

Potenziale einer Wasserstoffgewinnung aus Gewerbeabfall durch Vergasung

Dr. Wolfram Dietz, Birgit Reinelt, Michael Schönemann, Matthias
Seitz , Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Rommel

Informationsaustausch
Abfallwirtschaft Region Rhein-Ruhr-Wupper e. V.
09. September 2022, München



gefördert durch
Bayerisches Staatsministerium für
Umwelt und Verbraucherschutz



Fakten auf einen Blick

- Gründung: 1991
- Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter: 40
- Umsatz: ca. 4 Mio. € pro Jahr
(davon derzeit bis 1,1 Mio. € pro Jahr institutionelle Förderung durch den Freistaat Bayern)
- Rechtsform: GmbH (nicht gewinnorientiert)
- Gesellschafter:

Freistaat Bayern



Stadt Augsburg



IHK für Schwaben



Unsere Schwerpunktthemen

- Klimaschutz und Klimafolgen
- Nachhaltige Strom- und Wärmeversorgung
- Siedlungsabfälle und Kreislaufwirtschaft
- Schadstoffe, Hygiene, Risikomanagement
- Nachhaltige Produktion und Dienstleistung



Unsere Expertise

- Verfahrenstechnik und Stoffflüsse
- Biologische Verfahrenstechnik und Analytik
- Energiesysteme und Energietechnik
- Sozialwissenschaften und Umweltpsychologie
- Ökobilanzierung und Systemanalyse

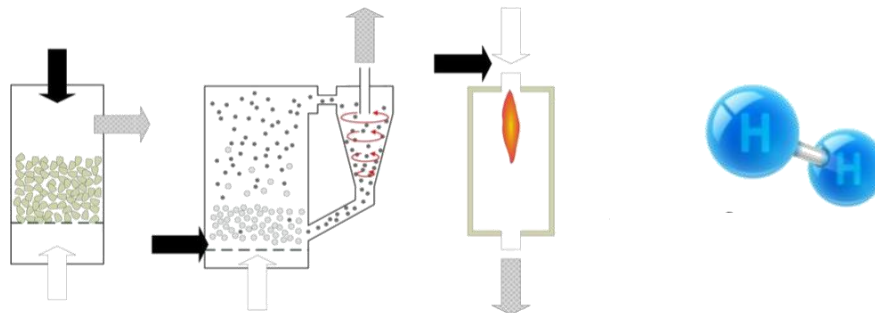


Ausgangssituation und Ziel

- Durch Siedlungsabfälle ausgelastete Müllheizkraftwerke
- Herausforderung: Verwertung von Gewerbeabfällen
- Wasserstoff als Schlüsseltechnologie auf dem Weg zur Klimaneutralität
- Begrenzte Stromverfügbarkeit
- Herausforderung: Grüne Wasserstoff-Herstellung ohne Elektrolyse

