

Wasserstofferzeugung durch partielle katalytische Dehydrierung ausgewählter Fraktionen von Kerosin

K. Pearson, A. Wörner

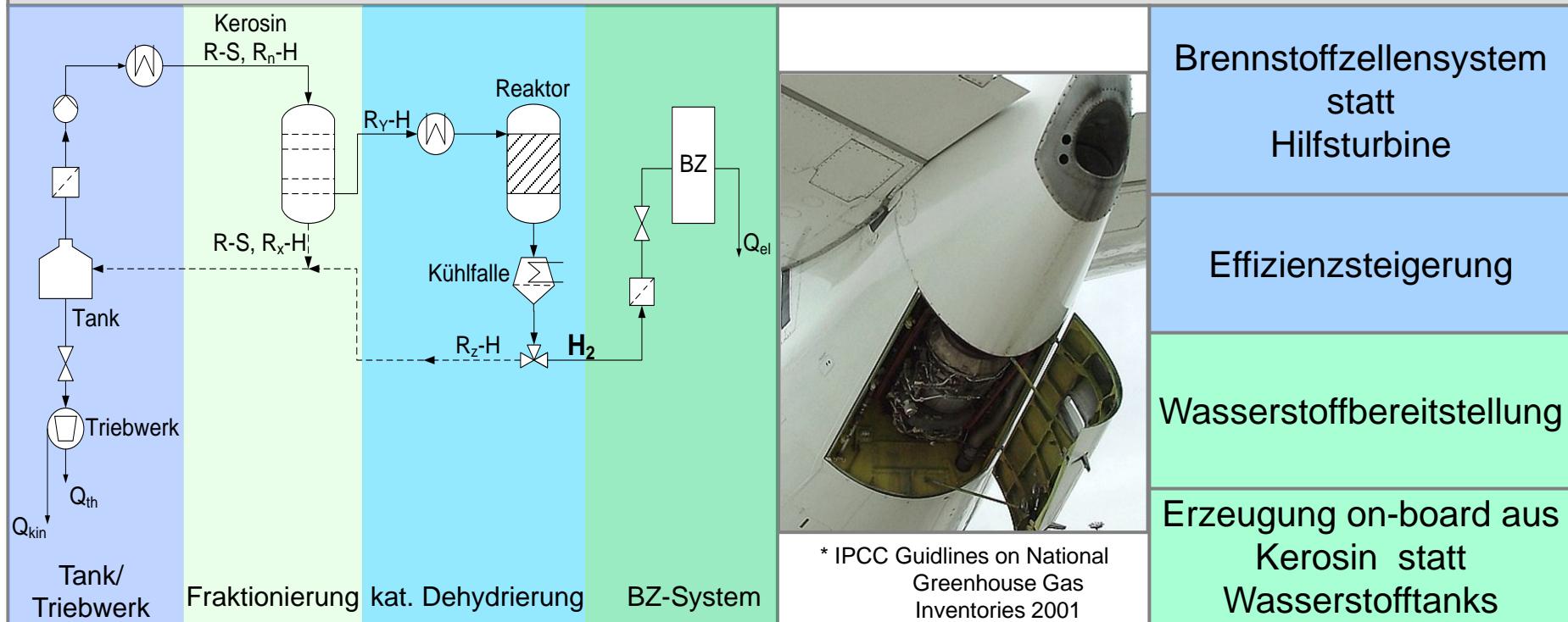
ProcessNet-Jahrestagung 12.09.2012



Wissen für Morgen

Wasserstofftechnologie für die Bordstromversorgung in Flugzeugen

Neues Konzept für Auxiliary Power Unit



Partielle katalytische Dehydrierung (PkD) für die Wasserstofferzeugung aus Kerosin Jet A1

Konzept	Elekt. Wirkungsgrad
BZ mit PkD	25%
BZ mit PkD und Fraktionierung	18-23%
Hilfsturbine (APU)	15-18%

Bedingungen	Herausforderungen
<ul style="list-style-type: none">- H₂ Reinheit ≥90vol-% Rest Kohlenwasserstoffe C₁ bis C₃<ul style="list-style-type: none">- Geringer Aufwand für Produktgasreinigung- Endotherme Reaktion<ul style="list-style-type: none">- Vereinfacht Wärmemanagement- Reaktionstemperatur: 350°C bis 500°C	<ul style="list-style-type: none">- Schwefelempfindlicher Katalysator<ul style="list-style-type: none">- Jet A1 noch stark schwefelhaltig bis zu 3000ppm S- Dehydrierungsreaktion stark abhängig von KW-Gruppe<ul style="list-style-type: none">- Kerosin: Vielstoffgemisch- Crackingreaktionen



