

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA
Forschung für Nachhaltigkeit

liReInvent
TREIBHAUSGASREDUZIERUNG
IN DER GRUNDSTOFFINDUSTRIE

Verbundprojekt NuCOWin

Synergiepotentiale im Hüttenverbund durch die Kopplung einer Direktreduktionsanlage mit einem Hochofen

L.Horn¹⁾, A. Mansy²⁾, G.Hils²⁾, L.Reuter³⁾, N.Jäger³⁾, R.Deike,¹⁾ K.-H. Spitzer²⁾

- 1) Universität Duisburg-Essen
- 2) Technische Universität Clausthal
- 3) thyssenkrupp Steel Europe AG

 thyssenkrupp

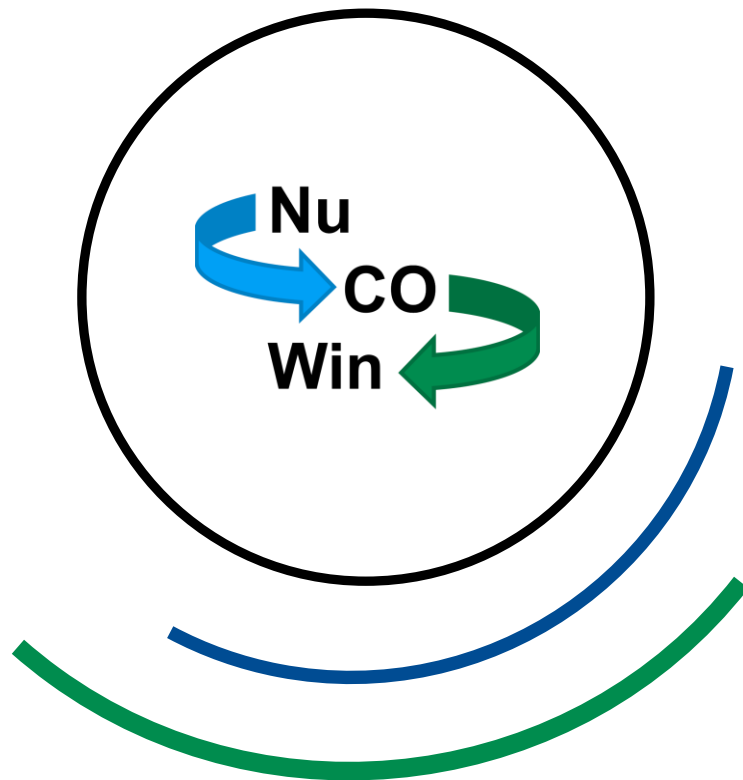
 TU Clausthal

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Abschlusskonferenz der BMFTR-Fördermaßnahme KlimPro-Industrie

Offen im Denken

Agenda



- 01 **Projektidee**
- 02 **Direkte Nutzung CO₂-haltiger Gase im Hochofen**
- 03 **Verschaltung Hochofen & Direktreduktionsanlage**
- 04 **LCA ausgewählter Szenarien**
- 05 **Geplante Verwertungswege**
- 06 **Ausblick**

1. Projektidee

Hintergrundinformationen

Nu CO Win



thyssenkrupp



TU Clausthal

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Nutzung von CO₂ im Heißwind zur Effizienzsteigerung im Hochofen.



Bereiche **CCU & CDA***



des **Hüttenverbundes.**

**Carbon Capture & Utilization, Carbon Direct Avoidance*

1. Projektidee

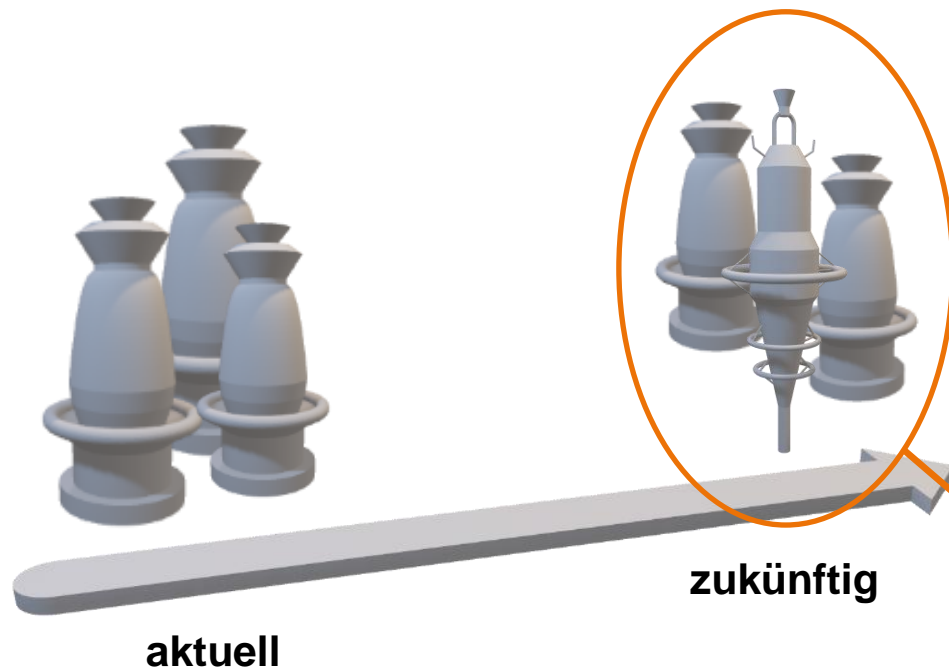


Abb. 1: Der zukünftige Hüttenverbund.