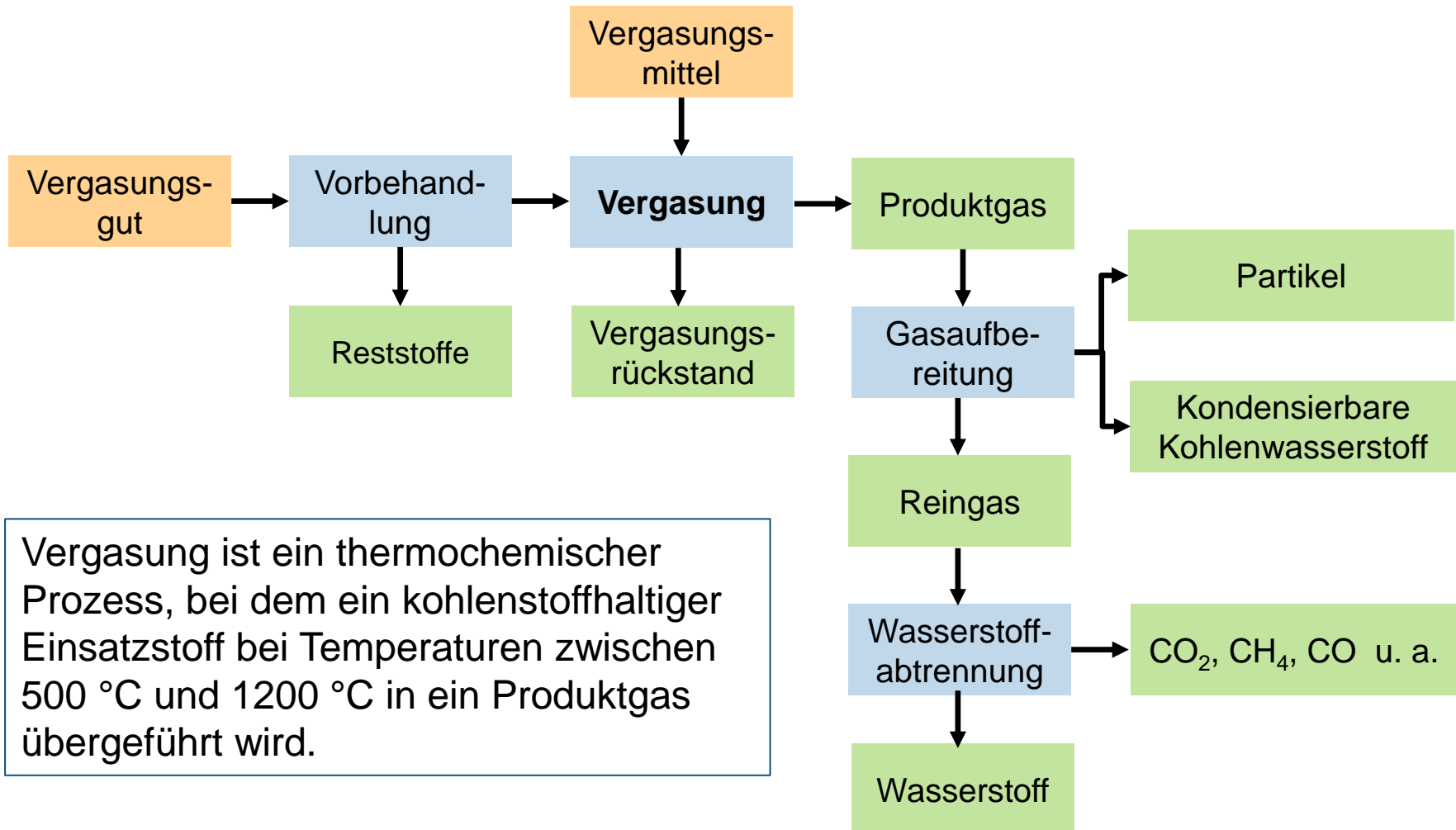
↓ ↓

Potenziale der thermochemischen Wasserstoff-Gewinnung aus Gewerbeabfällen in Bayern



Grafik: Marco Klemm

Grundlagen der Vergasung – In- und Output



Vergasung ist ein thermochemischer Prozess, bei dem ein kohlenstoffhaltiger Einsatzstoff bei Temperaturen zwischen 500 °C und 1200 °C in ein Produktgas übergeführt wird.

Grundlagen der Vergasung – Einteilung der Verfahren

Wärme- bereitstellung	—	Autotherm	Allotherm	
Vergasungs- mittel	—	Luft	Sauerstoff	Wasserdampf
Druck	—	Unterdruck	Atmosphäre	Überdruck
Reaktortyp	—	Festbett	Wirbelschicht	Flugstrom
Inputmaterial	—	Abfall	Biomasse / Klärschlamm	Kohle
Zielprodukt	—	Wasserstoff	Syngas	Energie

Fettschrift: kommt für Wasserstoff aus Abfall in Betracht

Parameter für hohe Wasserstoffausbeute

- Vergasungsmittel
(optimal Wasserdampf)

- Druck
(optimal Atmosphärendruck)