Partielle katalytische Dehydrierung (PkD) höherer Kohlenwasserstoffe

Dehydrierung von Stoffgruppenkomponenten im Kerosin Jet A1

Stoffgruppe	Reaktion	Umsatz	Reaktionsenthalpie bei 450°C
Paraffin	$C_{12}H_{26} \longrightarrow C_{12}H_{24} + H_2$	≥ 50%	101,2 kJ/mol
Iso-Paraffin	$C_{10}H_{22} \longrightarrow C_6H_{12} + C_2H_6 + 2C + 2H_2$	≥ 15%	64,72 kJ/mol
Naphthen	$C_{10}H_{18} \longrightarrow C_{10}H_8 + 5H_2$	100%	93,23 kJ/mol
Aromat	$C_{10}H_{14} \longrightarrow C_7H_8 + C_2H_4 + H_2$	≥ 2%	217,43 kJ/mol

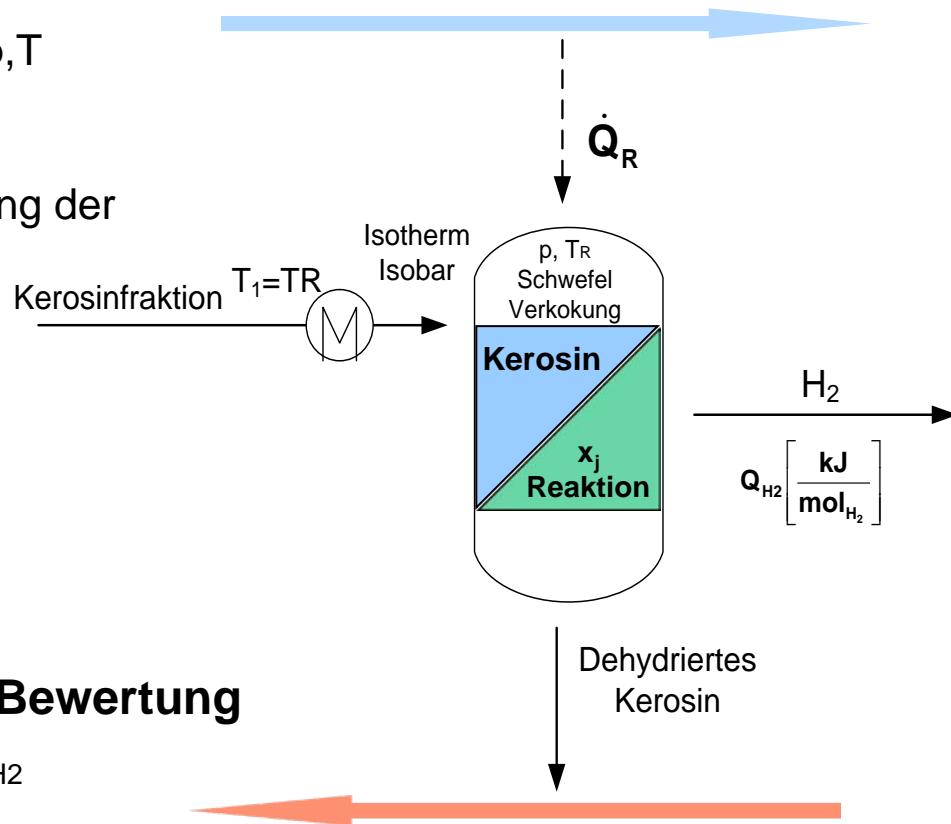
- Gewählte Betriebsbedingungen:
 - 450°C, 5 bar,
- Verwendeter Katalysator Pt auf γ -Al₂O₃ Trägermaterial



Integration der PkD in ein Systemmodell mit ASPEN plus

Experiment

- Prozessgrößen p, T
- Ausbeute φ_{H_2} & Umsatz X_j
- Zusammensetzung der Kerosinfraktion



Energetische Bewertung

- Wärmebedarf Q_{H_2}
- Stoffströme
- Wärmeübertragung

ASPEN plus

- Integration von Einzelreaktionen der PkD
- Kein Gleichgewicht
- Umsätze bei T, p fix