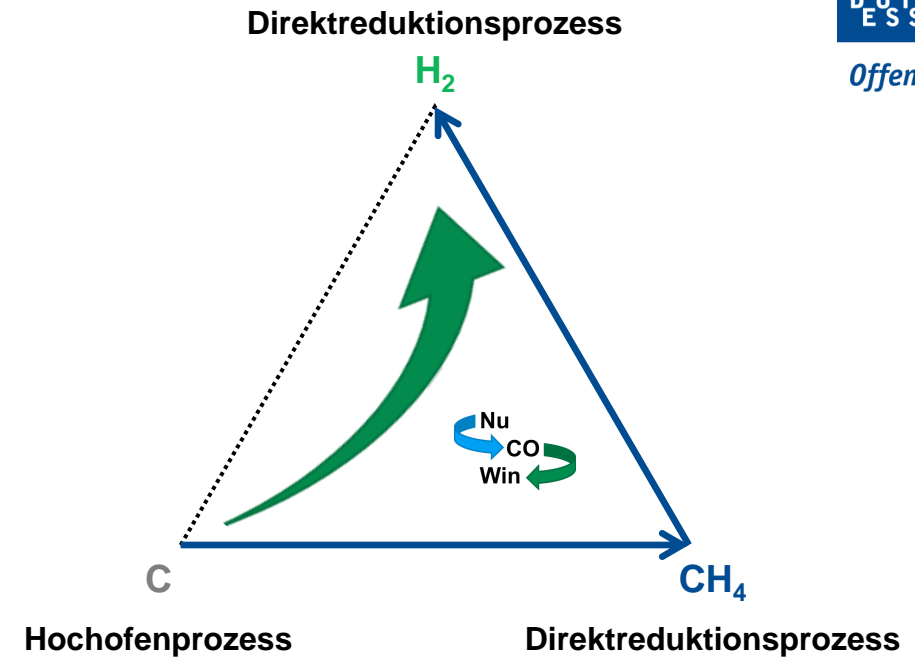


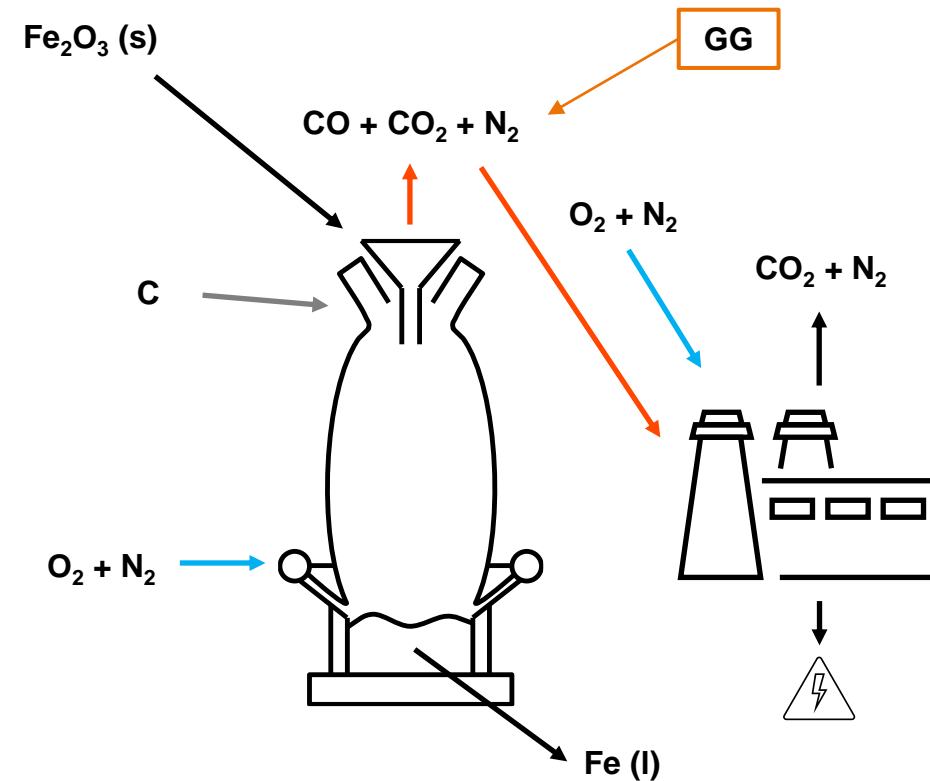
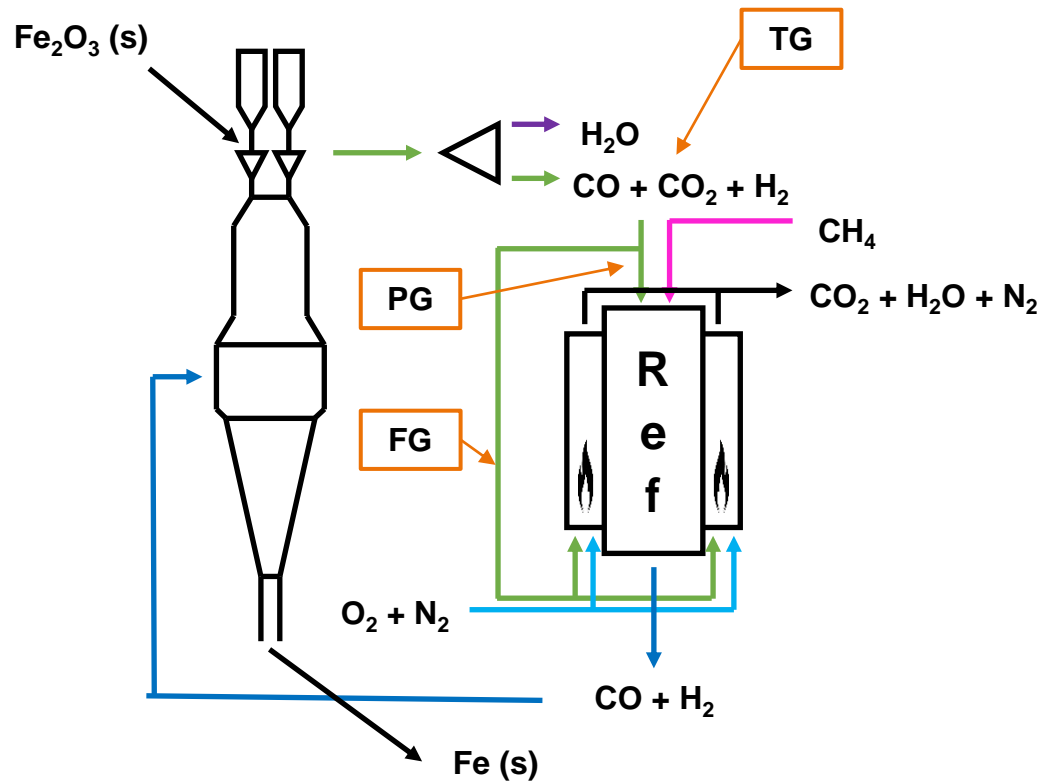
Abb. 2: Dekarbonisierung des Hüttenverbundes.

