tenova
LOI THERMPROCESS

DEKARBONISIERUNG DER STAHLINDUSTRIE

WIEDERERWÄRMUNGS- UND WÄRMEBEHANDLUNGSANLAGEN

Dr.-Ing. Christian Wuppermann
Head of R&D

7.- 8. Oktober 2021

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Wirtschaftliche und politische Rahmenbedingungen

tenova LOI THERMPROCESS

MOTIVATION

2015

اتفاق باريس

巴黎协定

PARIS AGREEMENT

ACCORD DE PARIS

ПАРИЖСКОЕ СОГЛАШЕНИЕ

- Begrenzung der Klimaerwärmung auf < 2°C
- Absicht: < 1,5°C

2019

EUROPÄISCHE KOMMISSION

Brüssel, den 11.12.2019
COM(2019) 640 final

MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT, DEN EUROPÄISCHEN RAT, DEN RAT, DEN EUROPÄISCHEN WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS UND DEN AUSSCHUSS DER REGIONEN

Der europäische Grüne Deal

- Reduzierung der Treibhausgasemissionen bis 2030 auf 55% (min. 50%) gegenüber dem Jahr 1990
- Klimaneutralität bis 2050
- Reduzierung der Nutzung von fossilen Energieträgern auf < 20%

2021

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

Klimapakt Deutschland

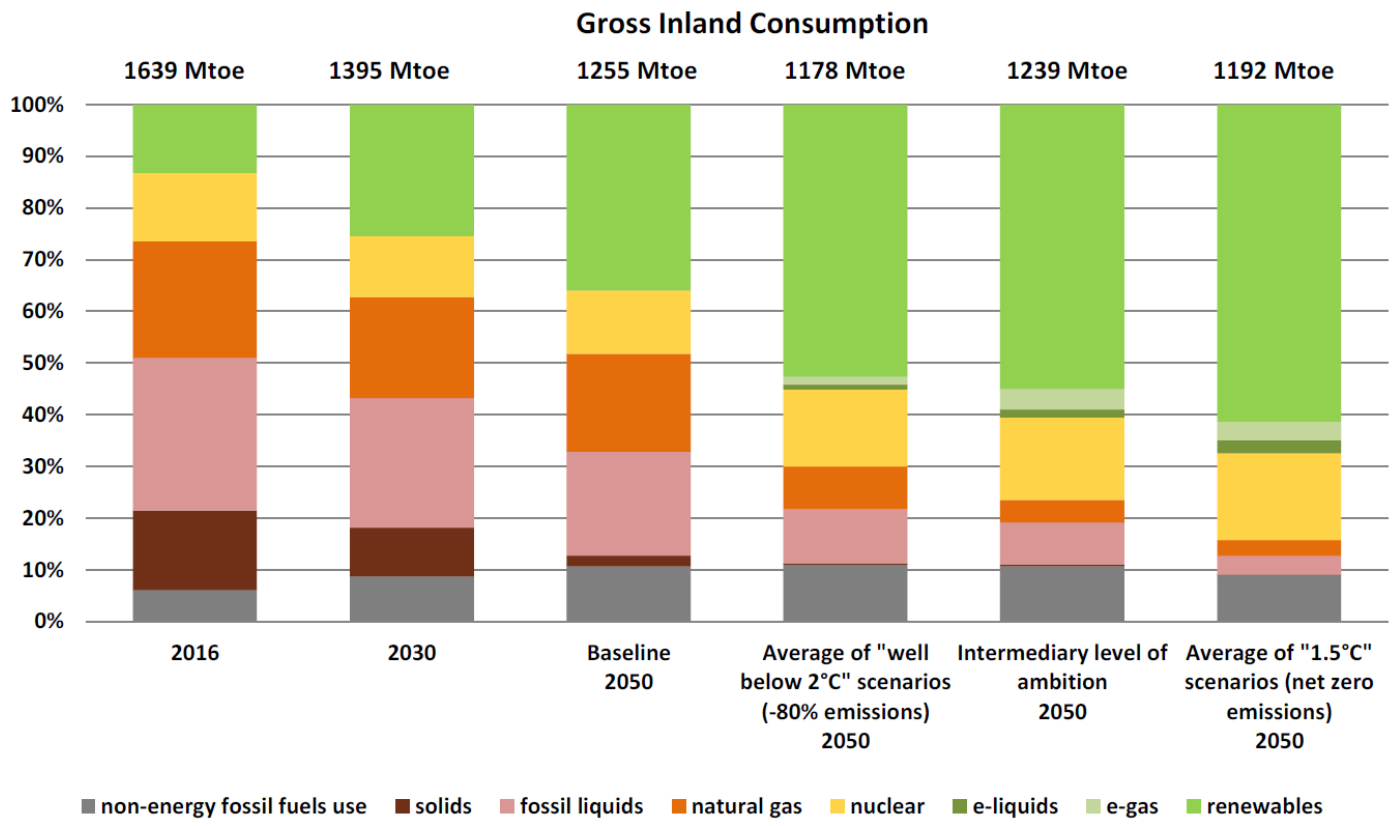
Stand: 12.05.2021

- Reduzierung der Treibhaus-gasemissionen um 65% bis 2030
- Reduzierung um 80% bis 2040
- Klimaneutralität bis 2045

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

EU Climate Roadmap 2050

MOTIVATION



Mtoe: Million Tonnes of Oil Equivalent

Quelle: European commission: A green planet for all

MASSNAHMEN:

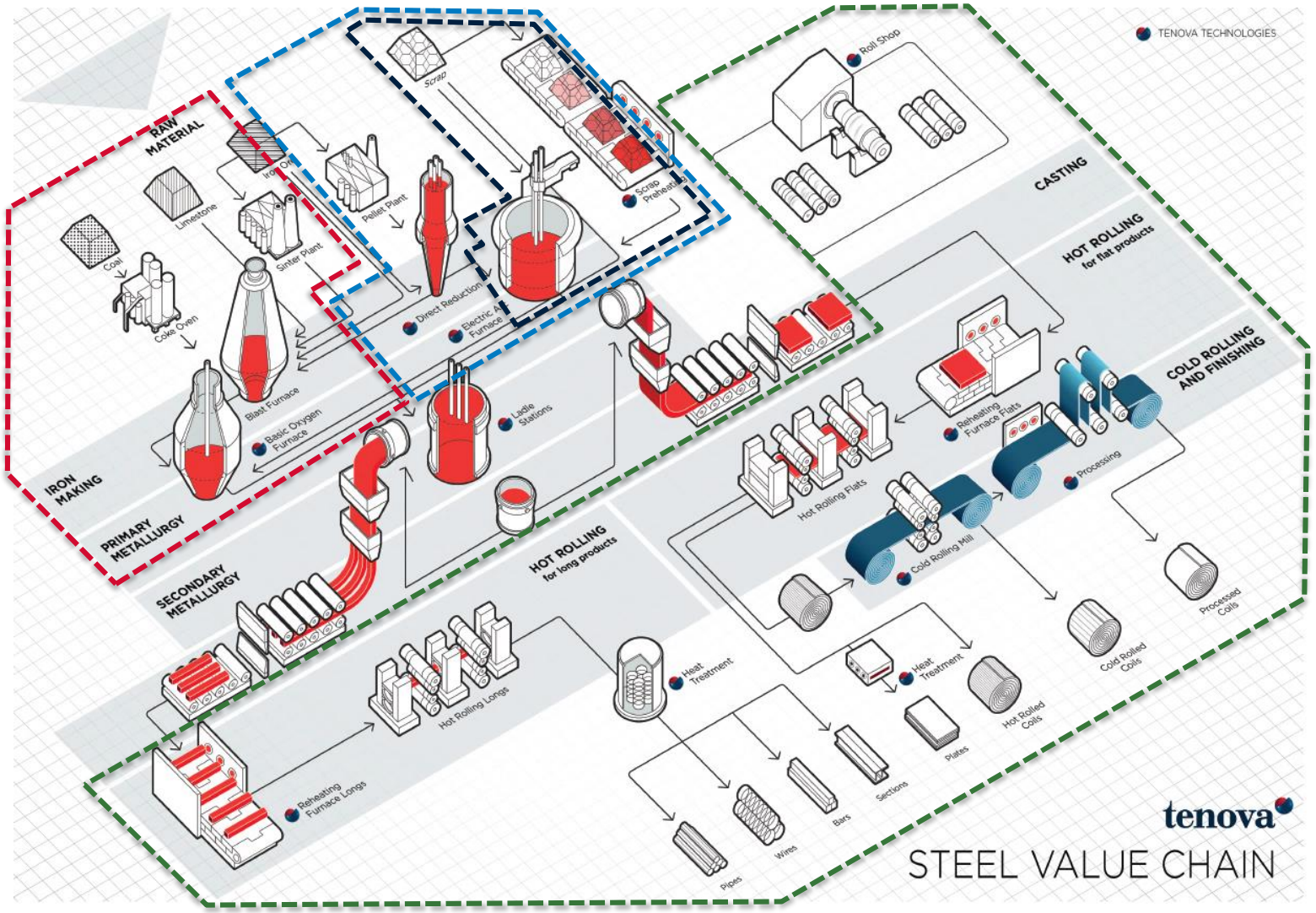
- Energieeffizientere Prozesse
- Ausbau von erneuerbaren Energiequellen auf > 60%
- Beibehaltung der bestehenden Kernenergiekapazitäten
- Ausstieg aus der Nutzung von Kohle als Energieträger
- Reduzierung der fossilen Öl- und Gasverbräuche auf < 10%
- Begrenzung der „nicht-energetischen“ Nutzung von fossilen Brennstoffen auf < 10%