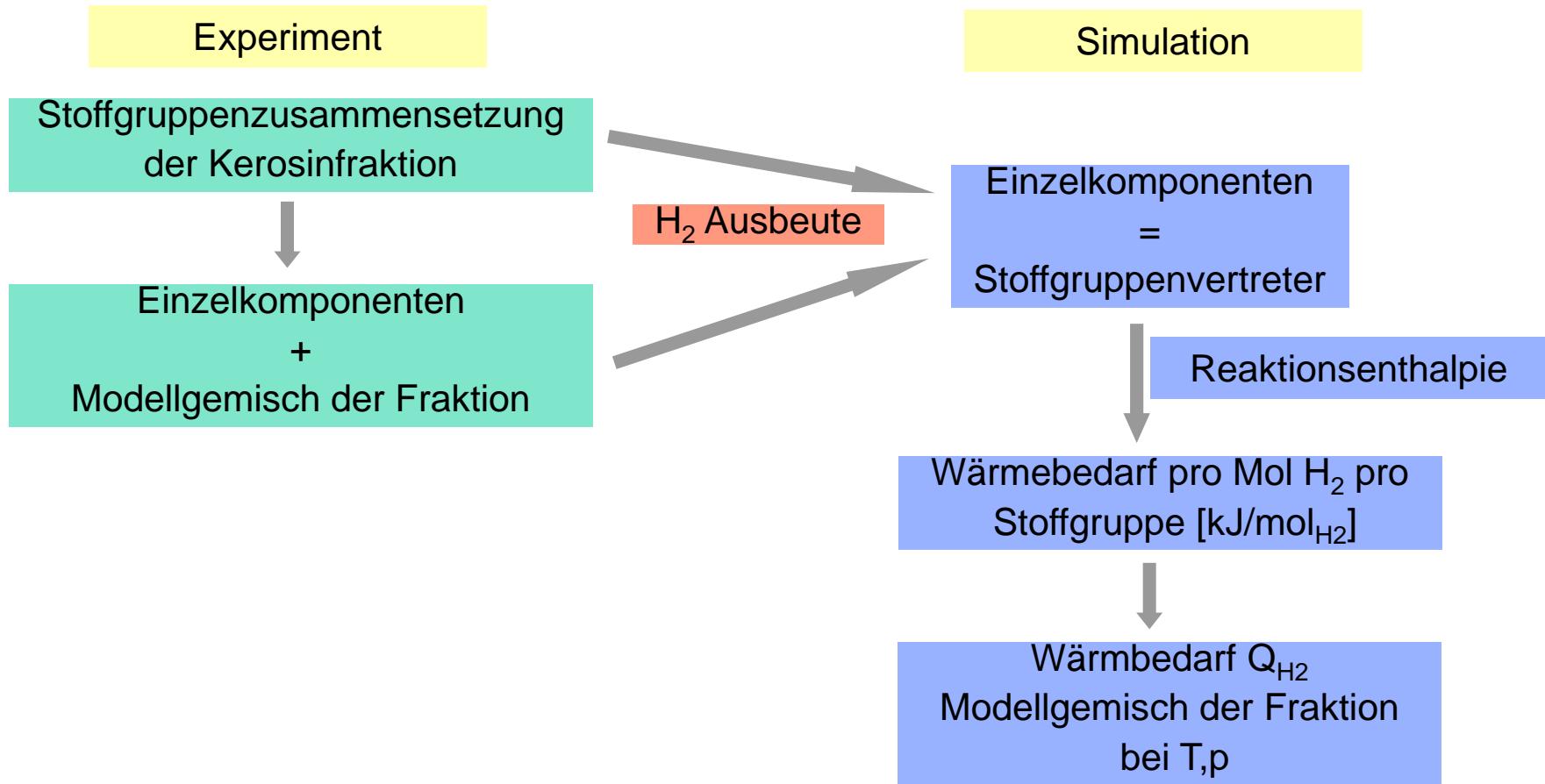
Simulation

- Fraktionierung
 - Massenströme
 - Wärmebedarf
- PkD Reaktor Wärmeintegration
 - Wärmeübertragung aus Stoffströmen