Ansatzpunkt für das Projekt NuCOWin

- Koexistenz von Direktreduktionsanlagen und Hochöfen effizienzbringend ausnutzen
- Übergangstechnologie

1. Projektidee

Szenario 0 – Zukünftige Referenz



Ref.: Reformer

TG: Top Gas

PG: Process Gas

FG: Fuel Gas

GG: Gichtgas

Abb. 3: Paralleler Betrieb von Hochofen und Direktreduktionsanlage.

2. Direkte Nutzung CO₂-haltiger Gase

Projektidee

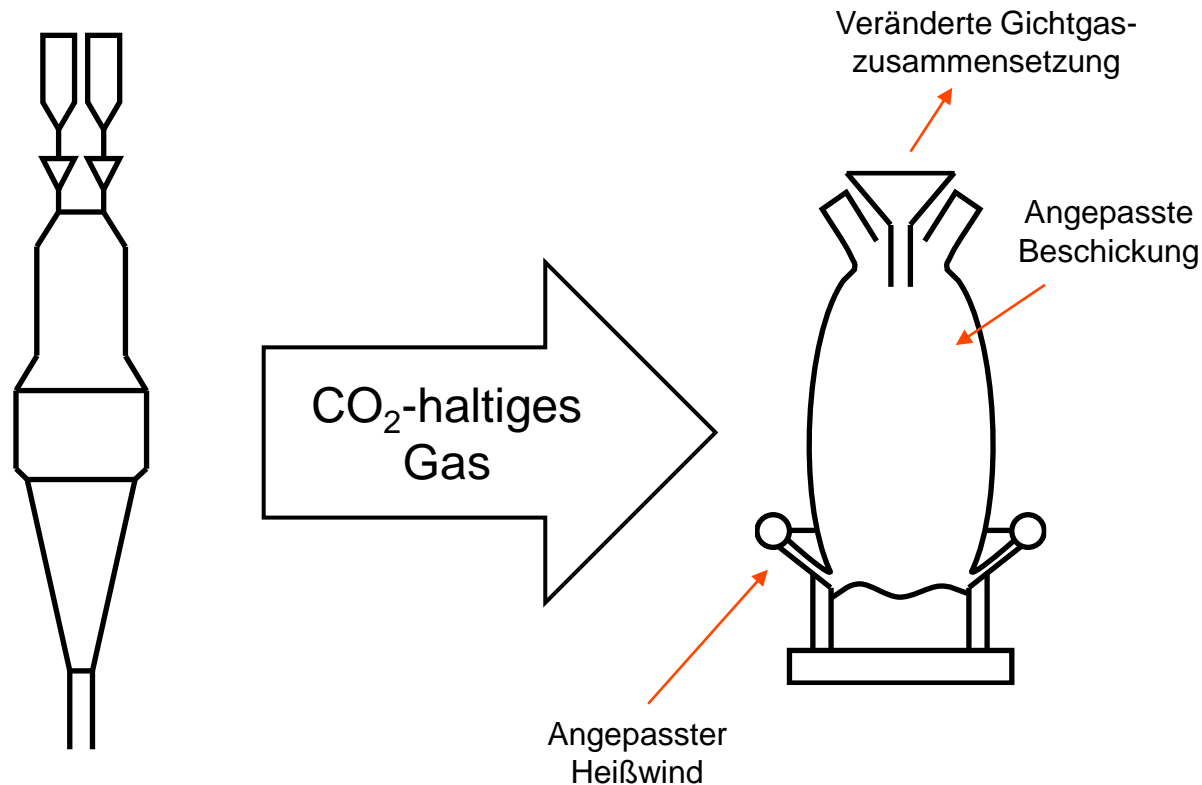