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

CO_2 Emissionen in der Stahlherstellung

tenova LOI THERMPROCESS

POTENTIALE ZUR REDUZIERUNG DER CO_2- EMISSIONEN IN DER STAHLHERSTELLUNG



Spezifische CO_2 Emissionen für verschiedene Produktionsrouten:

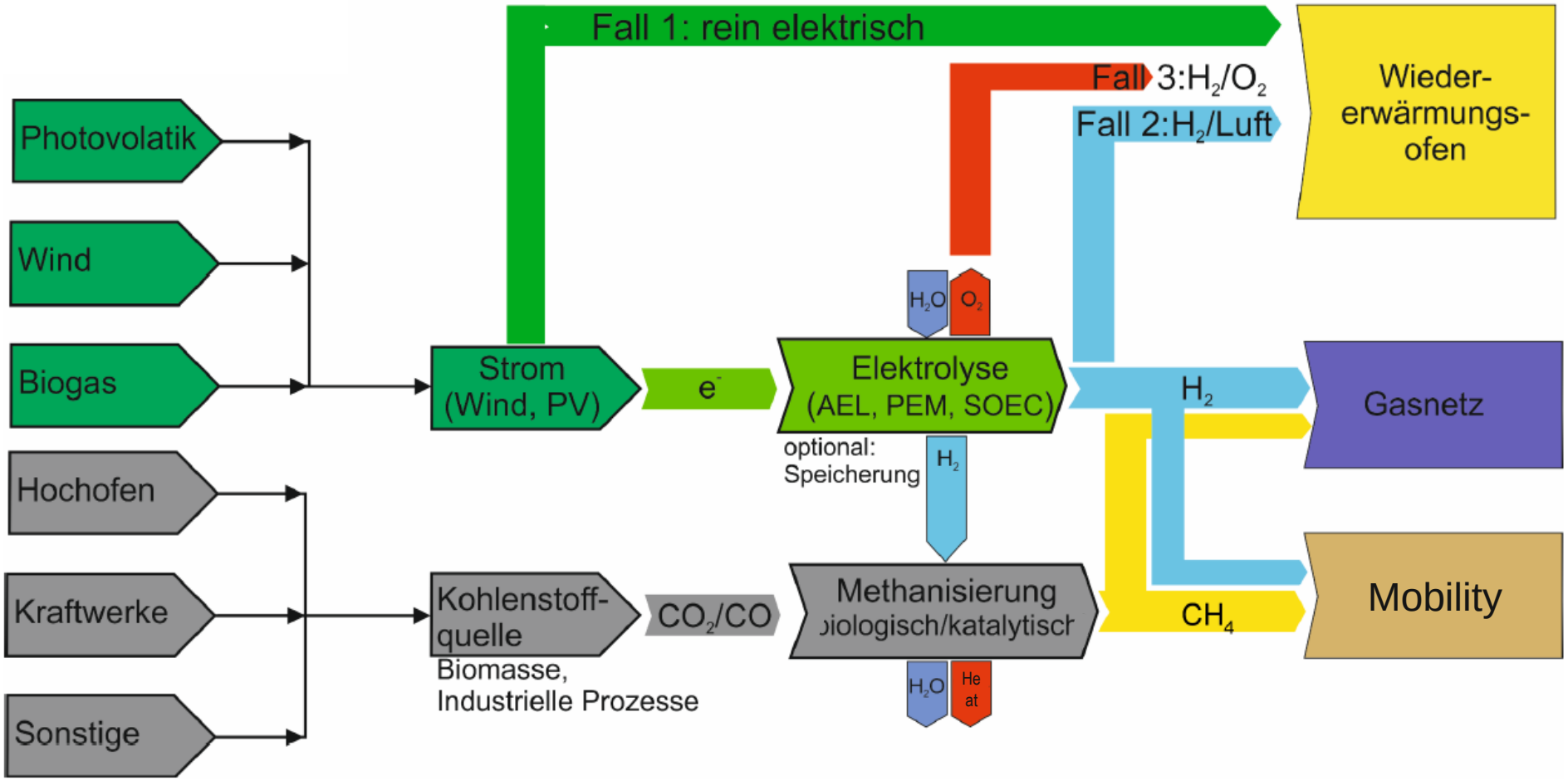
- Eisenerz / BF / BOF:
  ~ 1800 kg_{CO2}/t_S
- Schrott / EAF:
  ~ 500 kg_{CO2}/t_S
- DRP / EAF (90-100%H_2)
  ~ 50 .. 150 kg_{CO2}/t_S
- **Downstream Prozesse:**
  ~ 60 - 360 kg_{CO2}/t_S
  (stark abhängig von Route und Produkt)