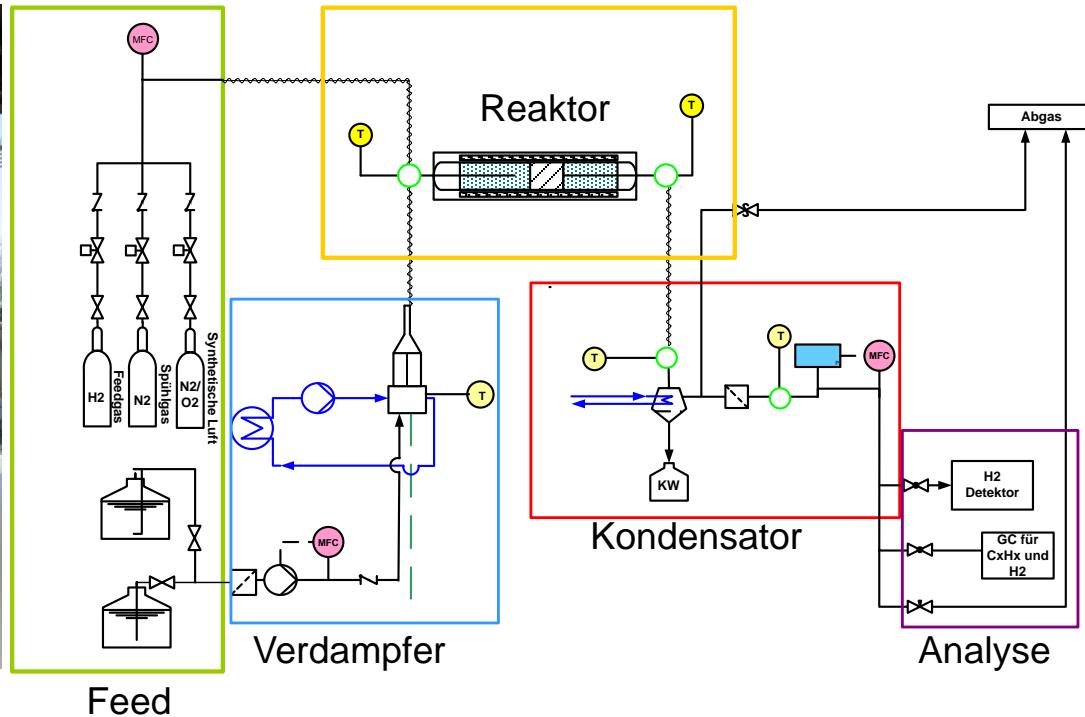


Experiment und Simulation

Experiment und Energetische Bewertung der Dehydrierung

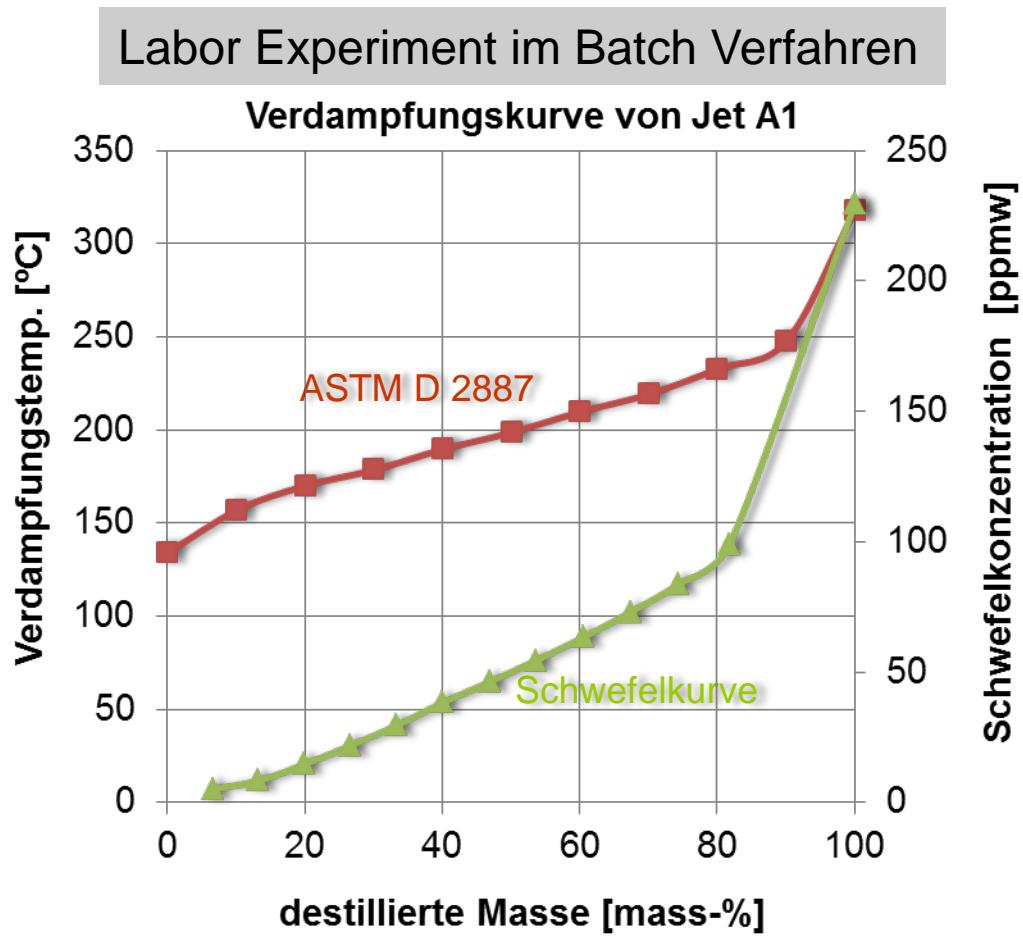
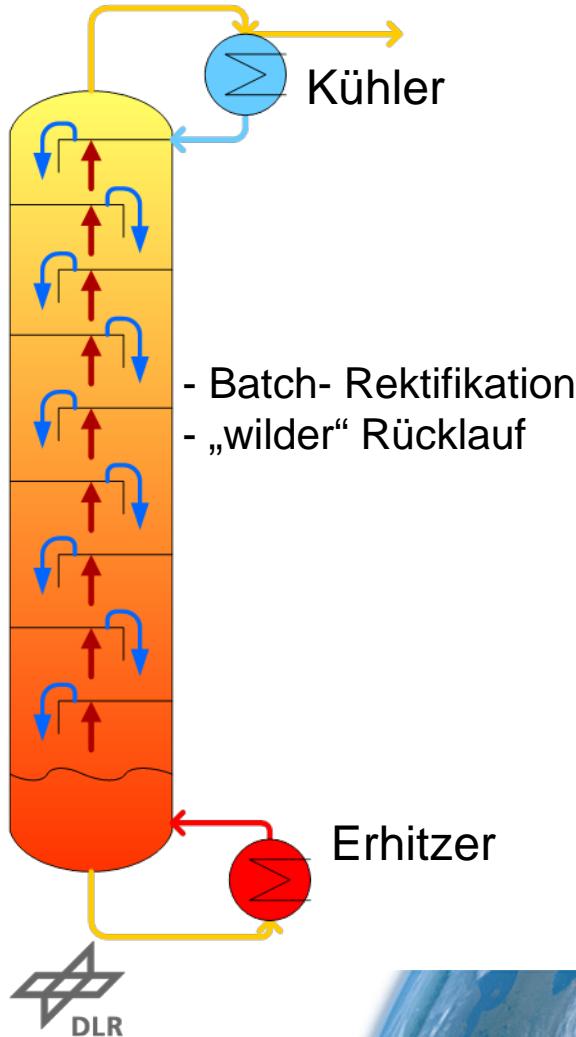


Teststand zur partiellen katalytischen Dehydrierung

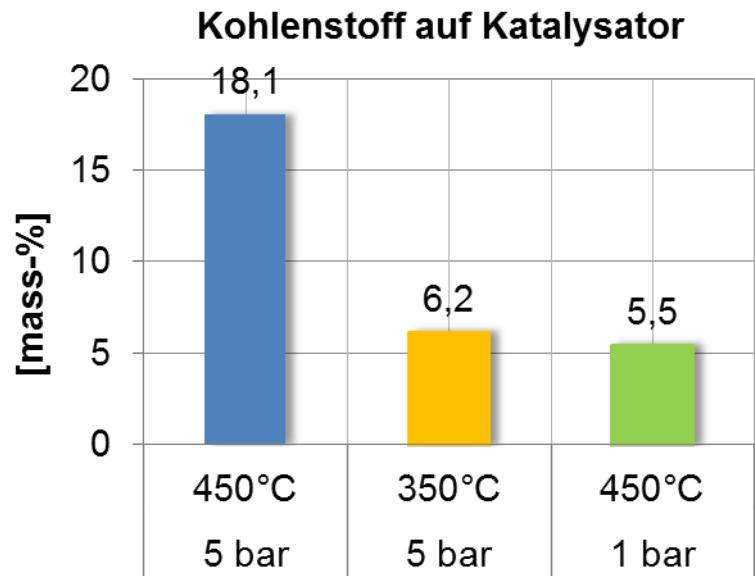
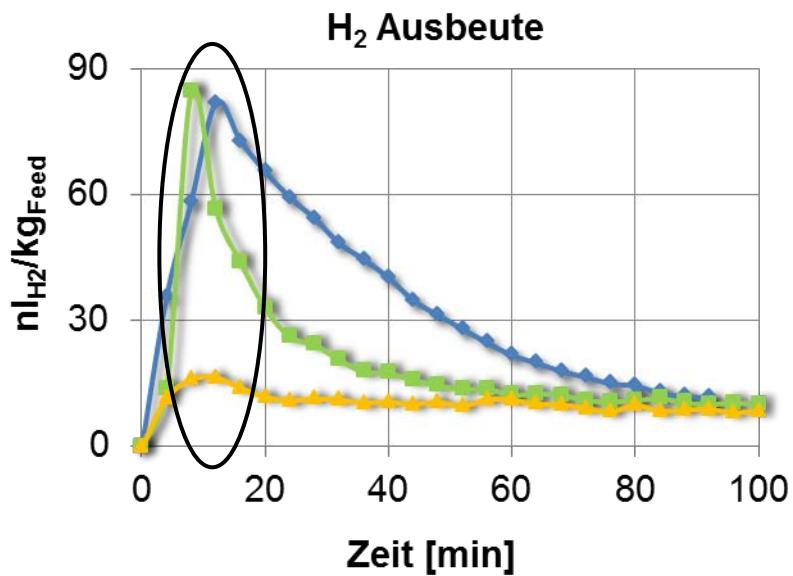


- Reaktortemp. 350°C bis 500°C
- Druckbereich: max. 9 bar
- Masse Katalysator: bis 6,5 g
- Massenstrom Feed bis max. 100 g/h
- Kondensator Temperatur: -10°C
- Gaskonzentrationen: H₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₃H₈