Abb. 4: Konzeptioneller Ausgangspunkt.

Forschungsauftrag

Betriebspunkt finden, der bei Kopplung beider Aggregate **CO₂ - Einsparungen im Hüttenverbund** mit sich bringt und gleichzeitig **wirtschaftlich** ist.

2. Direkte Nutzung CO₂-haltiger Gase

Herausforderungen

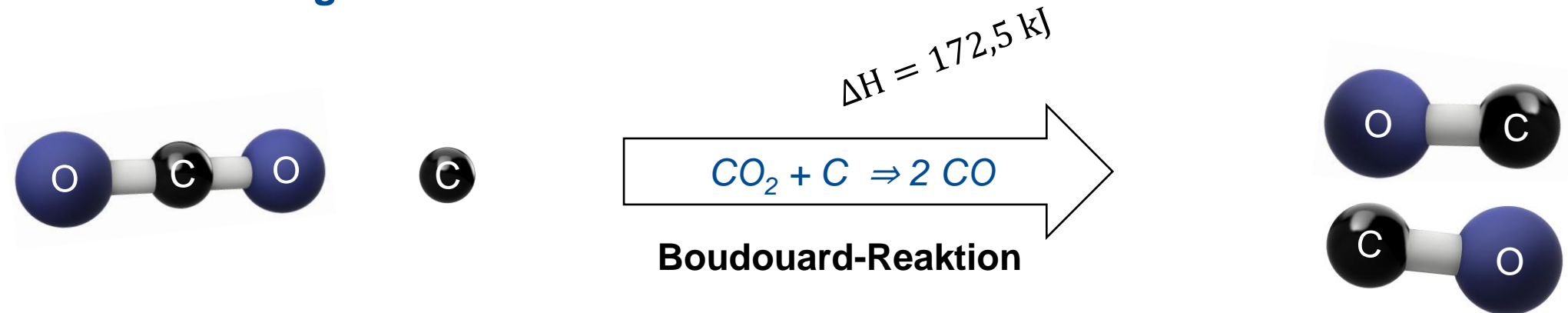


Abb. 5: Endotherme Boudouard-Reaktion.

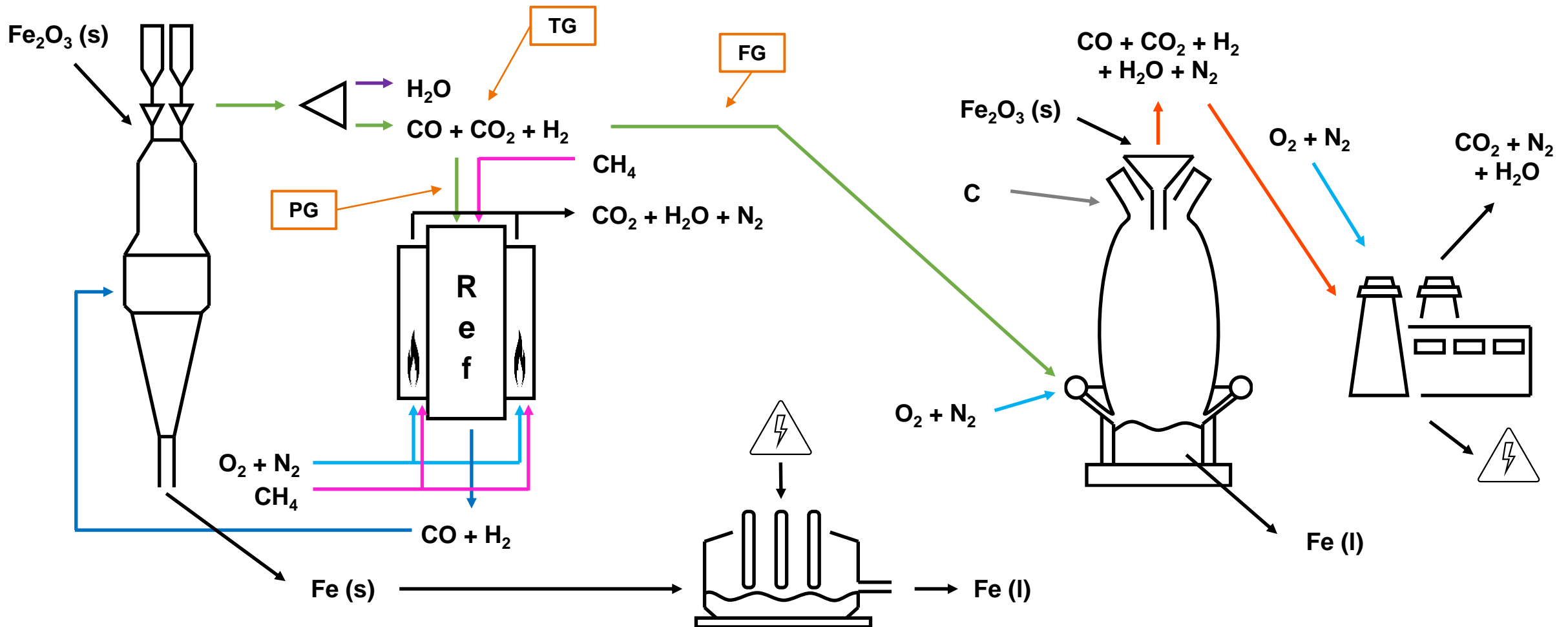
Beim „Recycling“ CO₂-haltiger Gase im Hochofen gibt es Einschränkungen