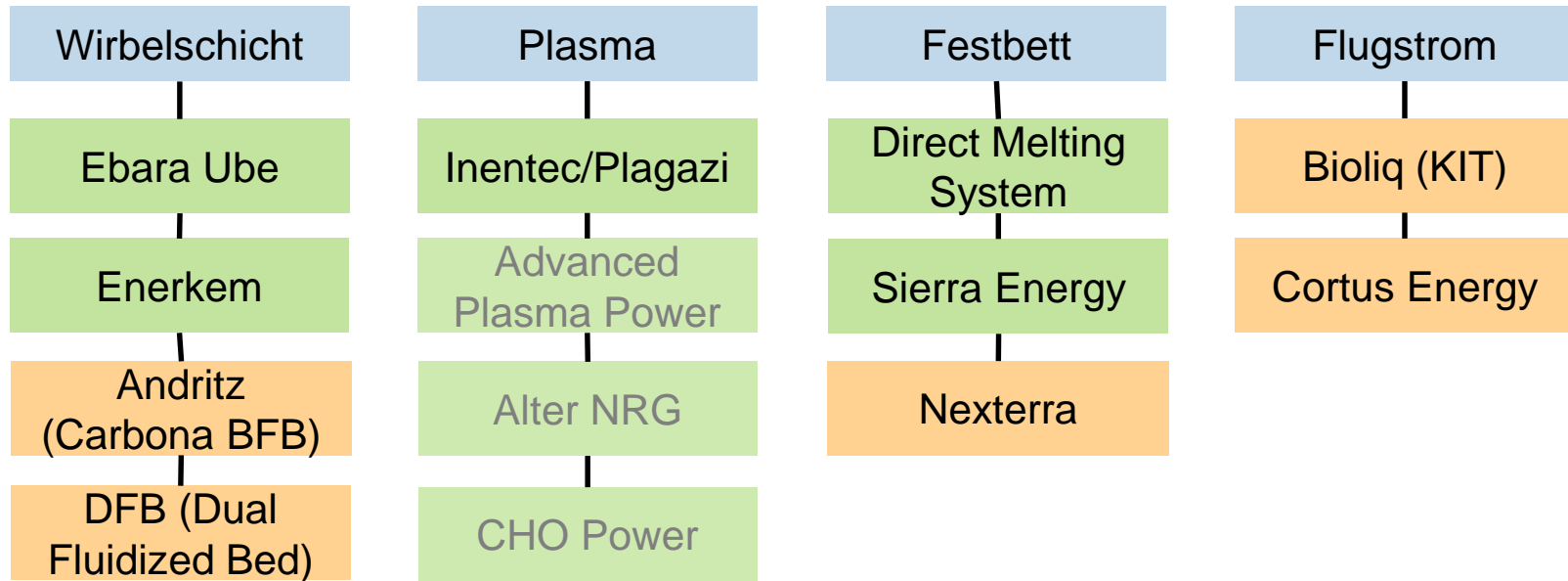
- Temperatur
(optimal 800-850 °C)

- Verhältnis Wasserdampf / Einsatzstoff
(H₂-Ausbeute steigt mit Verhältnis;
Optimum bei <3)

Weitere Erhöhung der Wasserstoffausbeute möglich durch:

- Nachgeschaltete Wassergas-Shift-Reaktion
- Nachgeschaltete Dampfreformierung

Recherchierte vorhandene Verfahren



Verfahren in der Entwicklung (Auswahl):



Legende:

