich gebaut und betrieben. Im Februar 2009 wurde über den Konkurs von Thide Pyrolysis und die Stilllegung der Anlage in Arras berichtet (Crepellé 2009).
ConTherm, Hamm-Uentrop, Mannesmann- PLEQ, (TechTrade)	ConTherm-Verfahren zur Vorbehandlung von heizwertreichen Abfallfraktionen nach dem Verfahrensprinzip der Pyrolyseanlage in Günzburg mit einer Jahreskapazität von 100.000 t im RWE-Kraftwerk Westfalen bei Hamm. Seit 2001 ist im Kraftwerksblock 5 des Kraftwerkes Westfalen eine Vorschaltan- lage in Betrieb und entsorgt seitdem etwa 100.000 t/a an aufbereiteten höher kalorischen Abfällen. Das entstehende Pyrolysegas ersetzt einen Teil des vom regulären Kraftwerksblock benötigten Kohlenstaubes. Die Verfahrenskonzeption entstand Mitte der achtziger Jahre bei der 1996 an die Mannesmann MDEU gegangene Firma PLEQ, die sich auf den Bau von Drehrohren spezialisiert hatte. Von Mannesmann MDEU bzw. Technip Germany wurde diese Anlage gebaut und in Betrieb genommen. Seit 2000 wird das Verfahren durch die Firma TechTrade unter Integration der PLEQ-Experten weiterentwi- ckelt. Die von Mannesmann zu errichtende Anlage besteht im Wesentlichen aus <ul style="list-style-type: none"> • der mechanischen Vorbehandlung, • dem außenbeheizten Drehrohrreaktor, • der Reststoffaufbereitung und • der Pyrolysegasbehandlung.

Tabelle 1: Entwicklung und Stand von Pyrolyseverfahren weltweit – Fortsetzung 6 –

Verfahren	Status und Entwicklung
ConTherm, Hamm-Uentrop, Mannesmann-PLEQ, (TechTrade) (Fortsetzung)	<p>Eine Besonderheit der Mannesmann-Technologie war der Siebschuss am Ende der Drehtrommel. Er teilt den festen Pyrolyserückstand in zwei Fraktionen auf. Der feinkörnige Pyrolysekoks mit einem Kohlenstoffgehalt von etwa 25 % bis 30 % wird unter Luftabschluss trocken ausgetragen und anschließend mit Wasser indirekt gekühlt. Der Siebüberlauf besteht aus Metallen und groben Inertstoffen und wird nass durch eine Wassertasse ausgetragen. Aufgrund der unter reduzierenden Bedingungen betriebenen Pyrolyse können die im Abfall enthaltenen Eisen- und Nichteisenmetalle mit hoher Qualität sowie Inertstoffe zurückgewonnen werden.</p> <p>Die Energiewandlung der heizwertreichen Pyrolyseprodukte übernimmt das verbundene Kraftwerk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Pyrolysegas wird direkt in den unteren Teil des Feuerraumes eingeleitet und mitverbrannt. • Der abgesiebte feinkörnige Pyrolysekoks wird gemeinsam mit der Kohle gemahlen und in den vorhandenen Staubbrennern verfeuert. • Es stellt also die Verbrennungseinheit, Wärmenutzung, Abgasreinigung und Kamin zur Mitbenutzung. <p>Nach Einsturz des Schornsteins Ende 2009 wurde die ConTherm-Anlage beim Kraftwerk Westfalen Anfang 2010 aus wirtschaftlichen Gründen endgültig außer Betrieb genommen.</p>
Logoil Cooperation, Halle, Sachsen-Anhalt (Deutschland)	Es gibt eine immissionsschutzrechtlich (17. BImSchV) genehmigtes Technikum am Standort Halle zur katalytischen Thermolyse von aufbereiteten Kunststoffabfällen (vorgeschaltete PVC-Abscheidung) oder halogenfreier Lösemittel zur Herstellung von Destillationsprodukten und eines thermisch verwertbaren Prozessgases.
KDV- Verfahren (Alphakat), Deutschland	Es wird u.a. eine Versuchsanlage am Standort Hoyerswerda betrieben. Weiterhin wird über Anlagen im Ausland berichtet (Kanada). Neben einer Medienpräsenz gibt es allerdings keine nachvollziehbaren technischen Daten zu dem Verfahren.
Pyrobuster, Fa. Eisenmann Crailsheim/Dinkelsbühl	Am Standort erfolgt eine Pyrolyse von getrockneten Klärschlämmen in Verbindung mit einem Biomassekraftwerk. Bisher hat die Anlage noch Startschwierigkeiten und um einen stabilen Dauerbetrieb erreichen zu können, sind technische Verbesserungen notwendig. Außerdem sind die Behandlungskosten relativ hoch.

Die Thermoselectanlage in Karlsruhe stellt neben der Vergasungsanlage der Schwarzen Pumpe in Deutschland nur den Höhepunkt der Entwicklung oder wenn man die Historie betrachtet (Tabelle 2) der Fehlentwicklungen dar, ein Trend, der weltweit noch ungebrochen anhält.

Einige thermische Behandlungsverfahren wie die Plasmapyrolyse und die gestufte Verbrennung (z.B. Verfahrensprinzip Hoval) wurden nicht in die Zusammenstellung von Pyrolyse und Vergasung mit einbezogen. Einer der Gründe ist die Tatsache, dass für den Einsatz der Plasmapyrolyse zwar ein hoher Werbeaufwand betrieben wird, der allerdings im krassen Missverhältnis zu den verfügbaren Daten wie Massen- und Energiebilanzen und den wirklich realisierten Anlagen steht. Die Technik ist mit Namen wie z.B. Westinghouse oder Plasco für den amerikanischen Markt und Plasmox oder Enviroarc für den europäischen Markt verbunden.