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Regenerative und CO_2-neutrale Energiequellen

tenova LOI THERMPROCESS

DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN



Quelle: Pfeifer et al.

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Hubbalkenofen (I)

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

*Furnace capacity 380 t/h, T_O = 1250°C

SZENARIO 1

Gasbeheizung

250 MW installierte Leistung

η_{gas} = 0,80

~160 Brenner mit je 1,6 MW Leistung

SZENARIO 2

Elektrische Beheizung

200 MW elektrische Leistung

η_{el} = 0,98

Verfügbare Flächen:	~ 900 m²
Spez. Elektrische Leistung:	~ 30 kW/m²
Max. elektrische Leistung:	27 MW

- Der Ofen(raum) ist nicht vollständig elektrisch beheizbar
- Ein zusätzlicher Einsatz von Induktoren vor dem Ofen zur Erwärmung bis ca. 650°C ist möglich (ca. 50% der Gesamtleistung)

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Hubbalkenofen (II)

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

SZENARIO 3

Hybride Beheizung

100% Leitung gasbeheizt + flexible zuschaltbare elektrische Beheizung, in Zeiträumen mit niedrigem Strompreis

250 MW gas + 27 MW el.

Zusätzliche elektrische Leistung kann durch induktive Vorheizung der Brammen vor dem Ofen bereitgestellt werden
(Ca. 50% der Gesamtleistung).

Vorteile:

+ Volle Flexibilität

Nachteile:

- Höhere Investitionskosten
- Höherer Platzbedarf der Anlage
- Max. ~14% des Gesamtenergiebedarfs können durch Elektroheizung in der Ofenkammer abgedeckt werden
- Max. ~64% des Gesamtenergiebedarfs können durch Elektroheizung in der Ofenkammer plus induktiver Vorheizung abgedeckt werden

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Hubbalkenofen (III)

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

SZENARIO 4

Gasbeheizung regenerativ

100% Gasleistung mithilfe von regenerative hergestellten Gasen

250 MW gas (100% $H_{2\ Elektrolyse}$ to 100% $CH_{4\ P2G}$)

Vorteile:

+ Wasserstoffbrenner sind bereits im Feld getestet oder in der Erprobung
+ Volle Flexibilität hinsichtlich der Nutzung verschiedener Gase (H_2/Erdgas)
+ Volle Produktivität der Anlage
+ Niedrige Umrüstungskosten bestehender Anlagen