Abfall

Biomasse

Insolvent oder
Status offen

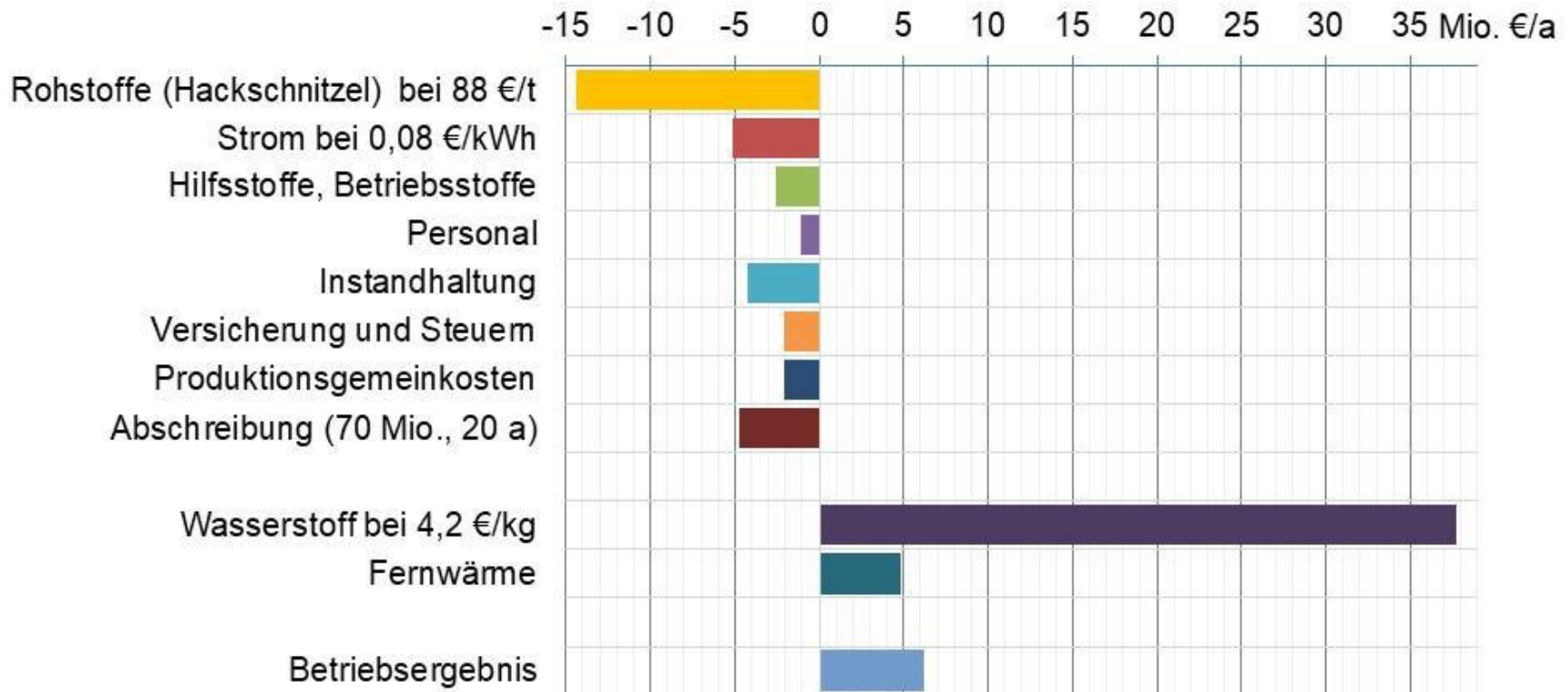
- Realisiert: Verfahren zur gestuften Abfallverbrennung, Holzvergasung und Klärschlammvergasung.
- Wasserstoff aus Abfall: nur ein Verfahren mit belastbarer Langzeiterfahrung (Ebara Ube seit 2003)
- Neue Ansätze (Plagazi, Sierra Energy, Green Hydrogen Technology, etc.) müssen sich noch beweisen.
- Umstellung realisierter Verfahren auf Input Abfall oder auf Output Wasserstoff: Gasaufbereitung muss angepasst werden.

Abfallarten und Eignung von Verfahren

Abfallart	Typische Vorbehandlung	Geeignet erscheinende Verfahren	Eventuell geeignete Verfahren
Restmüll (-ähnlich)	Zerkleinerung Trocknung	<ul style="list-style-type: none"> • Direct Melting System (F) • Enerkem (W) • InEnTec/Plagazi (P) • Sierra Energy (F) 	
Holzreiche Fraktion	Zerkleinerung	<ul style="list-style-type: none"> • Alle genannten Verfahren 	
Kunststoffreiche Fraktion Inhaltsstoffe begrenzen	Pelettierung	<ul style="list-style-type: none"> • Direct Melting System (F) • Ebara Ube (2-stufige W) • Enerkem (W) • InEnTec/Plagazi (F/P) • Sierra Energy (F) • Green Hydrogen Technology 	<ul style="list-style-type: none"> • DFB (W)
Schredderleichtfraktion nur Co-Vergasung		<ul style="list-style-type: none"> • Direct Melting System (F) 	<ul style="list-style-type: none"> • InEnTec/Plagazi (P) • Sierra Energy (F)
Gefährliche Abfälle Einzelprüfung; evtl. Co-Vergasung	Zerkleinerung	<ul style="list-style-type: none"> • Direct Melting System (F) • InEnTec/Plagazi (P) • Sierra Energy (F) 	

F = Festbettvergaser; W = Wirbelschichtvergaser, P = Plasmavergaser

Wirtschaftliche Bewertung – Beispiel DFB-Verfahren (100-MW-Anlage; Gesamtinvest 70 Mio. €)



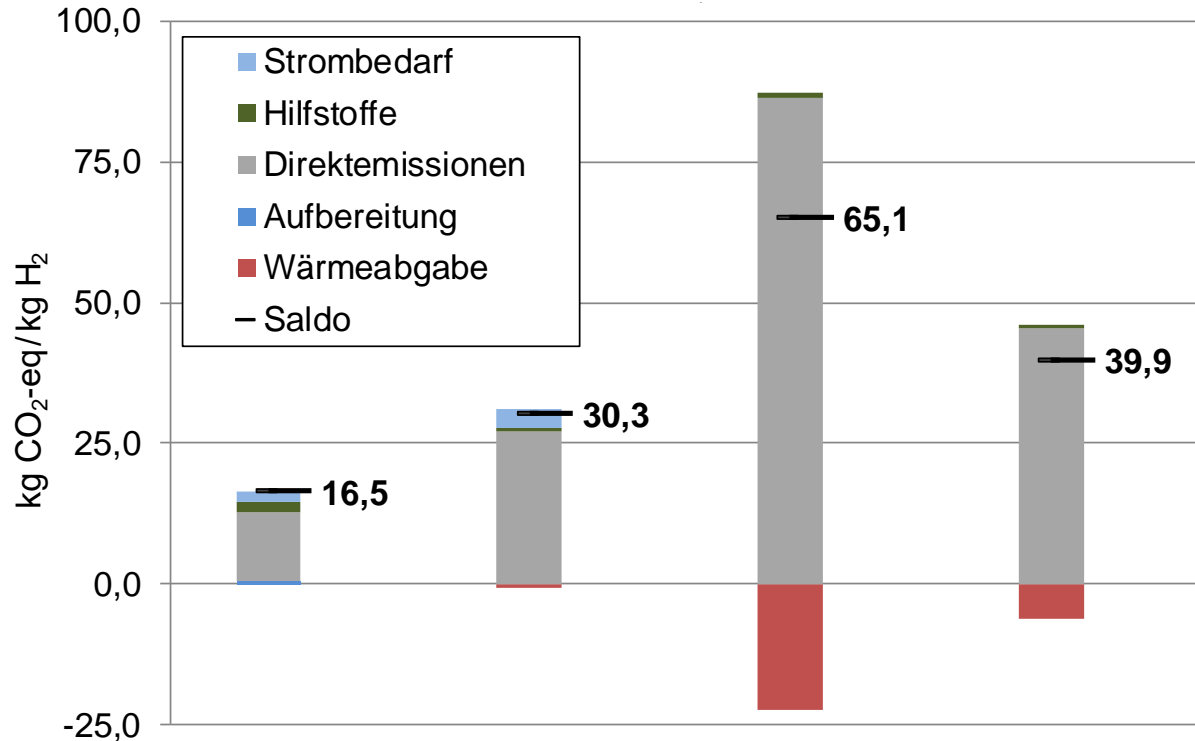
- Wasserstoffgestehungskosten 4,2 €/kg
– Vergleich grauer Wasserstoff 3-4 €/kg, grüner Wasserstoff aus Elektrolyse 5-8 €/kg
- Starken Einfluss nehmen Rohstoffkosten/-erlöse und erzielbare Wasserstofferlöse

Ökobilanzielle Bewertung – Vorgehen

- Referenzverfahren zur Herstellung von Wasserstoff aus Abfall:
Abfallverbrennung mit nachgeschalteter Elektrolyse
- Funktionelle Einheit: „Herstellung von 1 kg Wasserstoff“
- Je nach Verfahren unterschiedlicher Abfallinput notwendig
- Daten liegen für verschiedene Einsatzstoffe vor →
Vergleich unter Annahme der Übertragbarkeit auf Gewerbeabfall
- Direktmissionen: Summe fossil und biogen
(um den Vergleich nicht durch die verschiedenen Einsatzstoffe zu überlagern)