- Es gibt **maximalen CO/CO₂-Verhältnisses** die in den Hochofen eingeblasen werden können
 - Andernfalls keine **Kohlenstoffersparnis im Gesamtanlagenverbund**
- Abhängig von **Einblastemperatur**, chemischer **Effizienz** des Betriebspunktes, Gaszusammensetzung unter Berücksichtigung der übrigen **Gasbestandteile**

3. Verschaltung von HO & DRA

A

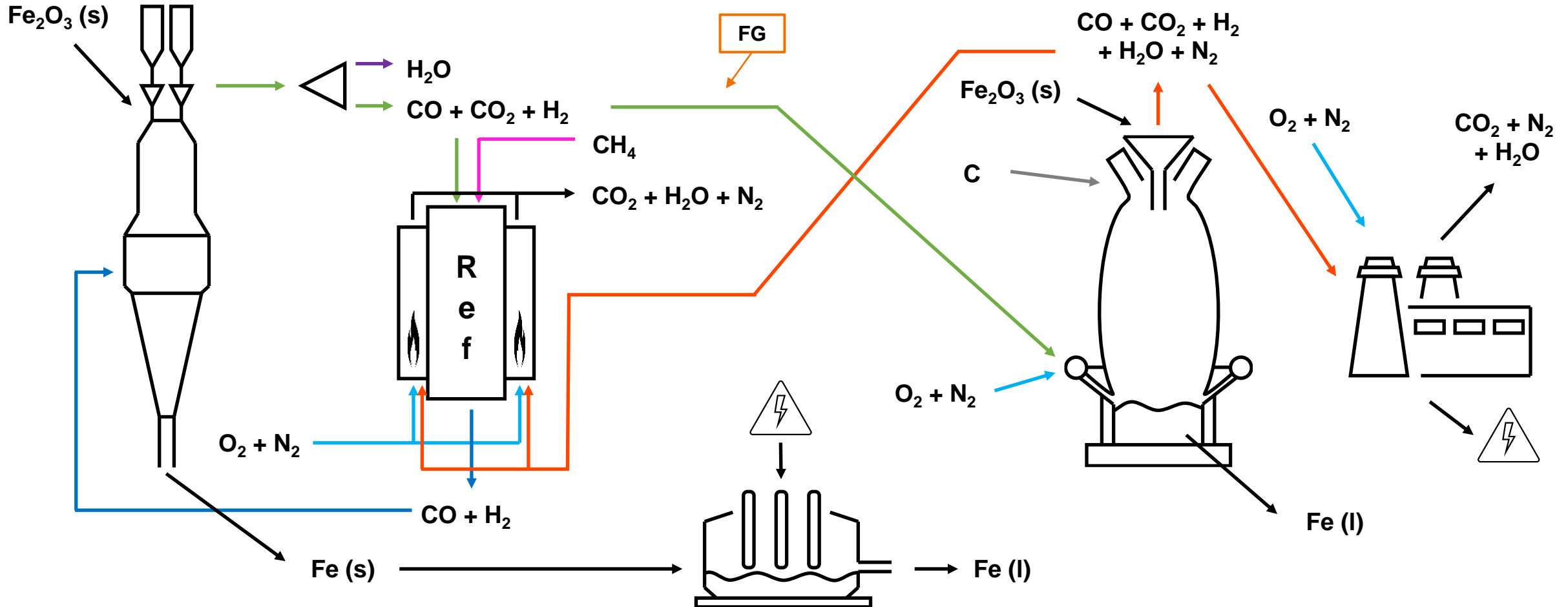
Reformer mit Erdgas und Fuel Gas in Hochofen



