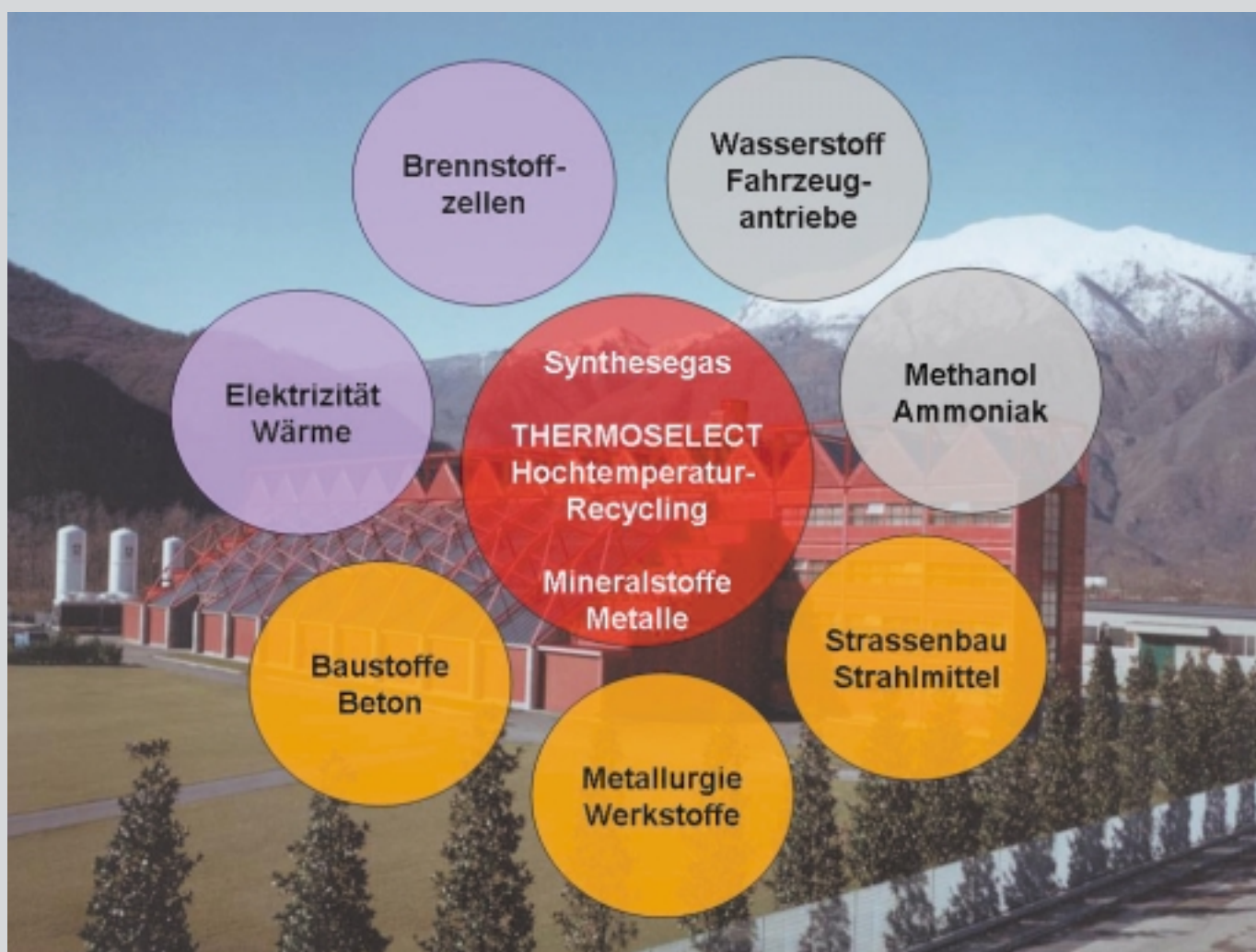


## Wasserstoff aus Müll

Thermoselect als Baustein der Wasserstoffproduktion

Wulf Kaiser, Steffen Koch, Rudi Stahlberg



# Wasserstoff aus Müll

Thermoselect als Baustein der Wasserstoffproduktion

Wulf Kaiser, Steffen Koch, Rudi Stahlberg

Mit seinem neuen Selbstverständnis als Vorstufe der Wasserstoffproduktion geht das Müllverwertungsverfahren Thermoselect wiederum eigene, innovative Wege. Bei dem speziellen Verfahrenskonzept entsteht aus verdichtetem Abfall, der ent- sowie vergast wird, im Hochtemperaturreaktor ein wasserstoffhaltiges Synthesegas.