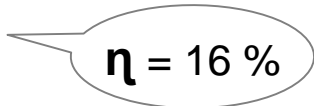


Carbon Footprint – näherungsweise Vergleich



Name	Advanced Plasma	DFB	TAB	TAB Strom+	
Technik	Wirbelschicht + Plasma	Zweibett-Wirbelschicht	Verbrennung + Elektrolyse		
Abfallart	EBS (Restmüll)	Hackschnitzel	Kunststoff		
H ₂ -Ausbeute	121	54	27	51	kg H ₂ /t Input
Inputmenge	8,2	18,4	36,9	19,5	kg Input/kg H ₂
	Netto-Stromwirkungsgrad		16 %	30 %	

Ökobilanzielle Bewertung – Aussagen

- Vergasung: **niedrigerer Carbon Footprint** als bei Verbrennung + Elektrolyse
- Grund: höherer Wasserstoff-Gesamtwirkungsgrad (kg Wasserstoff pro kg Abfall)
- Neben Direktmissionen geht der **Wärmeexport** in das Ergebnis ein. Die Gutschrift wird allerdings in Richtung Treibhausgasneutralität absinken.
- Bei Verbrennung + Elektrolyse: **Netto-Stromwirkungsgrad** nimmt wesentlichen Einfluss auf die Wasserstoffausbeute. 
- Direktmissionen sind hier als Summe aus biogen und fossil dargestellt. Für biogene Abfallstoffe wie etwa Altholz entfallen ökobilanziell die Direktmissionen weitgehend.
- Allerdings in übergreifender Betrachtung: Der **C-Gehalt der Abfallmenge** zur thermischen Verwertung wird in jedem Fall als CO₂ emittiert.

Chancen

- Effiziente Gewinnung von Wasserstoff aus vorhandenen heimischen Ressourcen als Ergänzung zu Elektrolyseverfahren
- Vorteile für Folgeanwendungen, die Synthesegas oder wenig aufgereinigten Wasserstoff anstelle eines Wasserstoff-Reingases benötigen

Randbedingungen

- Eher zentrale größere Anlagen als dezentrale Kleinanlagen
- Anmerkung: Vergasung von Abfall wird auch für chemisches Recycling diskutiert.

Herausforderungen

- Erfolgreiche Demonstrationsanlage in Mitteleuropa als Referenz; Beleg der wirtschaftlichen Tragfähigkeit
- Akzeptanz in der Bevölkerung
- Genehmigungsprozesse
- Rechtliche Einstufung von Wasserstoff aus Abfall
- Verknüpfung von Abfallwirtschaft, Vergasungstechnologie und Wasserstoffanwendern: Zusammenwirken mehrerer Akteursgruppen nötig

Zusammenfassung

- **Entwicklungsstand Vergasungsverfahren:** für Holz und Klärschlamm etabliert. Nur wenige Verfahren in Betrieb, die mit belastbarer Langzeiterfahrung Wasserstoff aus Abfall herstellen.
- Weitere Technologieentwicklung nötig, für
 - Umstellung auf Hauptprodukt Wasserstoff
 - Gasaufbereitung
 - Scale-Up
 - Beleg des störungsfreien Dauerbetriebs
- **Eignung der Vergasung für Abfälle:** Für heterogene Abfälle Verfahren mit Vorpyrolyse, Vorverkohlung oder Hochtemperatur. Für homogene Abfälle wie Kunststoff-Pellets oder Altholz direkt z. B. in Wirbelschicht.
- **Wasserstoffausbeute:** höher als bei Verbrennung plus Elektrolyse
- **Wirtschaftlichkeit:** im Bereich des Realistischen, jedoch vom Einzelfall abhängig.
- **Carbon Footprint, Bezug kg Wasserstoff:** Deutlich niedriger als Verbrennung plus Elektrolyse.