Nachteile :

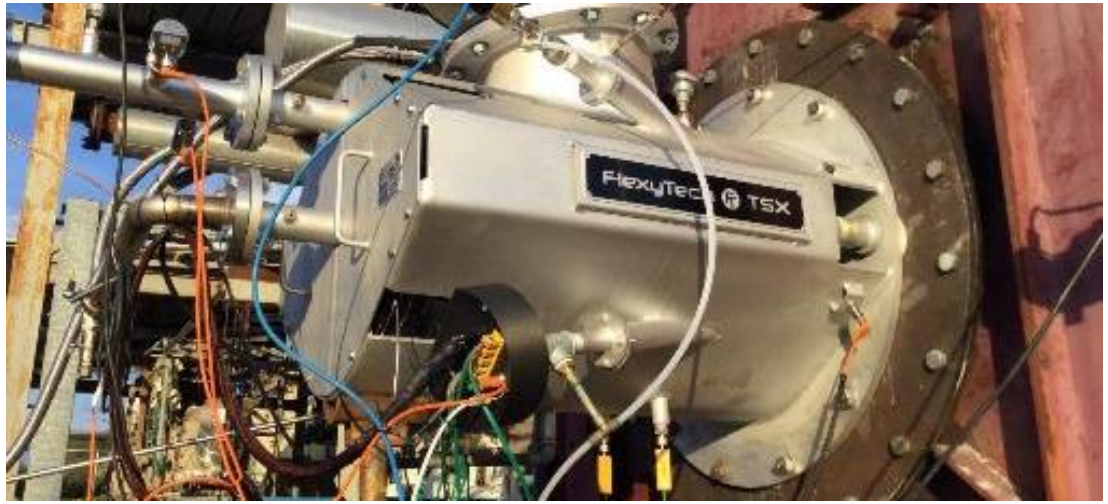
- Heizwertunterschiede CH_4/H_2 müssen kompensiert werden (Stand der Technik)
- Infrastruktur muss auf die notwendigen Gasarten und Mischungen eingerichtet sein
- Primäre/sekundäre Maßnahmen zur NO_x Emissionsreduzierung müssen hei höheren H_2 gehalten eingesetzt werden.