Tabelle 2: Entwicklung und Stand von Abfallvergasungsverfahren weltweit

Verfahren	Status und Entwicklung
Destrugas (Dänemark)	Die dänische Firma Pollution Control Ltd hat 1971 die Pilotanlage nach dem Destrugas-Verfahren in Kalundborg errichtet. Sie war auf einen Durchsatz von 6 t Hausmüll pro Tag ausgelegt. Das Verfahren arbeitete nach dem Schachtofen-Prinzip. Es war ausschließlich für die Pyrolyse von Hausmüll und hausmüllähnlichen Abfällen konzipiert. Die Grundlagen für diese Anlage wurden Mitte der sechziger Jahre an einer Versuchsanlage in Kolding ermittelt, die direkt mit einem Gaswerksstandort verbunden war. Die Anlage wurde nach kurzer Laufzeit außer Betrieb genommen, da sich die Gemeinde Kolding für den Bau einer Abfallverbrennungsanlage entschieden hatte. Neben Aktivitäten in Japan gab es auch eine Destrugas-Versuchsanlage in Berlin (Größenordnung 1 t/d). Alle Projekte sind als gescheitert anzusehen.
Andco-Torrax (USA/Europa)	Erster großtechnisch entwickelter Schachtreaktor zur Vergasung von Siedlungsabfälle (Pilotanlage in Orchard Park, NY(1971-1977), der als großtechnische Anlage in Orlando, FL (1982-1983), Frankfurt (Main), Luxemburg bis Anfang/Mitte Achtziger Jahre und in Creteil, Frankreich (1979 bis 1998) gebaut und betrieben wurde. Bis auf die Anlage in Creteil wurden alle anderen Anlagen bereits nach kurzem Betrieb, auf Grund nicht lösbarer technischer Probleme im Vergasungsreaktor und hohem Verbrauch an Primärenergie (Erdgas) in der Stützfeuerung zur Aufrechterhaltung des schmelzflüssigen Schlackeabzugs stillgelegt.
Union Carbide System (Purox)	Der Union Carbide Purox bestand aus einem von oben mit zerkleinertem Abfall beschickten, vertikal aufgebauten Schachtreaktor. Der Abfall durchlief im Reaktor eine Pyrolyse-, Vergasungs und Verschlackungszone bevor die Schlacke schmelzflüssig in ein Wasserbad abgeführt wurde. Als Vergasungsmittel wurde im Purox process Sauerstoff eingesetzt, um ein mittelkalorisches Synthesegas zu erzeugen. Union Carbide hat in den achtziger Jahren eine Demonstrationsanlage mit 90 t/d in Charleston, W. Va., USA betrieben, die Technik allerdings nicht bis zur Marktreife weiterentwickelt.
Pyroflam System Budapest, Ungarn	Von 1996 bis 1998 betriebene Versuchsanlage in der Nähe des Budapester Flughafens mit einem Durchsatz von über einer Tonne pro Stunde bzw. 11.000 t/a.
TPS Fluidized System, Greve, Chianti, Italien	Wirbelschichtanlage zur Vergasung pelletierten RDF mit dokumentierten Betriebszeit von 1993 bis 1998 und einer Durchsatzleistung von 2 bis 4 t/h. Nach Umbaumaßnahmen bis 2000 scheint die Anlage ihren Betrieb nicht wieder aufgenommen zu haben.
TPD Tsukishima Kikai System	Eine Vergasungsanlage nach dem TPD-Verfahren wurde von 1983 bis 1990 in Funabashi City, Japan betrieben und dann als Folge technischer Probleme stillgelegt.
Voest Alpine Linz, Österreich	Ende der achtziger Jahre wurde ein Schachtreaktor versuchsweise am Standort Linz als Pilotanlage betrieben, die u.a. zur Vergasung von Shredderleichtfraktion eingesetzt wurde. Die Voest AG setzt diesen Abfall inzwischen direkt im Hochofen ein.
Brightstar Environmental, Wollongong, New South Wales, Australien	Vergasungsanlage für vorbehandelten Siedlungsabfall (SWERF Solid waste and energy recycling facility) mit einem geplanten Durchsatz von 30.000 t/a. Die Testphase der Anlage war von 2001 bis 2004. Im April 2004 wurde die Anlage geschlossen, nachdem die Muttergesellschaft Energy Development nicht bereit war, weiteres Geld in das Projekt zu stecken, das neben finanziellen Schwierigkeiten auch technische Probleme im Bereich der Emissionsminderung hatte. Damit wurden auch Planungen für eine entsprechende Anlage in Derby, Großbritannien eingestellt.

Tabelle 2: Entwicklung und Stand von Abfallvergasungsverfahren weltweit – Fortsetzung 1 –

Verfahren	Status und Entwicklung
Compact Power (jetzt Ethosenergy), Avonmouth, Großbritannien	Mittelständiges britisches Unternehmen das eine Kombination aus Pyrolyse + Vergasung + Verbrennung entwickelt hat. Eine Demonstrationsanlage mit einer Kapazität von 8.000 t/a wurde mehrere Jahre zur Behandlung von Krankenhausabfällen eingesetzt. Für den Standort Avonmouth wurde ab 2004 eine Scale-Up-Anlage mit 32.000 t/a konzipiert, deren Bau mit 5 Millionen £ aus dem Entwicklungsfond für neue Technologien der DEFRA gefördert wurde. Aufgrund von finanziellen Schwierigkeiten wurde Compact Power und die Tochtergesellschaft BATNEEC (Bristol), die die Pilotpyrolyseanlage betreibt inzwischen von ETHOS Recycling übernommen und der Ethosenergy angegliedert. Unklar bleiben die Entwicklungen am Standort Avonmouth, denn während das Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), Großbritannien sich auf Vereinbarungen im Rahmen der Förderung der Avonmouth Renewable Energy Plant beruft, plant Ethos eine Änderung der technischen Konzeption, die nur noch in Teilen auf der Technik von Compact Power basieren soll. Bis zum Abschluss des DEFRA Förderprogramms in 2010 konnte die Anlage nicht in Betrieb genommen werden.
Enerkem, Kanada/USA	Das im Jahre 2000 in Kanada gegründete Unternehmen Enerkem gilt als der augenblicklich führende Anbieter eines eigenentwickelten Vergasungsverfahrens (vermutlich Wirbelschichtvergasung) im anglo-amerikanischen Raum. Mit Hilfe dieses thermochemischen Verfahrens sollen organische Reststoffe über mehrere Verfahrensschritte (BtL) in Biokraftstoffe, wie z.B. Ethanol umgewandelt werden. Mit dieser Technologie können verschiedene kohlenstoffhaltige Ausgangsstoffe, z.B. vorsortierte, feste Siedlungsabfälle, Bau- und Abbruchholz sowie land- und forstwirtschaftliche Reststoffe verarbeitet werden. Im Dezember 2009 erhielt Enerkem vom US-amerikanischen Energieministerium (DOE) Finanzmittel in Höhe von 50 Mio. USD für den Bau einer geplanten Anlage in Mississippi (Inbetriebnahme 2013 geplant). Die 2009 fertig gestellte, kommerzielle Demonstrationsanlage in Westbury, Kanada, hat zwischenzeitlich eine Betriebszeit von 1.000 Stunden erreicht. Das amerikanische Abfallunternehmen Waste Management Inc. ist inzwischen mit 51 Mio. an Enerkem beteiligt. Die neuaufgebrachten Finanzmittel werden für Enerkems Wachstumspläne, u. a. für den Bau einer zweiten Anlage in Partnerschaft mit der Stadt Edmonton in Alberta eingesetzt. Enerkem betreibt derzeit zwei Anlagen in Kanada: eine Pilotanlage in Sherbrooke und eine im kommerziellen Massstab produzierende in Westbury. Technischen Ähnlichkeiten mit der Konzeption des Carbo-V-Verfahrens von Choren sind erkennbar. Seit 2002 wird eine Vergasungsanlage für Kunststoffabfälle mit einem Durchsatz von 25.000 t/a in Castellon, Spanien betrieben, die Gasnutzung erfolgt über die Stromerzeugung mittels eines Gasmotors zu dem allerdings keine Emissionsdaten verfügbar waren.
Novera Energy (jetzt Biossence) East London, Großbritannien	Gemeinsam mit der London Thames Gateway Development Corporation hat Novera Energy (Tochtergesellschaft eines australischen Firmenkonsortiums) die Konzeption für die East London Sustainable Energy Facility (ELSEF) am Standort Dagenham der Ford Motor Company mit Unterstützung des Bürgermeisters von London entwickelt. Das ELSEF Projekt wurde finanziell aus dem New Technology Demonstrator Programm des Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) in Großbritannien gefördert, allerdings aufgrund von Zeitverzögerung aus dem Programm herausgenommen. Die Fortführung des Projektes erfolgt nach dem Verkauf durch den neuen Besitzer Biossence Ltd.
Biossence (vormals Novera) East London, Merseyside, Kent Großbritannien	Im April 2009 hat Novera Energy seine Rechte an dem Projekt East London Sustainable Energy Facility Rainham, East London für 1,25 Millionen £ an die Entwicklungsgesellschaft Biossencs (Tochter der Schweizer Investmentgruppe Network Economy AG) verkauft und wird sich zukünftig der Windkraft

Tabelle 2: Entwicklung und Stand von Abfallvergasungsverfahren weltweit – Fortsetzung 2 –

Verfahren	Status und Entwicklung
Biossense (vormals Novera) East London, Merseyside, Kent Großbritannien (Fortsetzung)	widmen. Das Projekt in East London soll für 25 Millionen £ fertig gestellt werden, wobei eine Vergasungsanlage für Siedlungsabfälle mit einer thermischen Leistung von 10 MW entstehen soll. Es sollen dabei 90.000 t Brennstoff pro Jahr aus Siedlungsabfällen erzeugt werden. Dieses Projekt ist eines von 5 Projekten in Großbritannien, wobei das größte in Merseyside mit 40 MW und 400.000 t Abfall pro Jahr geplant ist. Der Baubeginn ist für 2011 vorgesehen. Ein weiterer Vorvertrag wurde im September 2010 der SCA Packaging Ltd für einen Standort in Kent geschlossen. Als Nachfolger von Novera hat Biossense die Vermarktungsrechte für die Techniken von Enerkem in Großbritannien erworben, deren Vergasungstechnik die Grundlage für die Planungen in Großbritannien bilden.
Biffa waste management, Energos Isle of Wight, Großbritannien	Die Projektentwicklung auf der Isle of Wight hat während der geförderten Projektphase zu keiner funktionsfähigen Anlage geführt. Die weiteren Entwicklungen laufen in Richtung der Konzeption von Energos mit der Trennung der thermischen Behandlung in eine Vergasungs- und Verbrennungskammer, die mit einander verbunden sind. Für die Weiterentwicklung der Technik wurde im November 2009 eine strategische Partnerschaft mit KIV, einem mittelständigen Hersteller für Biomasse Kessel in Vransko, Slowenien eingegangen, der auch im Europäischen Umfeld tätig ist. Im Gegensatz zu den Hinweisen von Biffa finden sich bei KIV keine Referenzen für Abfallvergasungsanlagen. Einzige Referenz zur Abfallbehandlung ist eine kleinere Abfallverbrennungsanlage (35.000 t/a) in Celje in Slowenien. Der Nachweis für die technischen Erfahrungen bei der Vergasung von Abfällen und Klärschlämmen lässt die Liste der Referenzprojekte nicht zu.
MFU Vergasungsprozess, Deutschland	Die Mitteldeutsche Feuerungs- und Umwelttechnik GmbH hat versuchsweise Erfahrungen aus der Holzvergasung auf Abfälle übertragen. Bisher erfolgte keine weitere technische Umsetzung.
Krupp Uhde Pre Con Prozess, Deutschland	Verfahrenstechnische Adaption aus der Kohlevergasung, allerdings bisher keine Referenzanlage vorhanden.
Energos (Norwegen, Deutschland, Großbritannien)	Die norwegische Firma Energos entwickelte eine Verfahrenskonzept, das auf einem Rost Vergasung und Verbrennung von Abfällen hintereinander gestuft ermöglicht. Es wurden fünf Anlagen in Norwegen und eine Anlage in Deutschland mit Kapazitäten zwischen 10.000 und 75.000 Jahrestonnen gebaut, deren Vorteil die kompakte Bauweise und eine wirtschaftliche Betriebsweise auch bei kleinen Durchsätzen von unter 60.000 Jahrestonnen sein sollte. Energos ist inzwischen insolvent und die Aktivitäten wurden von der englischen Firma Ener-G übernommen (siehe auch Biffa, Isle of Wight).
Schwarze Pumpe (Deutschland)	Im Verwertungsunternehmen SVZ (Sekundärrohstoff-Verwertungszentrum Schwarze Pumpe GmbH) im sächsischen Spreetal (Deutschland) sollte ein ökologisch und wirtschaftlich sinnvoller Weg zur Behandlung von aufbereiteten Siedlungs- und Produktionsabfällen gegangen werden, der die Gewinnung von Synthesegas zur Erzeugung von Methanol und Strom aus Abfall zum Ziel hatte. Das SVZ nutzte dabei die Gaserzeugungstechnologie (BGL-Vergasung) im Schlackebad der Lurgi Energie und Entsorgung GmbH, Ratingen (Deutschland). Einsatzstoffe waren heizwertreiche Pellets aus Hausmüll, kontaminiertes Holz, Pellets aus Teerschläm und Kompaktate aus Mischkunststoffen, die in einem Verhältnis von etwa 4:1 mit Kohle gemischt wurden. Es wurden beispielsweise Durchsätze von 30 Tonnen pro Stunde mit unterschiedlichen Menüzusammensetzungen erzielt. Die hier eingesetzte Gaserzeugungstechnik wurde gemeinsam von British Gas und Lurgi (BGL-Vergasung) in den siebziger Jahren zur Gaserzeugung aus Kohle entwickelt. Diese Technik wurde von Lurgi Energie und Entsorgung GmbH erstmals für den Anwendungszweck der