bifa-Text Nr. 72

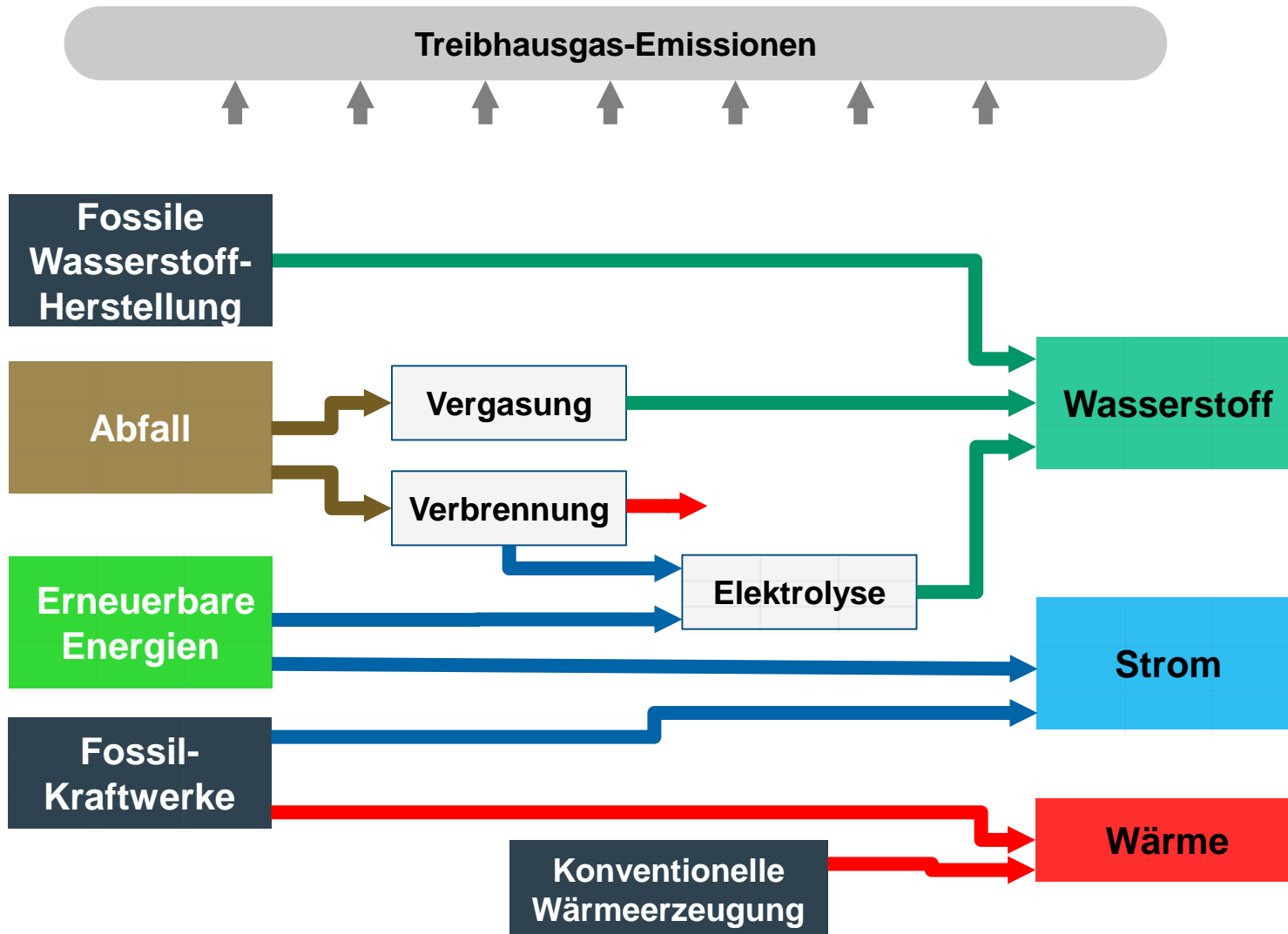
Potenziale einer Wasserstoffgewinnung durch Vergasung von Gewerbeabfall

Dr. Wolfram Dietz, Birgit Reinelt, Dr. Nina Thiel, Michael Schönemann,
Matthias Seitz, Prof. Dr. Wolfgang Rommel

Gefördert durch:



Exkurs: Wege zu Strom und Wasserstoff



Kontakt

Dr. Wolfram Dietz

wdietz@bifa.de

bifa Umweltinstitut GmbH
Am Mittleren Moos 46
86167 Augsburg

Tel. +49 821 7000-0

Fax. +49 821 7000-100

www.bifa.de