Rektifikation von Kerosin für die Erzeugung schwefelreduzierter Fraktionen

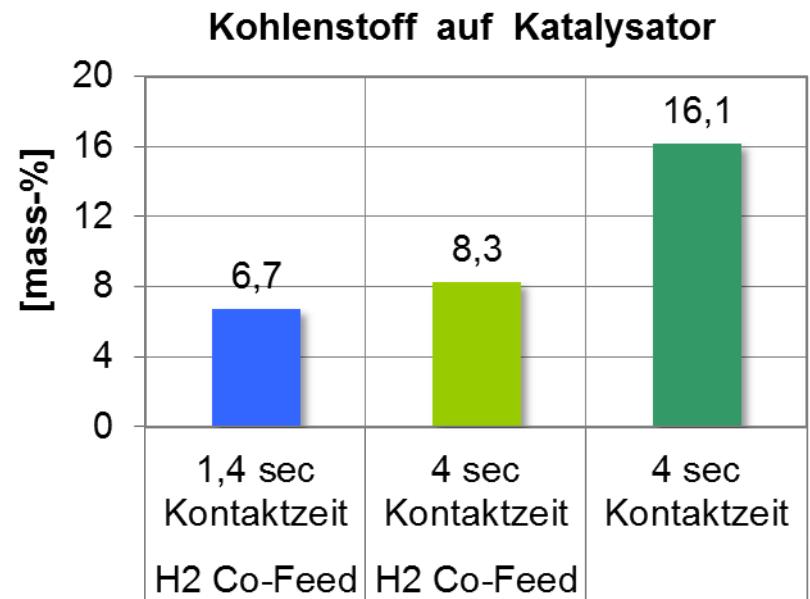
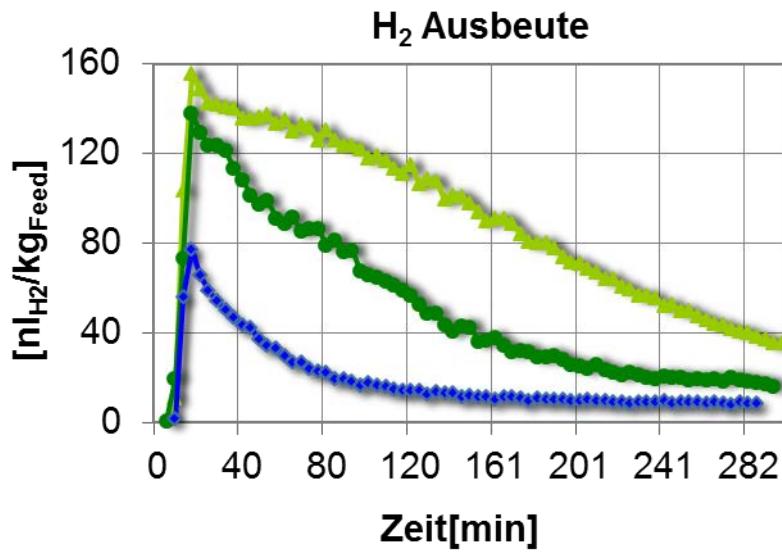


Untersuchungen zur partiellen katalytischen Dehydrierung von schwefelarmem Kerosin



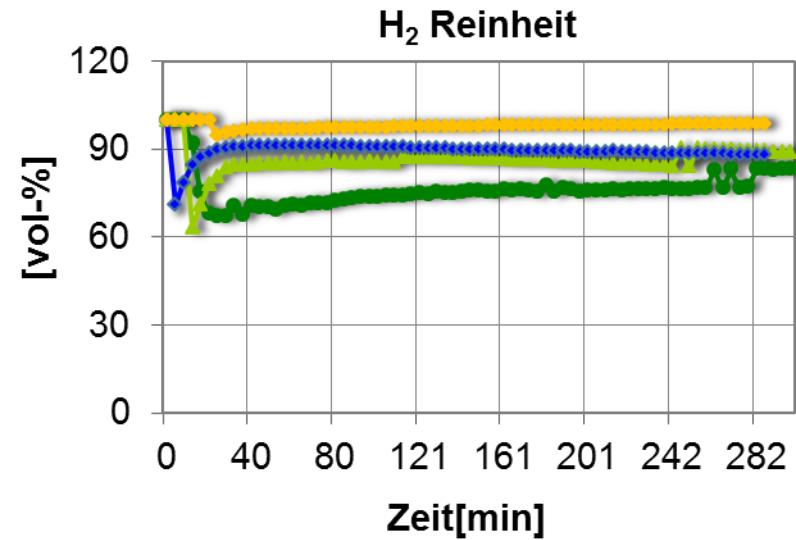
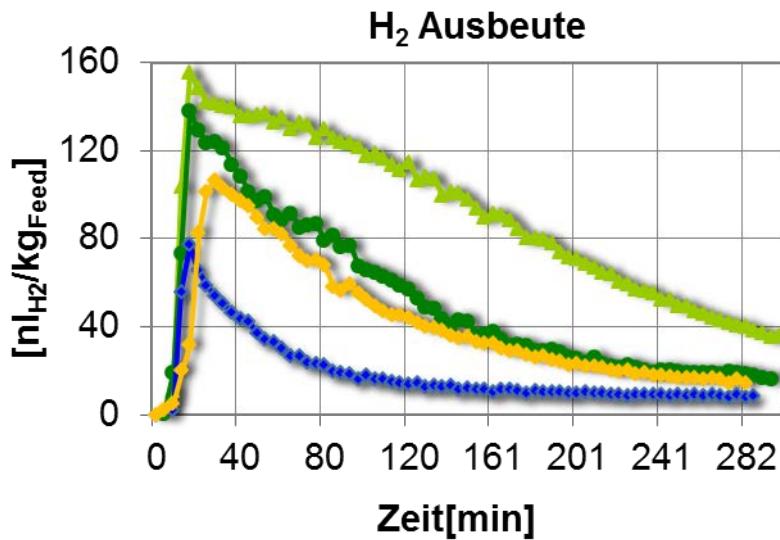
- Schwefelarmes Kerosin Jet A1 mit 3ppm S
- Variation von Druck und Temperatur