3. Verschaltung von HO & DRA

B

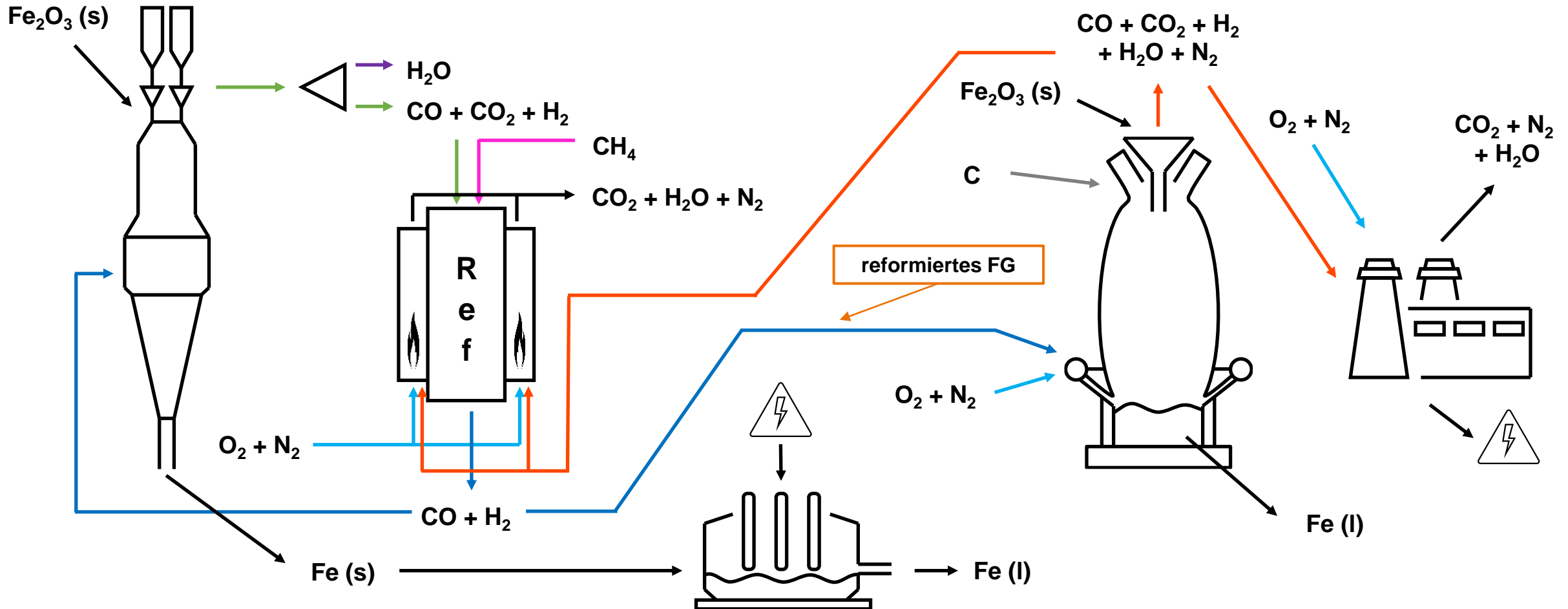
Reformer mit Gichtgas und Fuel Gas in Hochofen



3. Verschaltung von HO & DRA

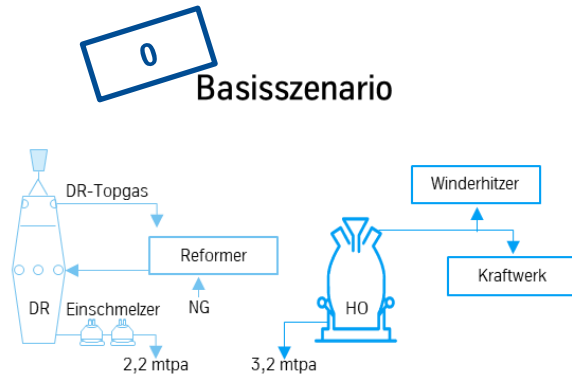
C

Reformer mit Gichtgas und Fuel Gas in Reformer in Hochofen



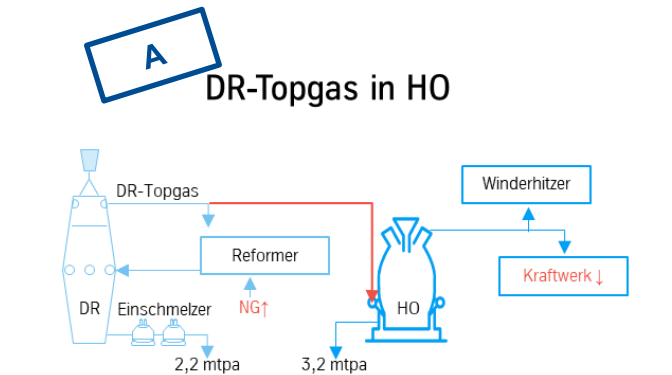
4. LCA ausgewählter Szenarien

WP 4: Ökobilanzielle Prozessbewertung nach tkSE



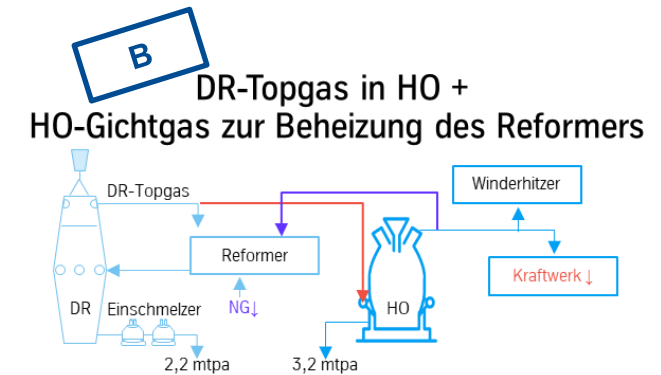
DR-Einschmelzer Kombination und HO werden getrennt voneinander betrieben.