Bei einem Heizwert der Abfallfraktion von 9 bis 12 MJ/kg produziert das Thermoselect-Verfahren ein Synthesegas mit 30 bis 35 Vol. % Wasserstoff. Mengenmäßig betrachtet, entstehen aus einem Mg Abfall etwa 23 bis 35 kg Wasserstoff. Thermoselect partizipiert auf diese Weise auch aktiv an der Wasserstoff- und Klimadiskussion.

Die Entwickler des Thermoselect-Verfahrens haben einen alternativen Weg gewählt, um Abfälle umweltgerecht zu behandeln. Im Zuge der Verdichtung, anschließenden Entgasung der Abfälle im Entgasungskanal mit Temperaturen von bis zu 600 °C sowie einer Vergasung der organischen Bestandteile im Hochtemperaturreaktor bei maximal 1200 °C entsteht ein wasserstoffhaltiges Synthesegas. Parallel dazu schmelzen anorganische Bestandteile im Temperaturbereich zwischen 1200 und 2000 °C, und es werden stabile Hochtemperatur-Gleichgewichtszustände erreicht. Zudem entstehen nach Schnellabkühlung der Schmelzen nutzbare, umweltstabile Mineralstoffe und Metalle. Das Hochtemperaturrecycling erfolgt ohne Verfahrensunterbrechung. Da man Sauerstoff als Vergasungsmittel einsetzt, entsteht nur ein kleines Syntheserohgasvolumen von etwa 1200 Nm<sup>3</sup>/Mg Abfall, das die Wertstoffe Wasserstoff und Kohlenmonoxid enthält. Demgegenüber bilden sich bei der konventionellen Verbrennung nur rund 8000 Nm<sup>3</sup> ungereinigtes Abgas/Mg Abfall mit den stofflich nicht nutzbaren Bestandteilen Kohlendioxid, Wasserdampf und Luftüberschuss.

Die Schockkühlung des Synthesegases mit Wasser (Quench) unmittelbar nach der Hochtemperaturvergasung, verhindert die Neubildung organischer, toxischer Verbindungen („de-novo“-Synthese). Wesentliche korrosionsfördernde Substanzen werden dabei sofort ausgewaschen und die nachfolgende Synthesegasreinigung entsprechend entlastet. Demgegenüber ist eine konventionelle Müllverbrennung während der Abgaswär-

menutzung durch korrosionsfördernde Bestandteile belastet.

Das gekühlte Synthesegas durchläuft eine saure und eine basische Wäsche. Danach folgt eine Entschwefelungsstufe, bei der Schwefelwasserstoff mit einer Eisen-III-Komplexlösung zu elementarem Schwefel oxidiert wird. Das reine Synthesegas lässt sich im Anschluss daran unmittelbar stofflich und/oder energetisch nutzen.

So entstehen beispielsweise aus einer Tonne Abfall und etwa 520 kg Sauerstoff rund 900 kg Synthesereingas, 350 kg gereinigtes Wasser, 230 kg Mineralstoffe, 24 kg Metalle, 3 kg Schwefel, 3 kg Zinkhydroxidkonzentrat und 10 kg Mischsatz. Alle erzeugten Produkte lassen sich industriell verwerten.

Die Verfahrenstechnik wurde im industriellen Maßstab in der italienischen Anlage Fondotoce (Mülldurchsatz 30000 Mg/Jahr) zwischen 1992 und 1998 erprobt sowie weiter optimiert. Im Jahr 1999 nahm man eine Großanlage mit einer Jahresleistung von 225000 Mg Abfall in Karlsruhe sowie eine in Chiba, Japan, mit jährlich bis zu 100000 Mg in Betrieb. Weitere Anlagen sind zurzeit im Bau.