Tabelle 2: Entwicklung und Stand von Abfallvergasungsverfahren weltweit – Fortsetzung 3 –

Verfahren	Status und Entwicklung
Schwarze Pumpe (Deutschland) (Fortsetzung)	<p>Abfallvergasung realisiert. Das Verfahren war als klassischer Gegenstromvergaser ausgeführt und arbeitet bei einem Betriebsdruck von 25 bar mit Sauerstoff und Wasserdampf als Vergasungsmittel mit hohem Wirkungsgrad bei der Umwandlung. Der Einsatzstoff aus Abfällen und Kohle reagiert mit dem Vergasungsmittel zu einem gasförmigen Endprodukt, das nach Reinigung als Synthesegas beim SVZ zur Erzeugung von Methanol und Strom genutzt wurde. Darüber hinaus wurden durch die hohen Temperaturen von 1.200 bis 1.400 °C während der Vergasung die in den Abfällen vorhandenen Schadstoffe vernichtet. Die verglaste Schlacke – als einziges Abfallprodukt aus dem Vergaser – bindet noch vorhandene Schadstoffe fest ein.</p> <p>Die relativ guten technischen Voraussetzungen standen allerdings im Missverhältnis zu den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen beim Sustec Verwertungszentrum (SVZ) in Schwarze Pumpe, das trotz massiver Unterstützung staatlicher Stellen 2007 die Abfallvergasung einstellen musste und auch durch Verkäufe nicht vor dem Konkurs bewahrt werden konnte. Der Abbau der Vergaseranlagen ist inzwischen annähernd abgeschlossen.</p>
Thermoselect (Deutschland), Karlsruhe, JFE, Japan	<p>Das Thermoselect-Verfahren war neben der Schwarzen Pumpe der am weitesten entwickelte Vergasungsprozess für gemischte Siedlungsabfälle. Der Vergasungsprozess mit schmelzflüssigem Schlackeabzug wurde zwischen 1985 und 1992 in der Schweiz entwickelt. Eine Demonstrationsanlage mit einer nominalen Kapazität von 110 t/d wurde in Fondotoche, Italien gebaut und zur Weiterentwicklung des Verfahrens eingesetzt. Diese Anlage wurde von 1992 bis 1999 als Entsorgungsanlage betrieben.</p> <p>Eine größere Entsorgungsanlage mit einer nominalen Kapazität von 750 t/d (225.0000 t/a) wurde in Karlsruhe gebaut und ab 1999 betrieben. Von Anfang an hatte die Anlage technische und wirtschaftliche Probleme, da keine der Behandlungslinien über einen längeren Zeitraum die geplanten Abfalldurchsätze erreichen konnte. In 2004 wurde die Anlage durch den Besitzer EnBW endgültig stillgelegt. Auf die Stilllegung folgte ein mehrjähriger Rechtsstreit zwischen dem Lizenzgeber Thermoselect S.A. und EnBW, der 2009 im Wesentlichen zu Gunsten von EnBW entschieden wurde. Für die dritte in Europa geplante Thermoselect-Anlage wurde in Ansbach nur der Gebäudekomplex errichtet, Maschinentechnik wurde an diesem Standort nicht mehr installiert.</p> <p>In Japan hat die Firma JFE Lizenzen von Thermoselect erworben und mehrere Anlagen nach dem Verfahrensprinzip gebaut. Die erste Anlage wurde 1999 am Standort des Stahlwerkes in Chiba realisiert. Das produzierte Synthesegas wird bei der Stahlerzeugung eingesetzt: Weitere sechs Anlagen wurden durch JFE nach dem Thermoselect-Verfahren bis 2006 in Betrieb genommen.</p> <p>JFE bietet inzwischen eine Eigenentwicklung eines Vergasungsverfahrens an, das sich wieder stärker an den Schachtreaktoren der Stahlerzeugung orientiert und in Europa das erste Mal in Rom gebaut wird, allerdings ist das Projekt inzwischen ins Stocken geraten.</p>
Noell-KRC Konversionsprozess Würzburg, Deutschland	<p>Verfahrensentwicklung bis 2005 auf der Basis von Ergebnissen der Kohlevergasung. Es erfolgte keine großtechnische Umsetzung eines Projektes in Nordhessen und die Aktivitäten wurden nach dem Konkurs des Mutterkonzerns Babcock eingestellt.</p>
Nippon Steel, Japan	<p>Nippon Steel betreibt seit mehreren Jahren Vergasungsverfahren für Abfälle, die aus der Hochofentechnik abgeleitet sind. Nach Literaturrecherchen bestehen Anlagen in Ibaraki (400 t/d seit 1980, erweitert um 270 t/d 1996 und 135 t/d 1999), Iryu-kumiai (110 t/d 1997), Kagawatobu-kumiai (120 t/d 1997) und Iizuka (116 t/d 1998).</p>

Tabelle 2: Entwicklung und Stand von Abfallvergasungsverfahren weltweit – Fortsetzung 4 –

Verfahren	Status und Entwicklung
Zementwerk Rüdersdorf, (Deutschland)	Geförderter Wirbelschichtvergaser für aufbereitete heizwertreiche Abfälle zur Erzeugung eines Produktgases zur Mitverbrennung bei der Zementherstellung, der seit mehreren Jahren erfolgreich beim Zementwerk Rüdersdorf eingesetzt wird.
Twin Internally Circulating Fluidized Bed Gasifier (TIFG) by the Ebara Corporation (Fujimura 2001)	Keine aktuellen Details bekannt.
Bellwether Gasification Technologies Ltd. Hennigsdorf (Deutschland)	Vermarktung des Vergasungsverfahrens IMG (Integrated Multifuel Gasification) für heizwertreiche oder metallhaltige Abfälle mit dem Hinweis auf Referenzanlagen in Rumänien zu der allerdings keine technischen Details veröffentlicht wurden. Folgende Anlagen werden als Referenzen auf der Website geführt: <ul style="list-style-type: none"> • schlüsselfertige Vergasungsanlage für heizwertreiche Abfälle in Brasov/Rumänien mit einer Kapazität von 100.000 t/a, Kunde Dunarea SA; • schlüsselfertige Vergasungsanlage für heizwertreiche Abfälle in Vaslui/Rumänien mit einer Kapazität von 90.000 t/a, Kunde Dunarea SA; • schlüsselfertige Metall-Recycling-Anlage in Veneto/Italien mit einer Kapazität von 60.000 t/a, Kunde ATA-Engineering, Veneto
Firma Kopf AG, Klärschlammvergasung, Balingen/Mannheim, Deutschland	Seit etwa 2005 betreibt die Firma Kopf eine Pilotanlage zur Vergasung von vorgetrocknetem Klärschlamm auf der Kläranlage Balingen. Nach den bisherigen Betriebserfahrungen und einer technischen Optimierung wird zurzeit eine Anlage auf dem Gelände des Klärwerkes Mannheim in Betrieb genommen, die 2011 in den Dauerbetrieb gehen soll.
ECOLOOP GmbH, Goslar	Im Aufbau verbindliches Verfahren zur Vergasung von heizwertreichen Abfällen basierend auf der Nutzung eines im Kreislaufgeführten Kalkwandrösts. Verfahrenstechnische und wirtschaftliche Anbindung an die Kalkwerke der Felswerke GmbH im Harz.

Anders als die vollmundigen Ankündigungen Glauben machen wollen, gibt es bisher keine Abfallbehandlungsanlage nach diesem Verfahrensprinzip, die als großtechnische Entsorgungsanlage einzustufen wäre. Mit ähnlichen technischen Konzepten binden Enviroarc und Westinghouse die Plasmafackeln zur Erzeugung eines energiereichen Hochtemperaturgases in einen Abfallvergasungsprozess ein. Enviroarc betreibt in Schweden einen kleinen Schachtreaktor als Vergasungsanlage mit Einschmelzung der Feststoffe auf der Basis der Plasmafackel zur Abfallentsorgung einer Gerberei mit einem stündlichen Abfalldurchsatz von 560 kg bei bisher 4.000 Betriebsstunden. Westinghouse hat gemeinsam mit Hitachi Steel in Japan einen Schachtreaktor entwickelt der mittels Plasma ein Abfallgemisch mit einem hohen Heizwert (Schredderleichtfraktion) vergast. Diese Anlage kann am ehesten als eine großtechnische Umsetzung des Verfahrensprinzips angesehen werden, wobei diese Konzeption fasst als ein Zwitter zwischen Plasma- und Vergasungstechnik für die thermische Behandlung von Abfällen anzusehen ist.

Wie der Autor bei seinen Recherchen in Kanada und den USA selbst erfahren musste, sind die Firmen, die die Plasmaverfahren anbieten, nicht bereit Auskunft über Massen- und Energiebilanzen ihrer Verfahren zu geben. Gleichzeitig wird versucht, die Verfahrenstechnik als thermisches Universalbehandlungsverfahren nicht nur in den USA, sondern auch in sich entwickelnden Industrieländern wie die Türkei oder Ägypten zu verkaufen.

Tabelle 3: Entwicklung und Stand von Plasmaverfahren zur Behandlung von Abfällen weltweit

Plasmapyrolyse Prozesse	Status und Entwicklung
Enviroarc	Schwedisches Unternehmen, das einen von einer Plasmafackel unterstützten vertikalen Schachtvergaser zur Vergasung von Abfällen entwickelt hat. Das Unternehmen betreibt eine eigene Pilotanlage und hat eine Anlage (5.600 kg/h) an eine Gerberei verkauft, wo sie 4.000 Stunden betrieben wurde.
Plasmox, Deutschland, MGL-Plasma AG, Schweiz	Anlage in Sachsen zur Behandlung toxischer Stäube; aufgrund finanzieller Schwierigkeiten des Betreibers stillgelegt. Plasmoxanlage zur Zerstörung von chemischen Kampfmitteln am Standort Munster der Bundeswehr aufgrund technischer Schwierigkeiten nicht in den Dauerbetrieb übernommen.
Westinghouse, Plasco, Enviroplas	Beispiele für US-Amerikanische und kanadische Firmen die Plasmatechnik zur Behandlung von Abfällen vermarkten, allerdings keine Anlagen im kommerziellen Entsorgungsmaßstab in Betrieb haben. Eine Besonderheit stellt Westinghouse in Kooperation mit Hitachi Steel dar, die eine Kombination aus Plasmafackel und Vergaser für die thermische Umsetzung von Automobilshredderleichtfraktion in Japan betreiben.

Die u.a. von Hoval angebotenen Verfahren der gestuften Verbrennung finden noch Anwendung bei kleineren Durchsätzen von 1 bis 2 t pro Stunde an heizwertreichen Abfällen (Krankenhausabfallbehandlung in Kiel-Wellsee (seit 2009 stillgelegt) und Augsburg). Da sie aber nur quasi-kontinuierlich betrieben werden können, gibt es zur Zeit keinen erkennbaren Markt mehr für diese Verfahren.

Im Gegensatz dazu gibt es immer wieder Versuche die Reifenpyrolyse in Europa neu zu etablieren (siehe Tabelle 1), wobei die Konzepte weniger auf die Gewinnung von Pyrolyseölen sondern inzwischen zur Rückgewinnung des färbenden Kohlenstoffs (Carbon black) ausgelegt werden. Unter Fachleuten ist allerdings umstritten, ob das *Recyclingmaterial* die hohen qualitativen Anforderungen in den finanziell attraktiven Verwertungswegen, wie bei der Herstellung von Toner überhaupt erfüllen kann.

3. Wunsch und Wirklichkeiten der Neuen Verfahren

Der Markt der thermischen Abfallbehandlungsverfahren und damit auch der *Neuen Verfahren* scheint sich in den europäischen Nachbarstaaten und Nordamerika als *Conversion Technology* neue Chancen auszurechnen. So war in einem Bericht Gerhard Wirsing vom 6.05.2009 im Abfallforum zu lesen:

Am Vortag des 21. Kasseler Abfall- und Bioenergieforums verkündete der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA): *Wir rechnen ab Jahresmitte mit dem Ende der bisherigen Talfahrt bei den Auftragseingängen.* Ein Anlass, um bei Ausstellern und Teilnehmern des Kasseler Forums nachzufragen, wie sie die Lage aktuell einschätzen und erleben.

Bei Bellwether Gasification Technologies Ltd. aus Hennigsdorf bei Berlin verspürt man weltweites Interesse an dem selbst entwickelten Vergasungsverfahren IMG (Integrated Multifuel Gasification) für heizwertreiche oder metallhaltige Abfälle. Geschäftsführerin Marion Hagedorn erwähnt als aussichtsreiche Zielländer die USA und Kroatien. Die erste Anlage wurde in Rumänien realisiert. Sie ist für die Verarbeitung von jährlich 80.000 Tonnen Hausmüll ausgelegt.

In der Praxis ergeben die Nachfragen nach technischen Details, der Verfügbarkeit oder einer Massen- und Energiebilanzierung allerdings nur einen geringfügigen bis keinen Informationsrückfluss.

Schwierig zu beurteilen ist auch die Situation in Japan, wo viele der Pyrolyse- und Vergasungsverfahren im Großmaßstab betrieben werden, allerdings die Angaben zur realen Verfügbarkeit der Anlagen Zweifel aufkommen lassen, dass die Anlagen auch unter Kostengesichtspunkten ihren Entsorgungsauftrag erfüllen.