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

H_2-Nutzung zur direkten Beheizung: Tenova TSX

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN



TSX BRENNER TESTS

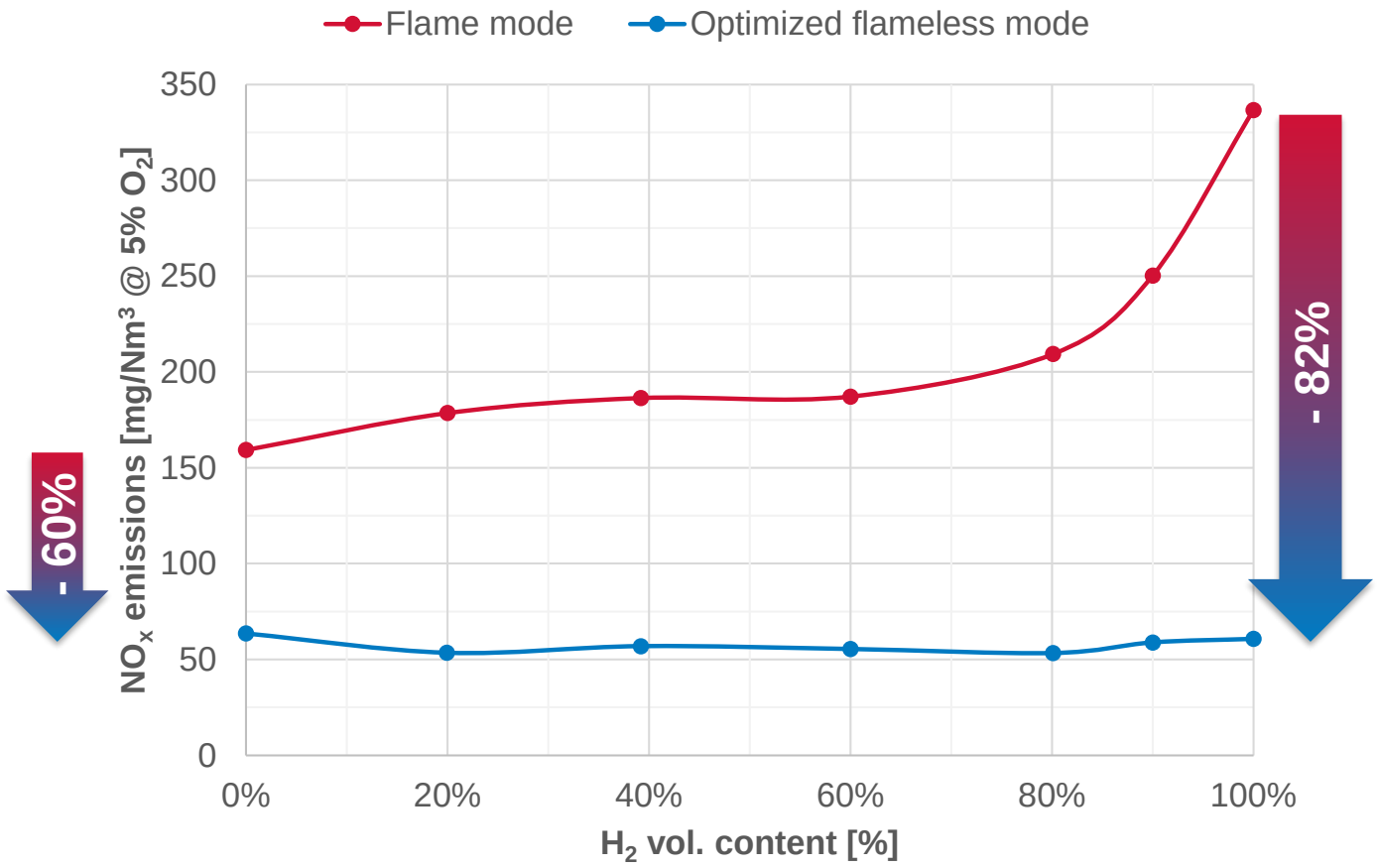
- Betrieb mit verschiedensten Gasarten zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks (Tests Erdgas/H_2-Mischungen 0-100%)
- Sensorik zur Statusbewertung **in Echtzeit** und Auswertung von Statistiken über die Cloud-basierte Tenova Systeme
- **KPIs** und **KHIs** können direkt über mobile Endgeräte über vorbereitete Dashboards ausgewertet werden
- **Tenova IIoT Plattform** ermöglicht effizienten Service durch:
  Remote Zugriff, Fehlerbeseitigung in Echtzeit, Bewertung der Verbrennungsqualität, etc.

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

TSX Brenner: Ergebnisse aus dem Prüfstand

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN



Herausforderung:

– NO_x Emissionen für Mischungen von EG/H_2 erhöhen sich deutlich bei H_2 Gehalten > 60 Vol% (Flammbetrieb)

Vorteile:

✓ Tenova TSX Brenner kann flexibel mit allen EG/H_2 Gemischen betrieben werden (bis 100% H_2)

✓ Sehr niedrige und konstante NO_x Emissionen auch bei 100% H_2 im flammlosen Betrieb

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Annealing and Coating Line (Roller hearth furnace)

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

*Furnace capacity 40 t/h, T_O = 1100°C

SZENARIO 1

Gasbeheizung

14 MW gas capacity

η_{gas} = 0,65 (konventionell)

48 Brenner mit je 140 - 180 kW

136 Brenner mit je 30 - 60 kW

SZENARIO 2

Elektrische Beheizung

7000 kW induktive Beheizung η_{el} = 0,70

4000 kW Wiederstands-Heizelemente η_{el} = 0,98

✓ Der Ofen ist vollständig elektrisch beheizbar

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Annealing and Coating Line

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

SZENARIO 3

Hybride Beheizung

100% Leitung gasbeheizt + flexible zuschaltbare elektrische Beheizung, in Zeiträumen mit niedrigem Strompreis

14 MW gas + 5,6 MW el.

(Boden-Heizelemente: 160 m * 35 kW/m)

Andere Mischformen sind ebenfalls möglich

Vorteile :

+ Volle Produktionsleistung
+ Volle Flexibilität

Nachteile :

- Höhere Investitionskosten
- Höherer Platzbedarf der Anlage
- Max. 40% der benötigten Heizleistung kann durch die zusätzliche elektrische Beheizung bereitgestellt werden, bei voller Bestückung mit Gasheizung
  → Der Kapazitätsverlust kann durch den Einsatz eines Induktors zum Teil kompensiert werden.