Untersuchungen zur partiellen katalytischen Dehydrierung von schwefelarmem Kerosin



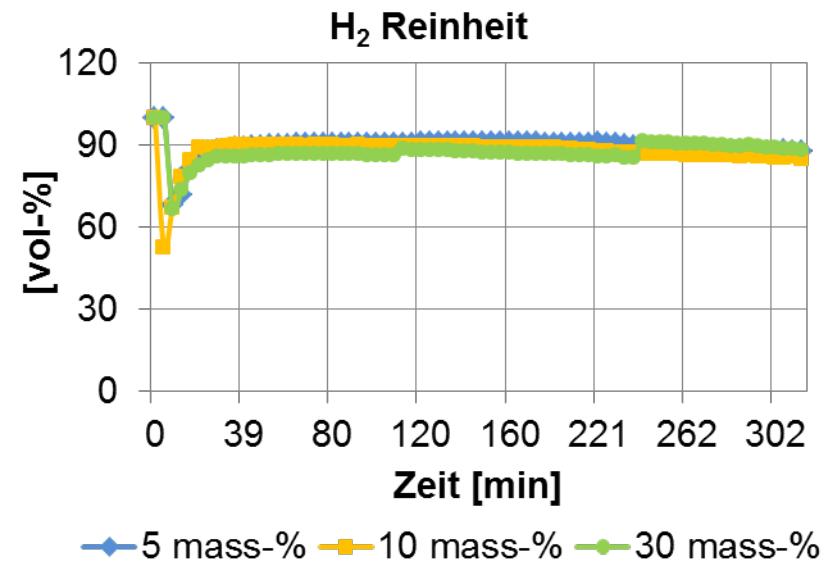
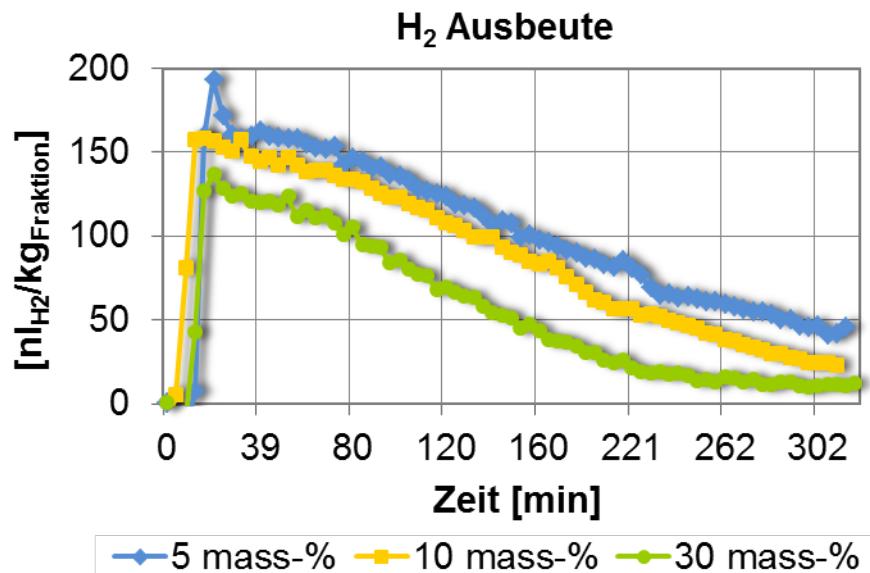
- Betriebsbedingen 5 bar und 450°C
- Längere Kontaktzeit verbessert die Ausbeute
- Erhöhter Wasserstoffpartialdruck in der Anlage reduziert Verkokung auf Katalysator

Untersuchungen zur partiellen katalytischen Dehydrierung von schwefelarmem Kerosin