## Müll als Wasserstoffquelle

Die stark zunehmende Ausbeutung der Erdgas-, Erdöl- und Kohleressourcen scheint sich schon spürbar negativ auf das Klima auszuwirken. Die Energieproduktion auf Basis nachwachsender Rohstoffe kann nur einen beschränkten Anteil des Energiebedarfs in der Zukunft decken. So lassen sich zum einen Windkraft- und Solarenergie nicht auf der gesamten Erde als Energielieferanten

### Keywords

- Müllverbrennung
- Wasserstoffgewinnung
- Thermoselect
- Synthesegas
- Shift-Reaktion
- Energiebilanz

sinnvoll nutzen. Zum anderen reicht auch die Menge an Wasserstoff nicht aus, die aus Abfall gewonnen werden kann, um genauso viel Energie wie aus den Ressourcen Erdgas, Erdöl und Kohle zu gewinnen. Wasser steht zwar nahezu unerschöpflich als Wasserstoffquelle zur Verfügung, lässt sich aber aufgrund des erheblichen energetischen Aufwandes zur

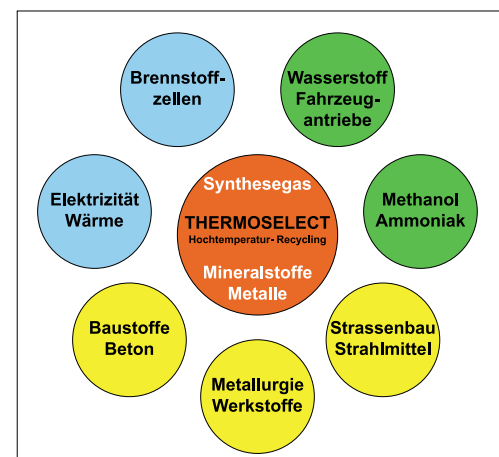


Abb. 1: Das Thermoselect-Verfahren im Überblick

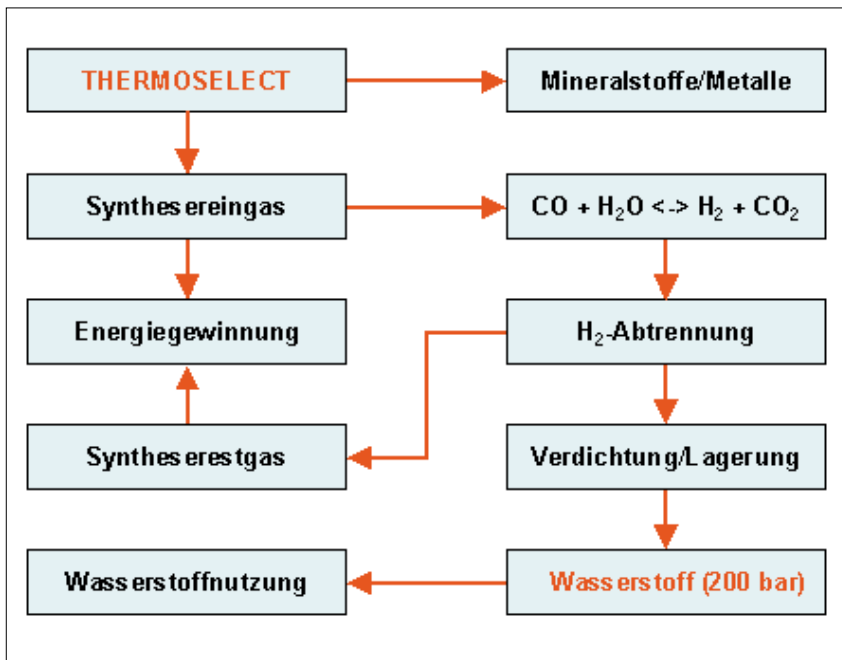


Abb. 2: Verfahrensfließbild zur Wasserstoffgewinnung

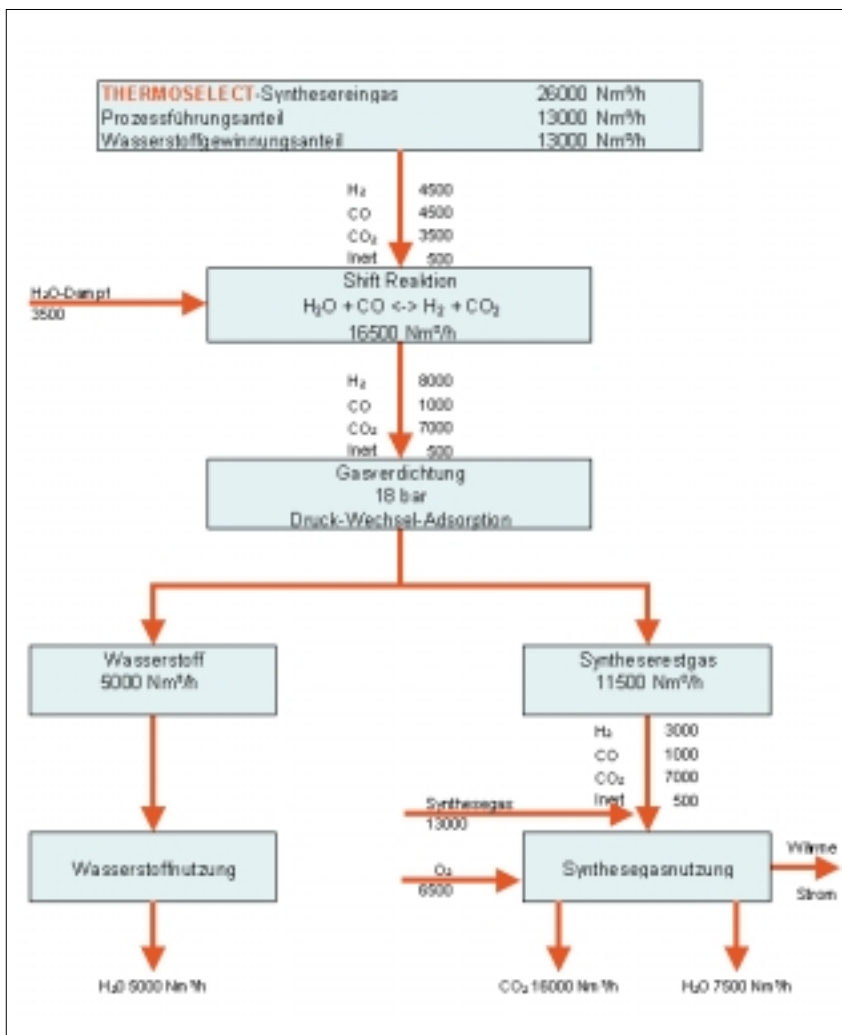
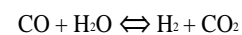