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Annealing and Coating Line

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

SZENARIO 4

Gasbeheizung regenerativ

100% Gasleistung mithilfe von regenerative hergestellten Gasen

14 MW gas (100% $H_{2\ Elektrolyse}$ to 100% $CH_{4\ P2G}$)

Vorteile :

+ Wasserstoffbrenner sind bereits im Feld getestet oder in der Erprobung
+ Volle Flexibilität hinsichtlich der Nutzung verschiedener Gase (H_2-Erdgas)
+ Volle Produktivität der Anlage
+ Niedrige Umrüstungskosten bestehender Anlagen

Nachteile :

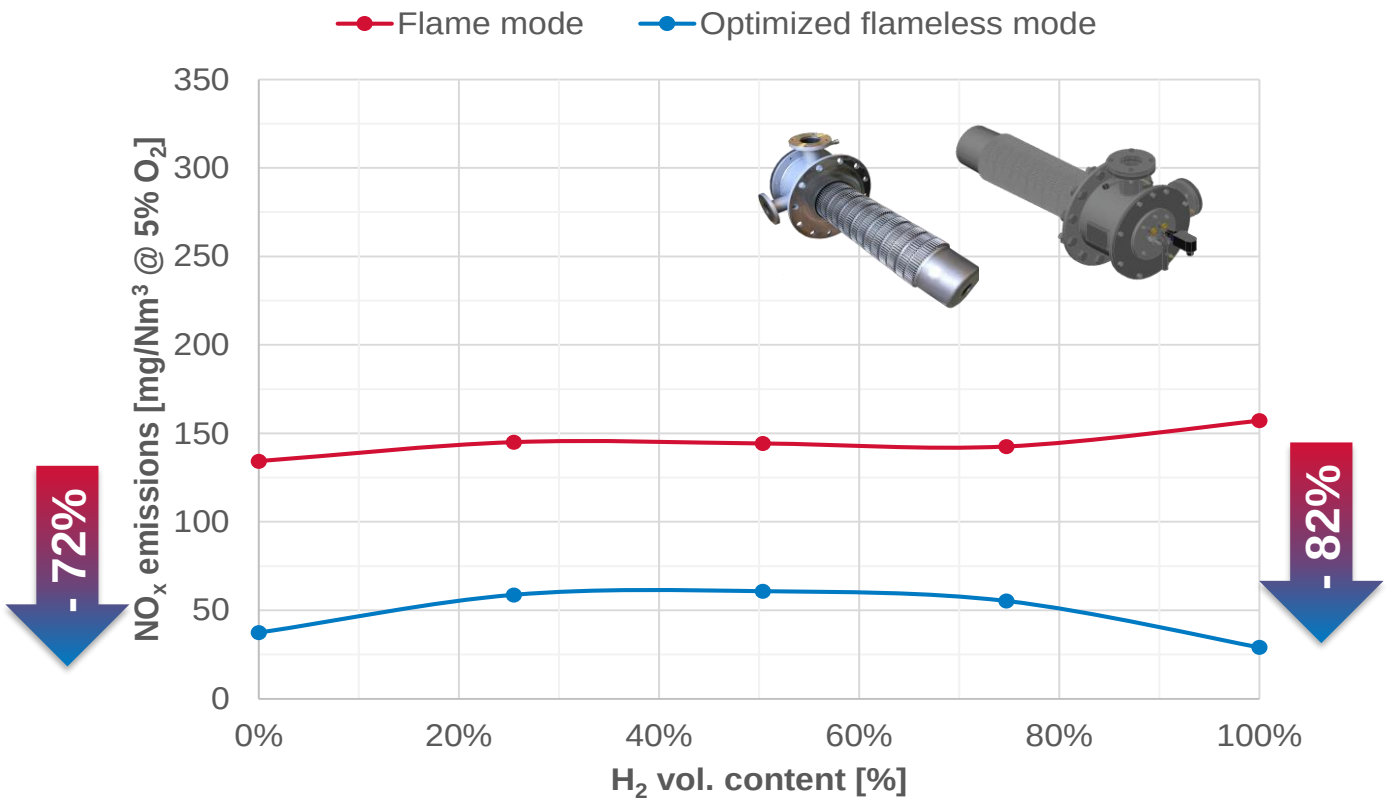
- Heizwertunterschiede CH_4/H_2 müssen kompensiert werden (Stand der Technik)
- Infrastruktur muss auf die notwendigen Gasarten und Mischungen eingerichtet sein
- Primäre/sekundäre Maßnahmen zur NO_x Emissionsreduzierung müssen hei höheren H_2 gehalten eingesetzt werden.