DR _{NG} -Einschmelzer	Hochofen
2,2 mtpa	3,2 mtpa
1,00	1,81
kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}	kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}
Gesamt-PCF	
1,48	
kg _{CO_{2e}} /kg _{Produkt}	



DR Topgas wird anteilig im HO eingesetzt.
Die fehlende Energie im Reformer wird durch NG kompensiert.

DR _{NG} -Einschmelzer	Hochofen
2,2 mtpa	3,2 mtpa
1,05	1,73
kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}	kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}
Gesamt-PCF	
1,45	
kg _{CO_{2e}} /kg _{Produkt}	
-160.000	
t _{CO_{2e}} /Jahr	



DR Topgas wird anteilig im HO eingesetzt.
Hochofen-Gichtgas verdrängt NG im Reformer.

DR _{NG} -Einschmelzer	Hochofen
2,2 mtpa	3,2 mtpa
0,92	1,74
kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}	kg _{CO_{2e}} /kg _{Roheisen}
Gesamt-PCF	
1,41	
kg _{CO_{2e}} /kg _{Produkt}	
-420.000	
t _{CO_{2e}} /Jahr	

DR-Route: Ironmaking Process Alternatives Screening Study, Lockwood Greene (2000); Einschmelzer: Cavaliere, P., et al. Integration of open slag bath furnace with direct reduction reactors for new-generation steelmaking. (2022); Einsatz von 40kg/tRE DR-Topgas im HO

5. Geplante Verwertungswege

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

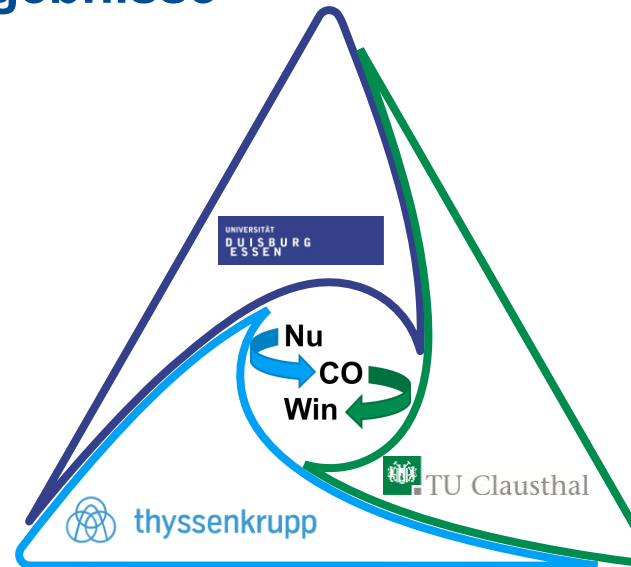
UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

Weitere Evaluierung der Ergebnisse

Anwendung des Modellwissen

- Simulation von Reduktionsprozesse
- Versuchsanlagen im Labormaßstab



Versuchsstand & Simulation

- Versuchsanlage im Technikumsmaßstab
- Simulation von Reduktionsprozessen

Versuchsanlagen & Bau Direktreduktionsanlage

- Transformation des integrierten Hüttenwerks in Duisburg
 - DR-Anlage mit Einschmelzern im Aufbau
 - Versuchsanlagen zur DR- und Einschmelzertechnologie im Pilotmaßstab im Aufbau

tkH₂Steel

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Gefördert durch:

Ministerium für Wirtschaft,
Industrie, Klimaschutz und Energie
des Landes Nordrhein-Westfalen