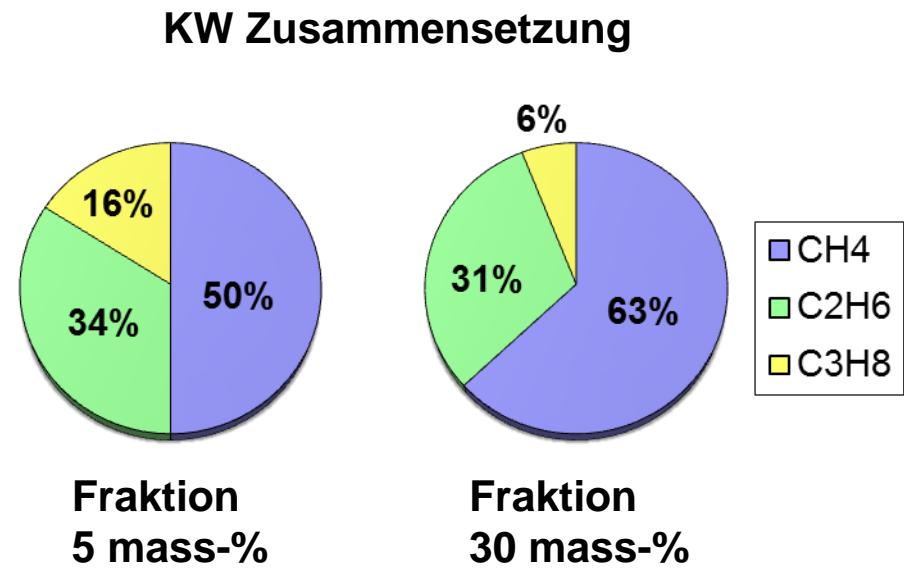
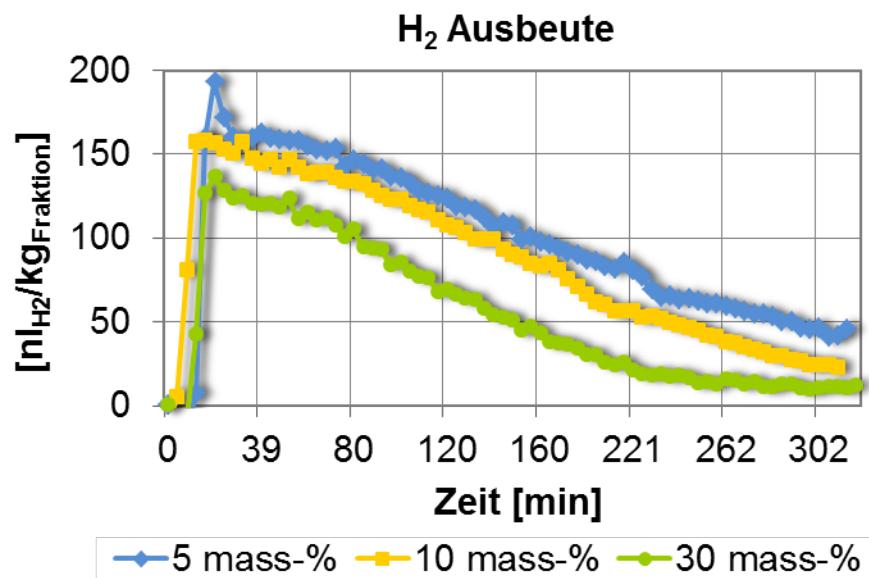
- Betriebsbedingungen 5 bar und 450°C
- Längere Kontaktzeit verbessert die Ausbeute
- Erhöhter Wasserstoffpartialdruck in der Anlage reduziert Verkokung auf Katalysator
- Reduzierte Temperatur der Überhitzungsstrecke reduziert Cracking

Untersuchungen zur partiellen katalytischen Dehydrierung von Fraktionen



- H₂ Ausbeute hängt stark von Zusammensetzung der Fraktion ab
- Bessere Zeitstabilität erforderlich für eindeutige Aussagen über Ausbeuten

Untersuchungen zur partiellen katalytischen Dehydrierung von Fraktionen



- Gaszusammensetzung abhängig von Zusammensetzung der Kerosinfraktion

Zusammenfassung und Ausblick

Experiment	Prozessmodell
<ul style="list-style-type: none">- Hohe H₂- Reinheit $\geq 90\%$- Ausbeute max. 160 nl_{H₂}/kg_{Feed}- Katalysatordesaktivierung: Verkokung überlagert Schwefeldesaktivierung- Maßnahmen zur Verbesserung:<ul style="list-style-type: none">- Anpassung der Verdampfung- höheren Wasserstoffpartialdruck- Verwendung anderer Katalysatoren oder Vorbehandlungsmethoden	<ul style="list-style-type: none">- Abbildung der Dehydrierung:<ul style="list-style-type: none">- Abbildung des Kerosins/ der Fraktionen mit Einzelkomponenten als Stoffgruppenvertreter- Integration der Dehydrierung durch Einzelreaktionen und Umsatzvorgaben- Integration der Rektifikation<ul style="list-style-type: none">- Hoher Energiebedarf im Gesamtkonzept- Wärmeintegration mit PkD und einem Brenner



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Fragen?

karolina.pearson@dlr.de