Bild 3:

Anlage an dem Schwel-Brennverfahrenskonzept in Japan

Quelle: Dr. Jürgen Vehlow, ehemals KIT Karlsruhe

Teilweise werden die Anlagen in Lizenz gebaut (JFK mit Thermoselect-Lizenz), aber es entstehen auch Eigenentwicklungen aus den Betriebserfahrungen mit den Vergasungsanlagen und dem Kerngeschäft (u.a. Eisen- und Stahlerzeugung), die dann zu Eigenentwicklungen führen, die als Abfallvergasungstechniken in Europa (z.B. Rom) vermarktet werden sollen.

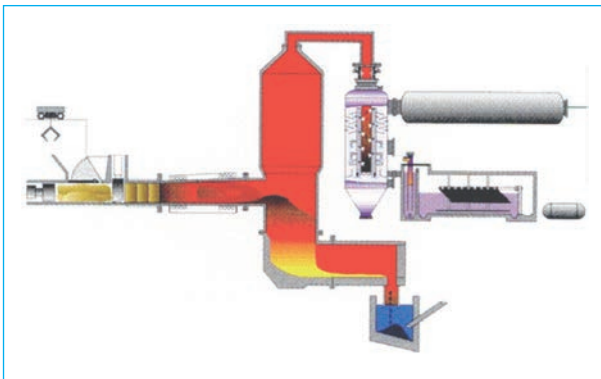


Bild 4:

Anlagekonzept von JFE auf der Lizenz von Thermoselect in Japan

Quelle: Dr. Jürgen Vehlow, ehemals KIT Karlsruhe

Weitere interessante Ansätze ergeben sich in Verbindung mit der Mitverbrennung von Abfällen in Kraftwerken oder industriellen Produktionsprozessen. Als modern und richtungweisend wurde dabei lange die Pyrolysetechnik angesehen, die ein heizwertreiches Gas und eine koksähnliche Feststofffraktion aus der Pyrolyse heizwertreicher Abfälle liefert. Beide Produkte erfüllen die Anforderungen der Kraftwerkstechnik, um mitverbrannt zu werden. Damit sind die Voraussetzungen gegeben, die Pyrolysetechnik als Vorschaltssystem für feststoffbefeuerte Kraftwerke einzusetzen.

Als Beispiel für die praktische Umsetzung dient das Kraftwerk Hamm-Uentrop für das im August 1998 die VEW Energie, Dortmund, der Mannesmann Demag Energie- und Umwelttechnik der Auftrag zum Bau einer Pyrolyse-Anlage als integraler Bestandteil des Kraftwerkes Hamm-Uentrop erteilt wurde. Ab Frühsommer 2000 bis zum Schadensereignis Ende 2009 wurden jährlich 100.000 t heizwertreiche Rückstände pyrolysiert. Die entstehenden Produkte Gas und Koks übernahm das Kraftwerk zur Stromerzeugung und ersetzt auf diese Weise bis zu 10 % der Kohle.



Bild 5:

ConThermverfahren als vorgeschaltete Pyrolyse beim RWE-Kraftwerk Westfalen bei Hamm

Quelle: RWE Power AG Kraftwerk Westfalen



Bild 6:

ConTherm-Anlage mit Sicherungsmaßnahmen nach Schornsteineinsturz

Quelle: <http://www.wa.de/nachrichten/hamm/stadthamm/contherm-anlage-hamm-wird-nicht-weiterbetrieben-667645.html>

Der im Vergleich zu konventionellen Abfallverbrennungsanlagen höhere thermische Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken nutzt die in den Abfällen enthaltenen Heizwerte besser, sofern das erhöhte Korrosionsrisiko den Hauptprozess nicht negativ beeinflusst.

Im Praxisbetrieb kam es immer wieder zu technischen Schwierigkeiten, deren Höhepunkt ein größeres Schadenereignis Ende 2009 war, das seine Ursache in korrosiven Angriffen haben könnte.

Nach Aussagen der Anlagenbetreibers war nach dem Schadenereignis im Dezember 2009 kein wirtschaftlicher Betrieb mehr möglich, da die Reststoffe – es wurden heizwertreiche Abfälle verwendet – nicht mehr so sortiert werden, wie das für den Prozess notwendig sei. Stattdessen landeten die Materialien (vielfach Inhalte von Gelben Säcken) verstärkt in Abfallverbrennungsanlagen. Der Stahlkamin der Anlage, der umgestürzt war, wird nicht wieder aufgebaut. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung habe ergeben, dass sich eine Neuinvestition in einen Kamin nicht lohne. Das Bauwerk war Anfang Dezember 2009 plötzlich abgeknickt und ein etwa 20 Meter langes Teilstück hatte das Dach des Blockes C des Kraftwerks zerstört. Damit wird ein weiteres Kapitel der Anwendung der Pyrolysetechnik mit einem Schadensfall abgeschlossen.

4. Neue Konzepte oder Neue Märkte?

Wie aus der tabellarischen Auflistung der Verfahren zu erkennen ist, treten immer wieder wirtschaftliche Probleme bei den Firmen auf, die Vergasungs- oder Pyrolyseanlagen für Abfälle entwickeln oder betreiben. Bei den Entwicklungen von Konzepten zur Rohstoffrückgewinnung mittels der vorgenannten Verfahrenstechniken haben sie zur Einstellung der Aktivitäten geführt. Denn dem zusätzlichen Aufwand für die Produktaufbereitung standen bisher keine adäquaten Erlöse gegenüber. Aber auch Anlagen mit direkten Entsorgungsaufgaben unterliegen mittlerweile einem erheblichen Kostendruck. Wie die Anlage der BKMI in Burgau zeigt, sind sowohl die Investitionen als auch die Betriebskosten höher als bei vergleichbaren Verbrennungsanlagen. Hinzu kommt die direkte energetische Nutzung durch die Mitverbrennung der Abfälle in Kraftwerken oder Zementwerken, in dem Maße, wie es die chemischen und physikalischen Eigenschaften erlauben. Darüber hinaus erfolgt inzwischen auch die Nutzung heizwertreicher Abfälle in den neu errichteten Ersatzbrennstoffkraftwerken sowie die gesteigerte energetische Verwertung in konventionellen Siedlungsabfallverbrennungsanlagen. Trotz der Konkurrenz zur Mitverbrennung zeigen Projekte wie ConTherm oder in der Entwicklung befindliche Vergasungsverfahren auch die Chancen für Pyrolyse und Vergasung als Vorschaltverfahren für den Einsatz von Abfällen wie

- Haus- oder Restabfall,
- heizwertreiche Hausmüllfraktionen oder
- Sortierreste aus der Kunststoffabfallaufbereitung,

die wegen der variierenden heterogenen Zusammensetzung nicht ohne weiteres mitverbrannt werden können.

Daher kann eine homogenisierende Vorbehandlung erforderlich werden, um diese Abfälle in eine Form zu überführen, die eine Mitverbrennung erlaubt und damit ihren Energiegehalt nutzbar macht. Voraussetzung ist allerdings, dass dies nicht mit juristischen Tricks unter abgeschwächten Umweltauflagen (siehe Lathi) erfolgen soll. Es scheint auch keine allgemeingültige Maßnahme zur Erreichung einer Abfallbehandlungsautarkie, da Entsorgungsmaßnahmen zwar mit Versorgungsmaßnahmen für Strom und Wärme verbunden werden können, aber im Grundsatz als Aufgabe der Daseinsvorsorge unabhängig von wirtschaftlichen Aktivitäten einzelner Industriebereiche funktionieren müssen. Die Nische für alternative Techniken der Vergasung und Pyrolyse (Thermolyse) von Abfällen erscheint in einer umfassend organisierten Abfallwirtschaft doch sehr klein, ohne dass sie komplett ausgeschlossen werden sollte. Als Ergänzung zu etablierten Techniken, wie dem stofflichen Recycling und der energetischen Nutzung in Abfallverbrennungsanlagen, kann im Einzelfall sogar eine bessere energetische Wertschöpfung möglich sein.

Problematisch wird der Einsatz der *Alternativen Verfahren* wenn keine umfassende Infrastruktur für eine Abfallwirtschaft mit Ausnahme der Deponie existiert und die Abfallpyrolyse oder Vergasung zum Ausgangspunkt für den Aufbau einer modernen Abfallwirtschaft werden soll. Ein solches Vorgehen ist meist die Folge einer Übertragung ideologischer Ansätze in die Politik und wird deutlich, wenn man die Hintergründe für sogenannte Sachentscheidungen beleuchtet und feststellt, dass Verfahren unabhängig von ihrem Entwicklungsstand ausgewählt wurden, nur weil es sich um keine Verbrennungsanlagen handelt. In den meisten Fällen ist dies aber nur scheinbar der Fall, weil die Vergasungs- oder Pyrolyseprodukte zur Wärme und Stromerzeugung dann doch verbrannt werden müssen.

Ausländische Erfahrungen werden dabei gerne ignoriert, denn nur so ist zu erklären, dass hochindustrialisierte Mitgliedstaaten wie Frankreich oder Großbritannien ihre eigenen negativen Erfahrungen mit der entsprechenden Technik mit staatlicher Unterstützung machen müssen, die kaum 5 Jahre vorher erhebliche finanzielle Verluste in Deutschland ausgelöst haben.

Es sollte langsam akzeptiert werden, dass Thermodynamik und Entropie nicht an Landesgrenzen gebunden sind und damit bei allen Planungen zu berücksichtigen sind.

Der alle beseelende Wunsch, aus organischen Materialien Treibstoffe herzustellen, ist, nachdem es um Carbo-V und Choren etwas ruhiger geworden ist, das Konzept der kanadischen Firma Enerkem. Hier wird ein Konzept angeboten, das sowohl Abfälle als auch Biomassen thermisch umwandeln soll. Bei der Form der Präsentation werden fachlich Interessierte unwillkürlich an Thermoselect erinnert, wo bereits ohne dass eine Anlage im Entsorgungsmaßstab funktionierte, die Technik weltweit vermarktet wurde.

Den Wunsch und Versprechungen über Fakten zu stellen, bedarf dringend einer ingenieurtechnischen Korrektur.



Bild 7:

Technikumsvergaser der Firma Enerkem in Westbury, Quebec, Kanada

Quelle: www.enerkem.com

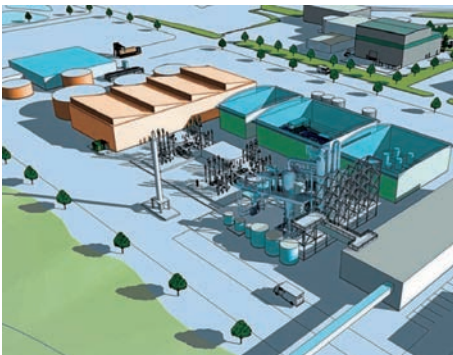


Bild 8: Konzeptstudie für die im Bau befindliche Enerkem-Anlage in Edmonton, Alberta, Kanada

Quelle: www.enerkem.com

In vielen Fällen kann es notwendig sein, den Entwicklungsstand eines neuen oder modifizierten Verfahrens zur thermischen Abfallbehandlung und der dazu gehörigen Anlage festzustellen, um eine Entscheidungshilfe für das weitere Vorgehen zu erhalten. Das ist insbesondere von Bedeutung in Diskussionen und Entscheidungsfindungsprozessen zwischen Bauherren, Anbietern und Investoren und letztlich auch für Gespräche mit der Genehmigungsbehörde. Die entscheidende Frage betrifft immer den Entwicklungsstand des Verfahrens sowohl innerhalb als auch außerhalb des jeweiligen Projektrahmens.

Die Beurteilungskriterien sind im Einzelnen eine Beschreibung

- des Verfahrens und der Anlage,
- der Ein- und Ausgangsstoffe,
- der Marktchancen,
- der Möglichkeiten und Unwägbarkeiten eines Anlagen - Scale-up und
- der Betriebserfahrungen.

Der Umfang und belegbare Einzelheiten der Beschreibung der einzelnen Kriterien bestimmen die Beurteilung des realen Entwicklungsstandes. Ausflüchte wie Geheimhaltung oder Patentstreitigkeiten sind meist ein Indiz für mangelnde Entwicklung oder unzureichende Bilanzierung des Verfahrens.

Eine realistische und pragmatische Beschreibung der Kriterien ist für alle Beteiligten von großer Bedeutung, um Fehlentscheidungen und die Möglichkeiten von Fehlinvestitionen zu minimieren.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zukunftsorientierte Abfallwirtschaftskonzepte sollten ökonomische und ökologische Anforderungen miteinander verbinden. Vor diesem Hintergrund kann die Pyrolyse oder die Vergasung von Hausmüll oder heizwertreichen Abfallfraktionen im Verbund mit bestehenden oder auch neu zu errichtenden Kraftwerken oder Industriefeuerungen eine alternative technische Lösung darstellen, sofern diese vorrangig für ausgewählte heizwertreiche Abfälle und Ersatzbrennstoffe eingesetzt werden.