Abb. 3: Wasserstoff- und Energiegewinnung aus Synthesereingas

Wasserstoffabspaltung bisher wirtschaftlich nicht nutzen. Der Einsatz von fossilen Primärenergieträgern oder Kernenergie zur Wasserstoffgewinnung stellt aus gesamtökologischer Sicht keinen vernünftigen Weg dar. Doch erst wenn Wasserstoff stärker verfü- und besser handhabbar ist, wird es zu einer stärkeren Nutzung dieses Brennstoffes kommen.

Das Hochtemperaturrecycling-Verfahren Thermoselect versteht sich als ökologisch und wirtschaftlich tragfähige Lösung zur Wasserstoffherstellung, bei der Abfall umweltfreundlich verwertet und zum Teil in ein wasserstoffhaltiges Synthesegas umgewandelt wird. Liegt zum Beispiel der Abfallheizwert zwischen 9 und 12 MJ/kg, so lassen sich aus den energietragenden organischen Abfallbestandteilen etwa 700 bis 900 Nm<sup>3</sup> Synthesegas gewinnen, das 30 bis 35 Vol. % Wasserstoff enthält oder anders ausgedrückt 23 bis 35 kg H<sub>2</sub>/Mg Abfall. Bereits aus der Kohlevergasung ist bekannt, dass man bei Temperaturen von ca. 200 °C mit Hilfe von Katalysatoren die Reaktion von Wasserdampf mit Kohlenmonoxid für eine höhere Wasserstoffausbeute nutzen kann (CO-Shift-Reaktion):