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

TRKS Brenner: Ergebnisse aus dem Prüfstand

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN



Herausforderung:

– NO_x Emissionen für Mischungen von EG/H_2

Vorteile:

✓ Tenova TRKS Brenner kann flexibel mit allen EG/H_2-Gemischen betrieben werden (bis 100% H_2)

✓ Sehr niedrige NO_x Emissionen auch bei 100% H_2 im flamm-losen Betrieb

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Haubenofen

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

SZENARIO 1

Gasbeheizung

1,5 MW installierte Leistung

η_{gas} = 0,71 (konventionell)
0,76 (HPH-Flameless)

SZENARIO 2

Elektrische Beheizung

1,0 MW Widerst.-Heizelemente

η_{el} = 0,98

Max. Heizleistung:
800 kW (Wand, Sockel, SHR)

→ 80% der erf. Heizleistung

SZENARIO 3

Hybride Beheizung

100% Leitung gasbeheizt + flexible zuschaltbare elektrische Beheizung

1,5 MW gas + 300 kW el.

SZENARIO 4

Gasbeheizung regenerativ

100% Gasleistung mithilfe von regenerative hergestellten Gasen

1,5 MW gas

(100% $H_{2,Elektrolyse}$ bis 100% CH_{4P2G})

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Bewertung der Beheizungsszenarien

tenova LOI THERMPROCESS

FALLBEISPIELE ZUR DEKARBONISIERUNG VON WÄRMEBEHANDLUNGSPROZESSEN

Fallbeispiel	Gas (fossil)	Rein elektrisch	Hybrid	Gas (erneuerbar)
Hubbalkenofen	Basis	--	- / o	++
Rollenherdofen (ACL)	Basis	++	+	++
Haubenofen	basis	+	o	+(+)

Geeignete Beheizungslösungen sind sehr prozessspezifisch und abhängig von:

- Infrastruktur des Werkes (Verfügbarkeit von Medien und Energieträgern)
- Typ und Zustand der vorhandenen Anlagen
- Möglichkeiten zur Sektorkopplung (z.B. Verfügbarkeit von Strom und H_2)

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

Zusammenfassung

Allgemein:

- Technologien zur Dekarbonisierung der Stahlindustrie sind zum großen Teil bereits verfügbar und entsprechen den Zielen der EU Roadmap
- Das Technology Readiness Level (TRL) erlaubt für die meisten Technologien bereits den Einsatz in Feldtests oder sogar erste Anwendungen
- Geeignete Lösungen sind **prozessspezifisch** und die Anwendbarkeit muss detailliert analysiert werden

Beheizungsszenarien:

- H_2-geeignete Brennersysteme werden **im Feld getestet** oder können bereits großtechnisch eingesetzt werden
- Die Beheizungssysteme **erfüllen gängige Emissionsgrenzwerte**, sofern auf den „best available“ Stand der Technik zurück gegriffen wird
- Hybride Beheizungssysteme sind zum Großteil **für den großtechnischen Einsatz erprobt**

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.

tenova
LOI THERMPROCESS

VIELEN DANK

LOI Thermprocess GmbH
Am Lichtbogen 29
45141 Essen - Germany

Tel. 0201 1891-1
Fax 0201 1891-321
loi@tenova.com

www.loi.tenova.com

TECHINT GROUP

Copyright © 2021 LOI Thermprocess GmbH. All rights reserved.