Diese Integration ermöglicht, losgelöst von den immer noch vorhandenen technischen Problemen, die thermische Verwertung von Abfällen mit den Vorteilen:

- niedrigere Investitions- und Betriebskosten,
- Synergien durch die Nutzung der vorhandenen Infrastruktur und der Maschinenteknik der Kraftwerke und Industriefeuerungen,
- Wärmenutzung und Stromerzeugung mit hohem Wirkungsgrad,
- Substitution fossiler Brennstoffe und die damit verbundene Vermeidung zusätzlicher Emissionsquellen.

Die vorgenannten technischen Ansätze sind allerdings nur so etwas wie die Kür in einem bereits umfassend organisierten abfallwirtschaftlichen System, das die Pflicht zur Organisation einer Abfallwirtschaft auf der Basis bewährter Verfahrenstechniken und der Nutzung sinnvoller Verbundlösungen aus thermischen und nicht thermischen Verfahren einschließlich der Nutzung vorhandener Mitverbrennungsanlagen hat.

Der Aufbau einer in die Zukunft weisenden Abfallwirtschaft auf der Basis nicht ausreichend erprobter Verfahrenstechniken lässt sich nur als politisch motiviert erklären, während auf Seiten der Verfahrensanbieter die *Goldgräberstimmung*, die sich immer wieder breit macht, wie die Auflistungen zu den verschiedenen Verfahren in den Tabellen zeigt, bei der notwendigen Bewährung in der Praxis schnell einem Katzenjammer weicht. Denn um aus heterogenen Abfallgemischen hochwertige Produkte, wie Chemierohstoffe oder Treibstoffe zu erzeugen, bedarf es nicht nur der richtigen Ausgangsprodukte, sondern bei Auswahl der richtigen Verfahrenstechnik auch der notwendigen Portion Erfahrung gepaart mit etwas Glück.

Der Glaube mag zwar Berge versetzen, aber die physikalischen Gesetze der Thermodynamik und Entropieveränderung müssen zumindest seit der Neuzeit akzeptiert werden. Eine vollständige Rohstoffrückgewinnung mag ein gern gehegter Wunsch sein. Sie kann und wird es aber nicht geben. Die mit diesem Wunsch verbundenen Ansätze, den ersten oder zweiten Hauptsatz der Thermodynamik oder beide zu ignorieren, sind zum Scheitern verurteilt und haben letztlich nur unnötige Kosten produziert.

Neben den physikalischen Gesetzen für die Verfahrenstechnik sind zusätzlich auch die Gesetze des Marktes für jegliche Form von Recyclingprodukten zu beachten. Diese werden nur nachhaltig vom Markt akzeptiert, wenn die Menge

und Güte der Nachfragestruktur entspricht oder eine entsprechende Nachfragestruktur kurzfristig aufgebaut werden kann. Vorübergehend können die Kosten für die erhöhten Verwertungsaufwendungen durch Subventionen aufgefangen werden, die allerdings nur als eine Starthilfe dienen dürfen, wenn der Ansatz nachhaltig sein soll.

Neben der Goldgräberstimmung ist bei den meisten Anbietern von Abfallpyrolyse- und -vergasungsverfahren nur wenig zu erkennen, was auf eine Nachhaltigkeit der Konzepte schließen lässt. Höchste Aufmerksamkeit ist dann geboten, wenn der mediale und werbetechnische Aufwand die seriöse ingenieurtechnische Planung und Bilanzierung um Längen schlägt.

Mehr kritische Distanz bei den politisch Verantwortlichen und den potentiellen Investoren bei der Erfüllung von abfallwirtschaftlichen Wunschvorstellungen gepaart mit ingenieurtechnischem Sachverstand, der sich auch an den Erfahrungen anderer orientiert, könnte helfen, dass die Liste von Pleiten, Pech und Pannen bei der Entwicklung von alternativen Abfallbehandlungsverfahren nicht noch wesentlich länger wird.

Die Erfahrung der letzten Jahrzehnte zeigt allerdings, dass dies wohl auch nur ein Wunsch bleiben wird.

6. Literatur

- [1] Richtlinie 2010/75/EU des Europäischen Parlaments und des Rates über Industrieemissionen (Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung) (Neufassung) 17.12.2010 DE Amtsblatt der Europäischen Union ABl. L 334, S. 17
- [2] Artikel zu ConTherm publiziert am 11.03.10; Quelle: <http://www.wa.de/nachrichten/hamm/stadt-hamm/contherm-anlage-hamm-wird-nicht-weiter-betrieben-667645.html>
- [3] EuGH: Urteil vom 25. 2. 2010 - In der Rechtssache C-209/09 betreffend ein Vorabentscheidungsersuchen nach Art. 234 EG (Lexetius.com/2010,245)
- [4] Anwendung der Verbrennungsrichtlinie auf gasförmige Abfälle EuGH, Urteil der Zweiten Vorabentscheidungsersuchen des Korkein hallinto-oikeus (Finnland), eingereicht am 10. Juni 2009 – Lahti Energia Oy (Rechtssache C-209/09) (2009/C 193/16)
- [5] EuGH: Urteil vom 4.12.2008 (Vorabentscheidungsersuchen des Korkein hallinto-oikeus – Finnland – Lahti Energia Oy) – Rs. C-317/07, 24.1.2009 DE Amtsblatt der Europäischen Union C 19/5
- [6] Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 4. Dezember 2000 über die Verbrennung von Abfällen, ABl. L 332, S. 91
- [7] Malkow, T.: Novel and innovative pyrolysis and gasification technologies for enenergy efficient and environmentally sound MSW disposal. Waste Management 24 (2004), 53-79
- [8] Scholz, R.; Beckmann, M.; Schulenburg, F.: Abfallbehandlung in thermischen Verfahren, 1. Auflage. Teubner-Reihe Umwelt, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden: Verlag B. G. Teubner, Februar 2001
- [9] Nottrodt, A.: Rostfeuerung oder alternative Abfallbehandlungsverfahren. In: Müll und Abfall 7106, 2/97, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- [10] Johnke, B.; Krause, S.; Hermann, T.: Erfolg und Pannen bei der Entwicklung der thermischen Abfallbehandlung – ein lehrreicher Rückblick. Tagungsband zur 11. Fachtagung *Thermische Abfallbehandlung* vom 14.-15.3.2006, München

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Energie aus Abfall – Band 8

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Michael Beckmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2011

ISBN 978-3-935317-60-3

ISBN 978-3-935317-60-3 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2011

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dipl.-Ing. Ernst Thomé, Elisabeth Thomé-Kozmiensky, M.Sc. und Dr.-Ing. Stephanie Thiel

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Dipl.-Kffr. Elke Czaplewski, Petra Dittmann,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.