Wasserstoff wird mit Hilfe der Druckwechseladsorptionstechnik abgetrennt. Das Verfahren beruht auf der Eigenschaft, dass Synthesegasbestandteile auf porösen Adsorptionsmitteln, zum Beispiel Molekularsieben, unterschiedlich stark adsorbieren. Durch Druckänderung lassen sich einzelne Bestandteile gezielt wieder desorbieren. Wasserstoff adsorbiert gegenüber CO, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O wesentlich geringer und vereinfacht somit die Wasserstoffabtrennung.

Bei einer Anlagengröße von 200000 Mg Abfall/Jahr und einem Druck von etwa 200 bar beträgt die Wasserstoffausbeute bis zu 4000 Mg. Pro Mg Abfall entstehen etwa 20 kg Wasserstoff.

Für die Produktion von Wasserstoff setzt man die Hälfte des Synthesegases ein. Der Energiebedarf, sowohl für Wasserstoffgewinnung als auch Anlagenbetrieb, lässt sich mit Hilfe des verbleibenden Überschusses an Synthesegas decken. Die zusätzlichen Verfahrensstufen zur Wasserstoffgewinnung aus Synthesegas sind zu einem Preis von etwa 0,10 EURO/m<sup>3</sup> Wasserstoff möglich.

### Ausblick

Die Wasserstoffgewinnung aus Müll wird in der Zukunft eine wichtige Möglichkeit sein, das Synthesegas aus dem Thermoselect-

Hochtemperaturrecycling zu nutzen. Der Hauptvorteil besteht darin, dass keine fossilen oder nachwachsenden Rohstoffe eingesetzt werden müssen, um aus dem Abfall Wasserstoff zu gewinnen. Die Menge dürfte ausreichen, um zumindest die Müllsammelfahrzeuge zu versorgen und somit die Abgasemissionen des Benzin- bzw. Dieserverbrauchs zu vermeiden.

Legt man einen Kraftstoffverbrauch bei einem konventionellen Sammelfahrzeug von 10kg für die Einsammlung und den Transport von 1 Mg Müll zugrunde, so wäre demgegenüber nur ein Wasserstoffverbrauch von ca. 3,5kg erforderlich. Bei der Gewinnung von 20kg H<sub>2</sub>/Mg entsteht ein Überschuss von 16,5kg/Mg, der für andere Anwendungen verfügbar ist. Für die beschriebene

Anlagengröße mit einer Verarbeitungskapazität von 200000 Mg/Jahr müssen durchschnittlich pro Tag 600 Mg Müll angeliefert werden. Die dafür eingesetzte Wassermenge beträgt nur 2 100 kg, so dass als Überschuss bis zu 9900 kg Wasserstoff jeden Tag für weitere Anwendungen, wie zum Beispiel die Versorgung des öffentlichen Personennahverkehrs, verfügbar sind. Die sich allein für den Mülltransport daraus ergebende CO<sub>2</sub>-Reduzierung erreicht Werte um 7000 Mg/Jahr.

Nutzt man Wasserstoff aus Müll innerhalb eines Stadt- oder Wohngebietes mit etwa einer Million Einwohner, so reduziert sich mit 4000 Mg Wasserstoff die CO<sub>2</sub>-Menge im Ballungsraum um etwa 40000 Mg/Jahr. Dies gilt jedoch nur, wenn wasserstoffgetriebene Fahrzeuge, vor allem Busse

und Müllsammelfahrzeuge, zum erweiterten Stand der Technik gehören.

Auch bereits bestehende oder geplante Thermoselect-Anlagen können mit der Wasserstoffgewinnung aus dem Synthesegas nachgerüstet werden.

---

Dr.-Ing. **Wulf Kaiser**, Technischer Geschäftsführer; Dipl.-Ing. **Steffen Koch**, Verfahreningenieur; Prof. Dr. rer. nat. habil. **Rudi Stahlberg**, Leiter Forschung und Entwicklung; Thermoselect S.A.; Locarno (Schweiz)