6. Ausblick

Externe Reaktoren: Boudouard-Reformer

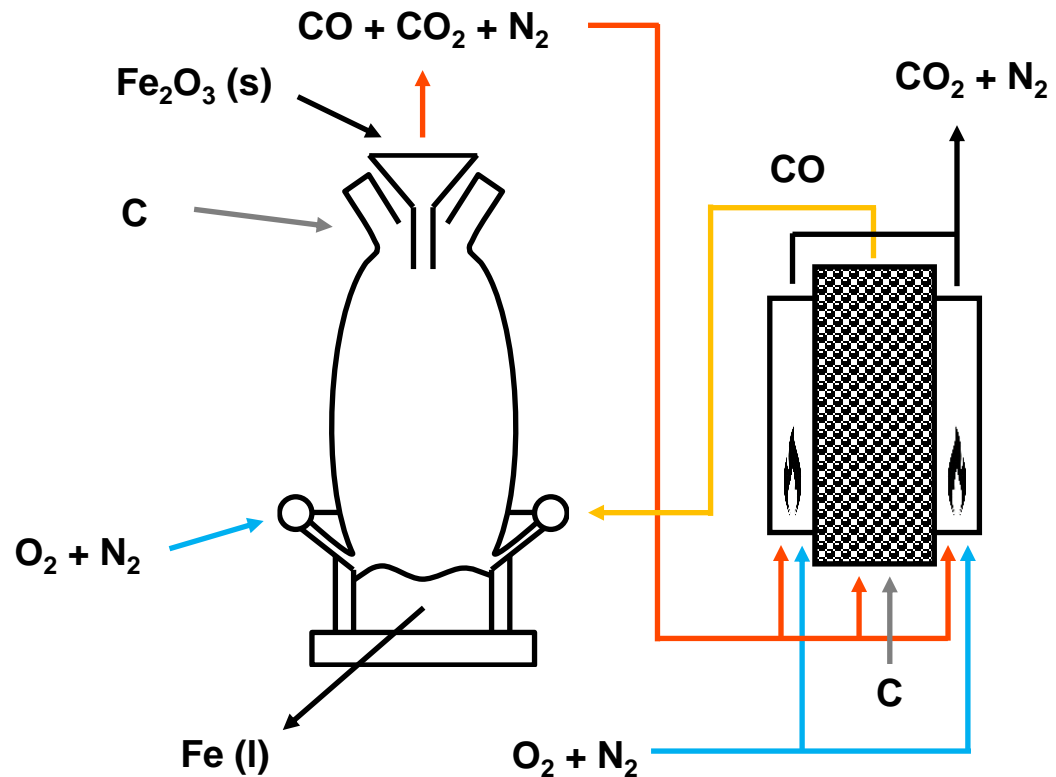


Abb. 6: Reformierung mittels Boudouard-Reaktion.

Scenario	Relativ zur Referenz	
	Mol C	E_{PP}
Konventionell	100%	100%
Boudouard Reformer	78%	0%

- Dargestellte Ergebnisse ohne
 - Verwendung biogener Kohlenstoffträger

6. Ausblick

Externe Reaktoren: Eisen-Dampf-Reformer

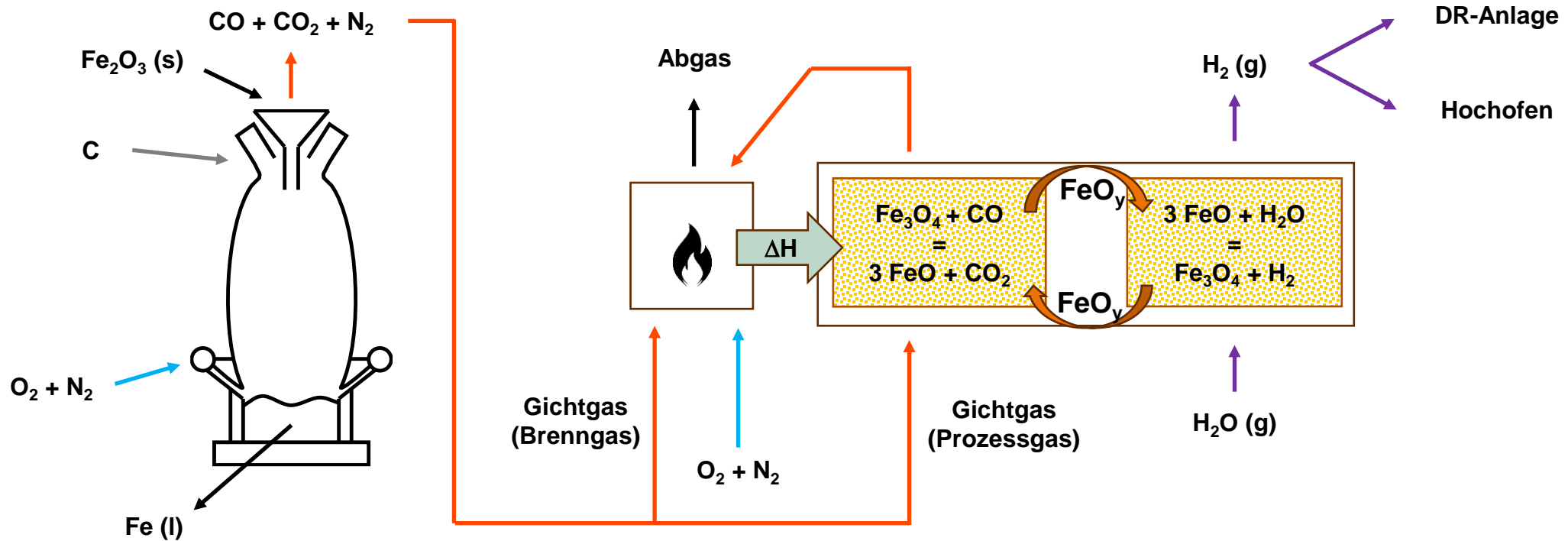


Abb. 7: Reformierung mittels Eisen-Dampf-Prozess.

- Es lässt sich eine H_2 -Menge gewinnen, die etwa 50% der CO - und H_2 -Menge im Hochofengichtgas entspricht

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Forschung, Technologie
und Raumfahrt

FONA

Forschung für Nachhaltigkeit

liReInvent

TREIBHAUSGASREDUZIERUNG
IN DER GRUNDSTOFFINDUSTRIE

***Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit und die
Förderung!***

Berlin | 24.02.2026 | Lucas Horn, M. Sc.

 thyssenkrupp

 TU Clausthal

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken