

# Neues Herstellungsverfahren für HVO



Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner, Prof. Dr. Anika Sievers

**Forschungsgruppe Verfahrenstechnik**

HAW Hamburg / Hamburg University of Applied Sciences

**Workshop: HVO – ein neuer Brennstoff für die Unterweser-Region?**

**Veranstalter: Maritimes Cluster Norddeutschland**

**Hafen Brake bei Bremen am 05. März 2024**

**CC4E** *Competence Center für  
Erneuerbare Energien &  
EnergieEffizienz*

 **HAW  
HAMBURG**

- Prof. Dr. Anika Sievers, Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner



©Jan Barow



©Jonas Fischer

- **Prof. Dr. Anika Sievers, Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner**
- **Mitarbeitende: 10-15**  
wissensch. Mitarb., Doktoranden, stud. Hilfskräfte, stud. Bachelorarb. und Masterarb., Techniker
- **7 abgeschlossene Dissertationen**  
**3 laufende Dissertationen**
- **Forschungsthemen:**
  - **Umwandlung von Abfallstoffen in alternative Kraftstoffe, Brennstoffe und Chemikalien**
  - **Aufbereitung von Bioölen und Schwerölen**
  - **Kraftstoffanalytik**

# Alternative Kraftstoffe (reFuels, grüne Moleküle) sind vielfältig

## Technik-Diversität genauso wichtig wie Biodiversität:

Systemstabilität, Versorgungssicherheit, Rohstoffunabhängigkeit, Handlungsoptionen, Widerstandsfähigkeit gegenüber Krisen.

1. **1G-Biokraftstoffe** (Biodiesel, HVO, Bioethanol) = **Nebenprodukt der Protein- und Futtermittelherstellung: Keine extra Agrarflächen nötig.<sup>1)</sup> Deutschland sollte Proteinprod. sogar erhöhen (Soja-Import ca. 4 Mio. t/a)**
2. **2G-Biokraftstoffe aus Abfällen und Reststoffen von Land- und Forstwirtschaft, Holz- und Nahrungsmittelind.** (z. B. HVO, Biodiesel, BtL u.v.a.)
3. **Recycled carbon fuels (RCF) von nicht-biogenen Abfällen (z. B. Plastik)**
4. **eFuels, PtX-Fuels aus CO<sub>2</sub>, CO oder N<sub>2</sub> mit grünem H<sub>2</sub>** (aus regenerat. Strom) **aus Ländern mit Überschuss an erneuerbarer Energie**
5. **Hocheffiziente Kombinationen wie abfallbasierte eFuels** (z. B. HVO oder BtL jeweils mit grünem H<sub>2</sub>, READi-PtL-Verfahren v. HAW Hamburg/Nexxoil)

<sup>1)</sup> Buchspies, Kaltschmitt (2018) Applied Energy 211, (2018) pp 368-381

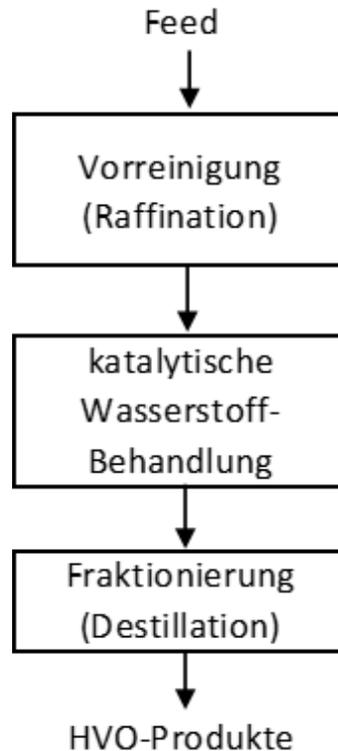
1G, 2G = 1<sup>st</sup>, 2<sup>nd</sup> generation; reFuels = regenerative Kraft- und Brennstoffe; PtX = Power to X; BtL = Biomass to Liquid

# HVO-Produktion: Verfahrensansätze

**konventioneller  
Ansatz am Markt**



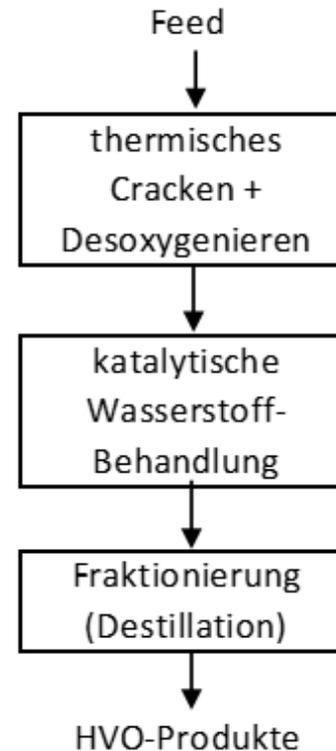
direkt-katalytisches  
HVO-Verfahren



kombiniertes  
thermisch-  
katalytisches  
HVO-Verfahren



**neuer Ansatz von  
HAW Hamburg und  
Nexxoil (READi-PtL-  
Prozess)**

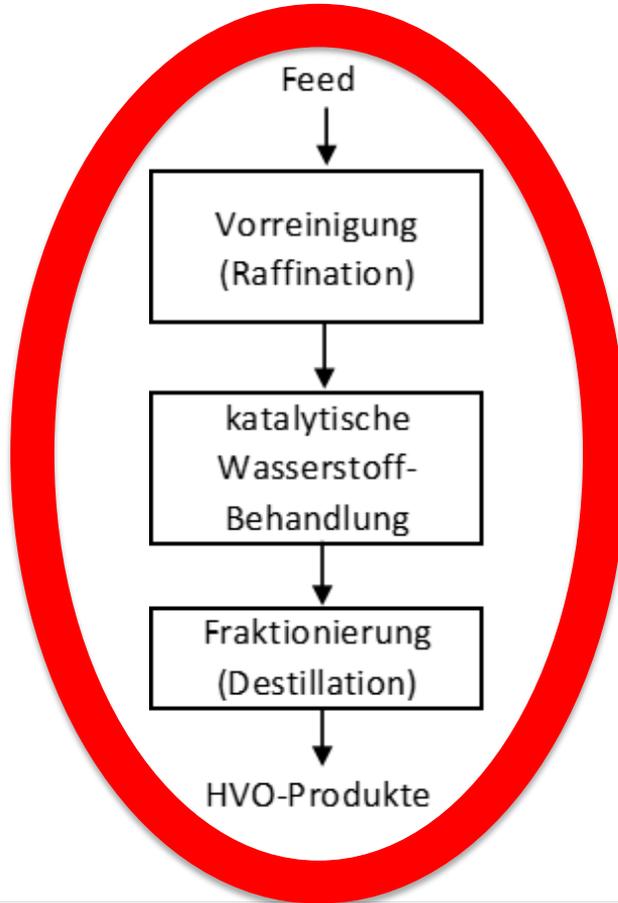


# HVO-Produktion: Verfahrensansätze

**konventioneller  
Ansatz am Markt**



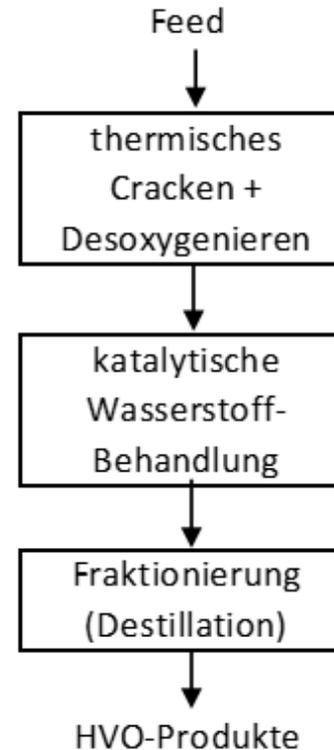
direkt-katalytisches  
HVO-Verfahren



kombiniertes  
thermisch-  
katalytisches  
HVO-Verfahren



**neuer Ansatz von  
HAW Hamburg und  
Nexxoil (READi-PtL-  
Prozess)**



# HVO-Produktion:

## Konventioneller Ansatz: Direkt-katalytischer Prozess

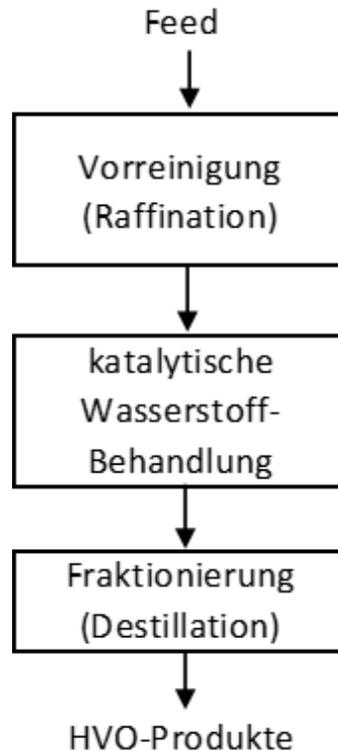
- **Hohe Produktqualität**
- **Großtechnische Produktionsanlagen auf Konzernebene (Größenordnung 1 Mio. t/a Produktionskapazität)**
- **Vergleichsweise hoher Wasserstoffbedarf (Größenordnung 3 % vom Feedstock)**
- **Hoher Aufwand bei der Vorreinigung der Rohstoffe**
- **Geringe Flexibilität bzgl. Feedstock: (Eignung nur für Fette/Öle/Fettsäuren)**

# HVO-Produktion: Verfahrensansätze

**konventioneller  
Ansatz am Markt**



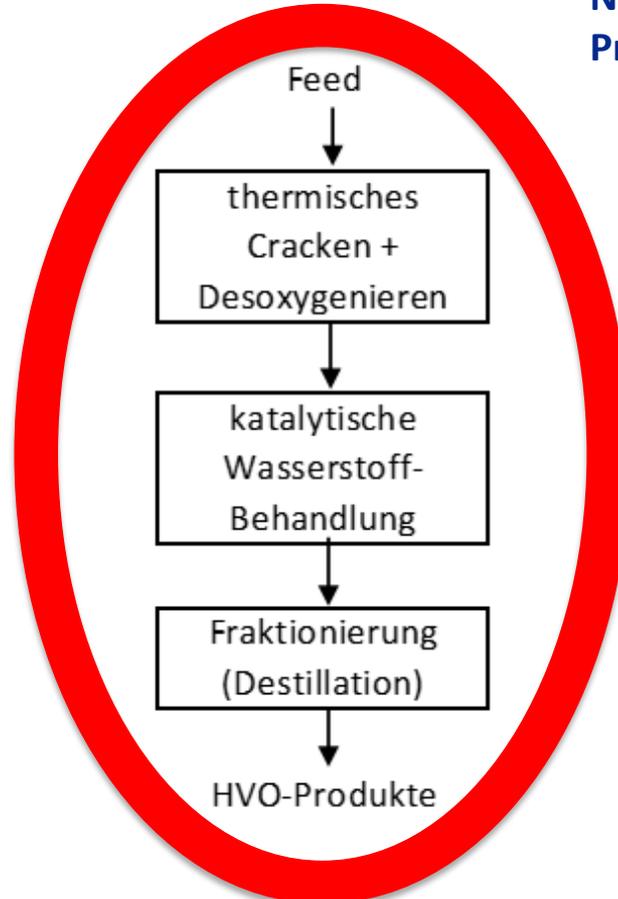
direkt-katalytisches  
HVO-Verfahren



kombiniertes  
thermisch-  
katalytisches  
HVO-Verfahren



**neuer Ansatz von  
HAW Hamburg und  
Nexxoil (READi-PtL-  
Prozess)**



# HVO-Produktion:

## Neuer Ansatz: Kombiniertes thermisch-katalytisches Prozess

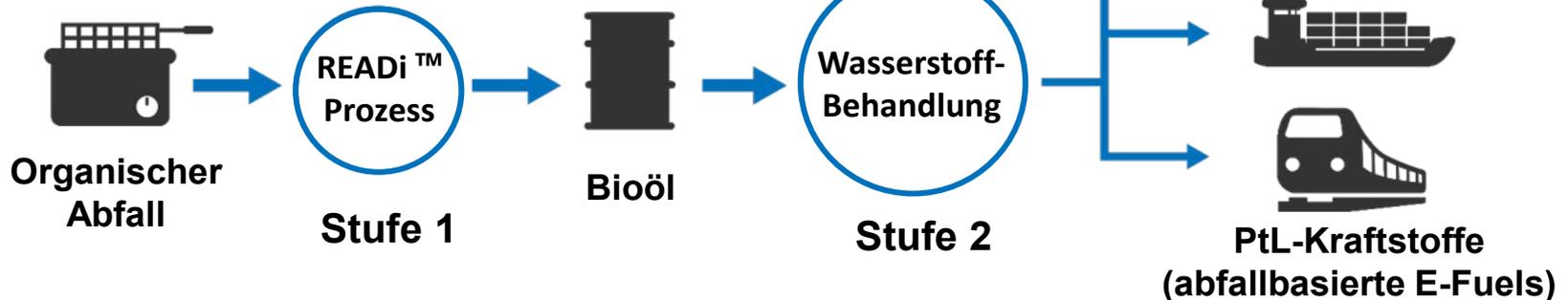
- **Hohe Produktqualität**
- **Dezentrale regionale Produktion auf Mittelstandsebene möglich (Größenordnung 5.000 bis 50.000 t/a Produktionskapazität)**
- **Vergleichsweise niedriger Wasserstoffbedarf (Größenordnung 1,5 % vom Feedstock)**
- **Sehr geringer Aufwand bei der Vorreinigung der Rohstoffe**
- **Hohe Flexibilität bzgl. Feedstock: (Eignung für Fette/Öle/Fettsäuren, Pyrolyseöle, Plastikabfälle u.a.)**

# HVO – neues Verfahren, aktuelle Entwicklungen

## Beispiel HAW Hamburg/Nexxoil: READi-PtL-Prozess



SPONSORED BY THE



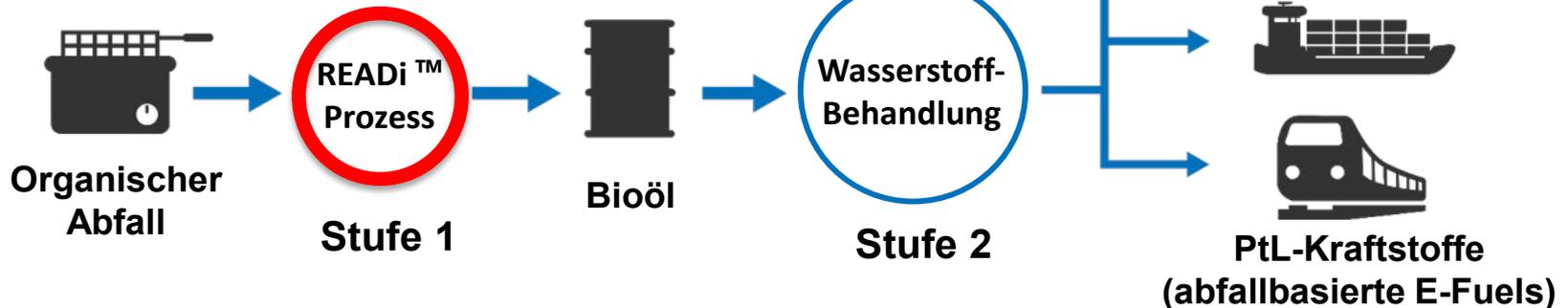
READi = Reactive Distillation, PtL = Power to Liquid

10

# Stufe 1: READi™-Prozess



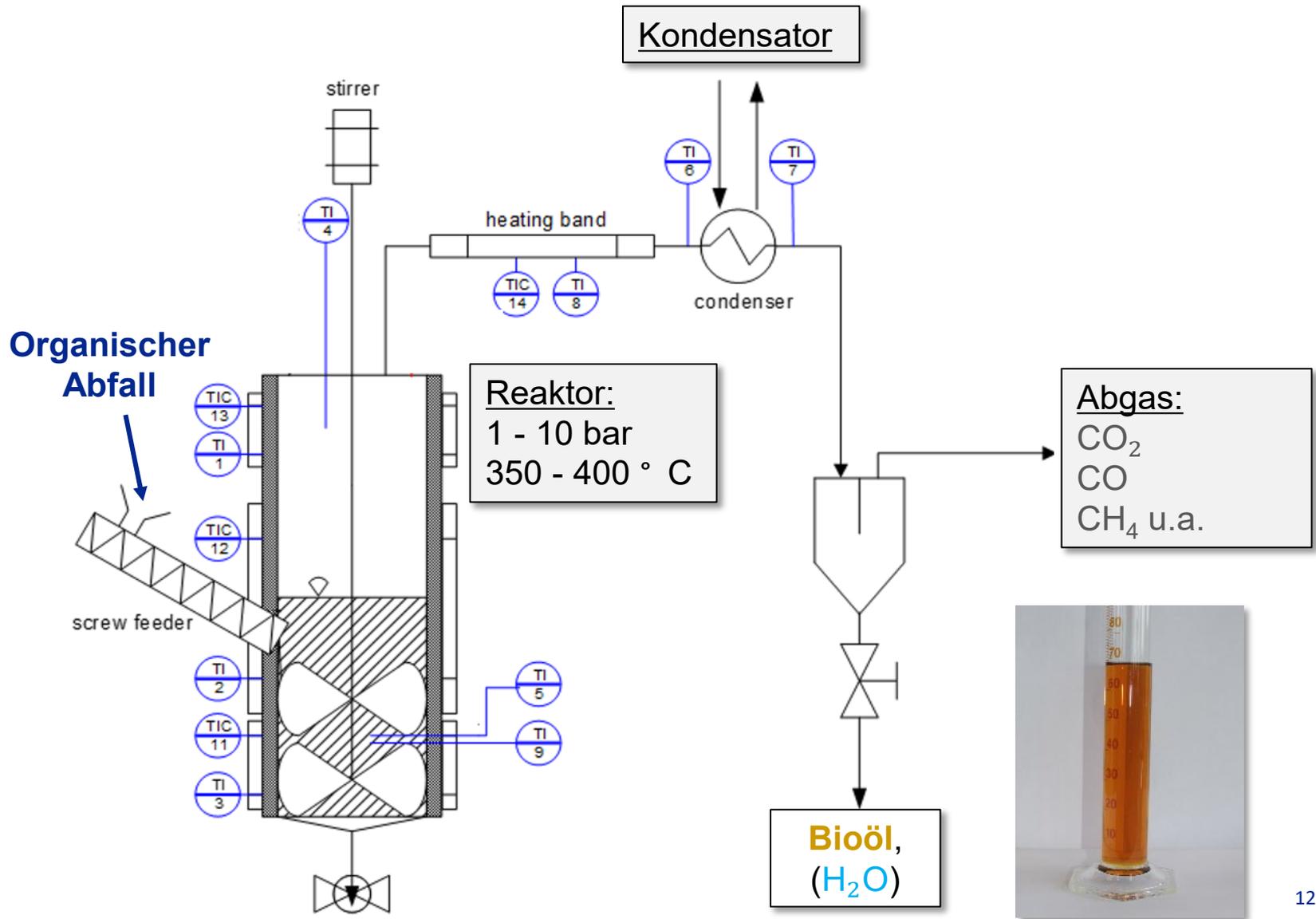
SPONSORED BY THE



READi = Reactive Distillation, PtL = Power to Liquid

11

# Stufe 1: READi™-Prozess



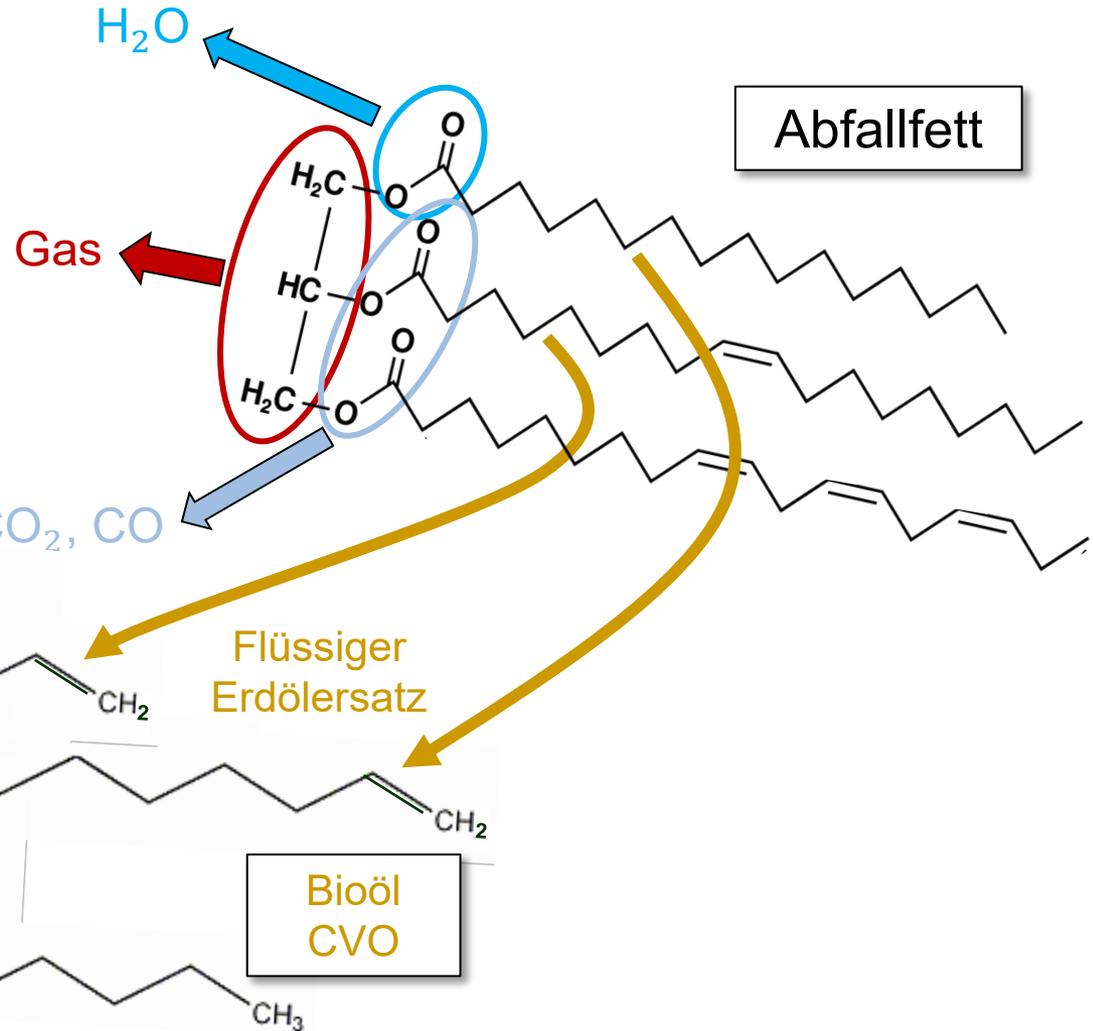
# Stufe 1: READi™-Prozess am Beispiel von Fettabfall-Verarbeitung

Desoxygenierung:

Reduktion des Sauerstoffanteils von 11 auf 3-5 Gew.%

Cracking:

Kürzung der Moleküle in den Leicht- und Mittelfraktionsbereich

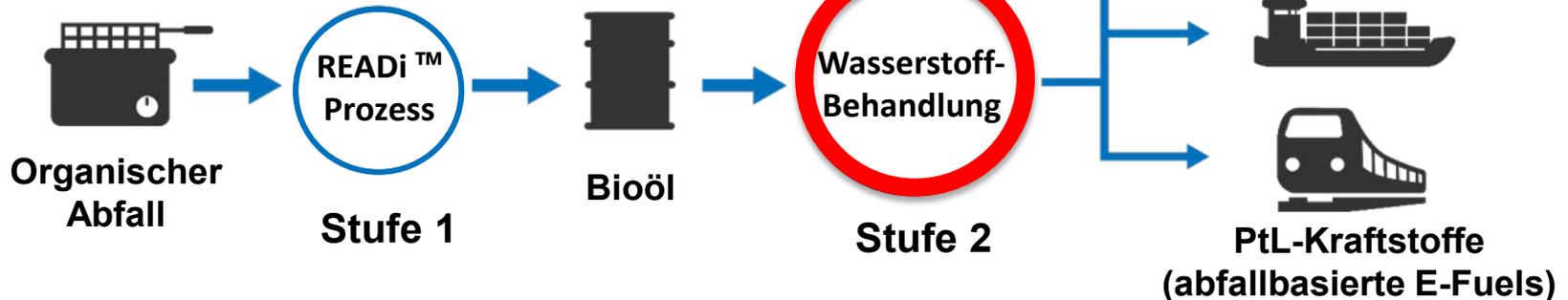


CVO = Cracked Vegetable Oil 13

# Stufe 2: Wasserstoff-Behandlung (PtL-bzw. eFuel-Anteil)



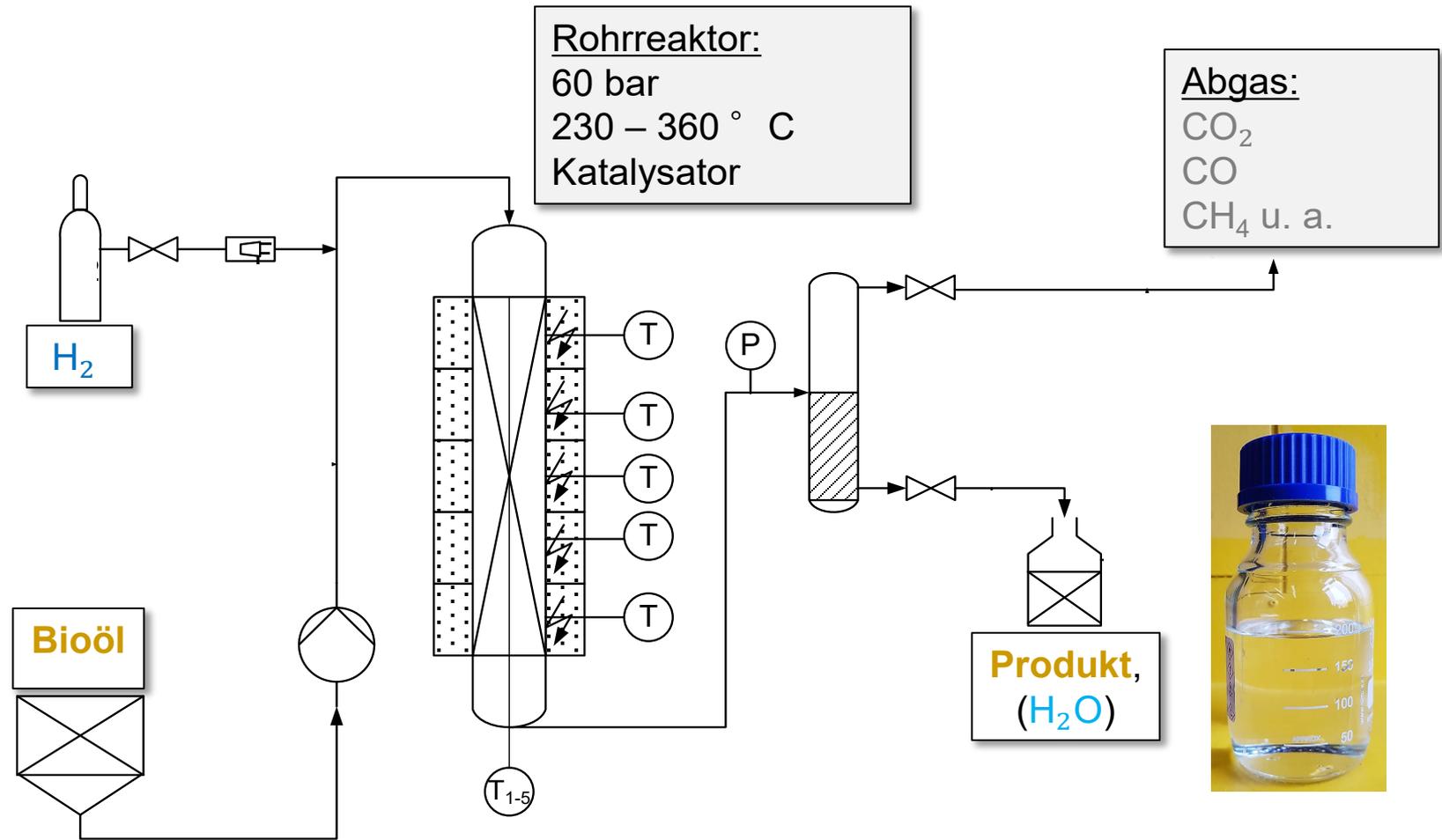
SPONSORED BY THE



READi = Reactive Distillation, PtL = Power to Liquid

14

# Stufe 2: Wasserstoff-Behandlung (PtL-bzw. eFuel-Anteil)

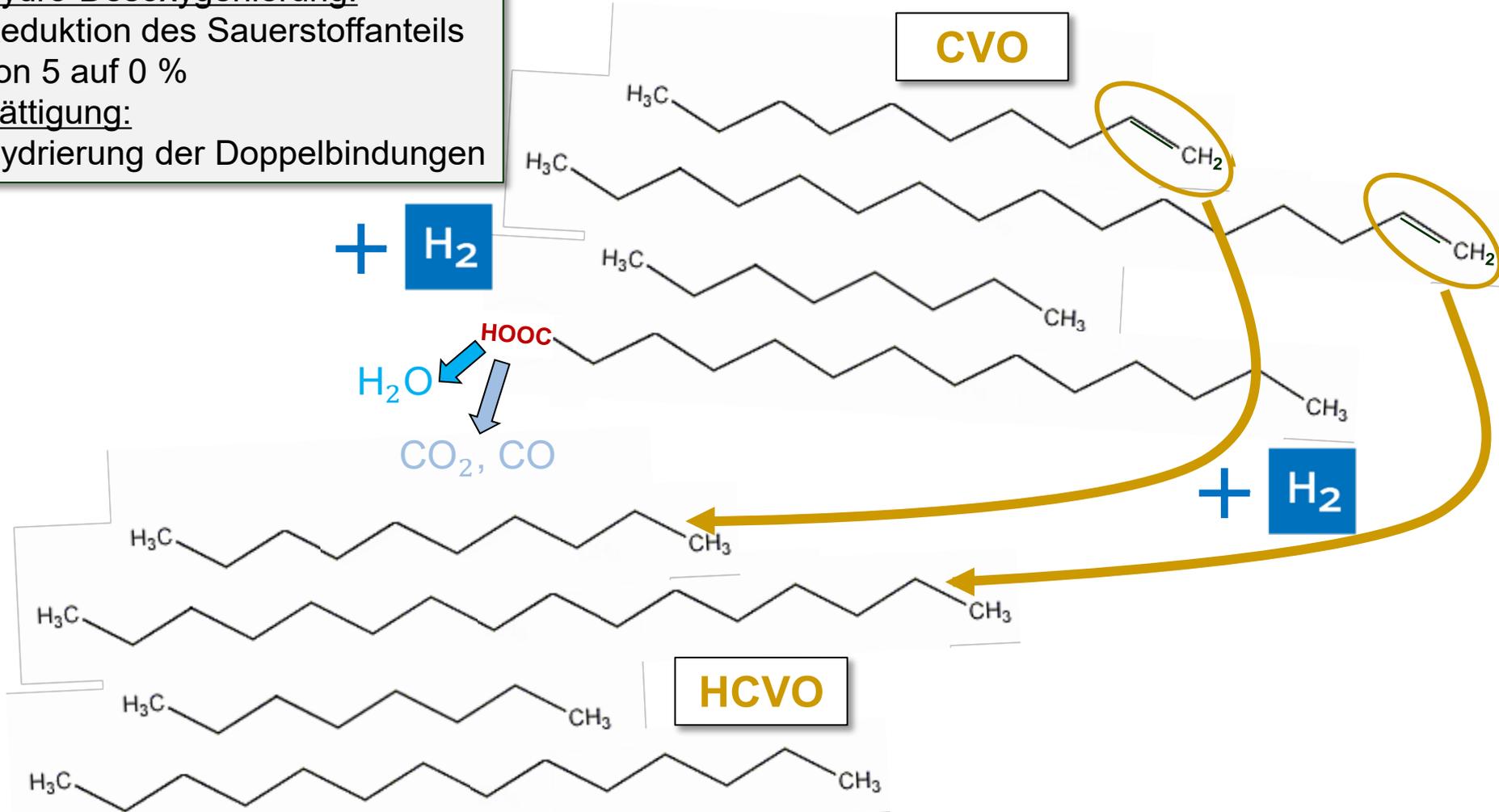


Source: Endisch & Kuchling 2013

15

# Stufe 2: Wasserstoff-Behandlung (PtL-bzw. eFuel-Anteil)

Hydro-Desoxygenierung:  
Reduktion des Sauerstoffanteils  
von 5 auf 0 %  
Sättigung:  
Hydrierung der Doppelbindungen



CVO = Cracked Vegetable Oil; HCVO = Hydrotreated Cracked Vegetable Oil

16

# READi-PtL-Prozess: Beispiel Fettabfall-Verarbeitung



**Stufe 1**

**READi™  
Prozess**



**Stufe 2**

**Wasserstoff-  
Behandlung**



## **Fettabfall**

Energy	37 MJ/kg
Oxygen	11 wt. %
Viscosity (40 °C)	44 mm <sup>2</sup> /s

## **Bioöl: CVO**

Energy	42 MJ/kg
Oxygen	3-5 wt. %
Viscosity	3,8 mm <sup>2</sup> /s

## **Produkt: HCVO = neues HVO**

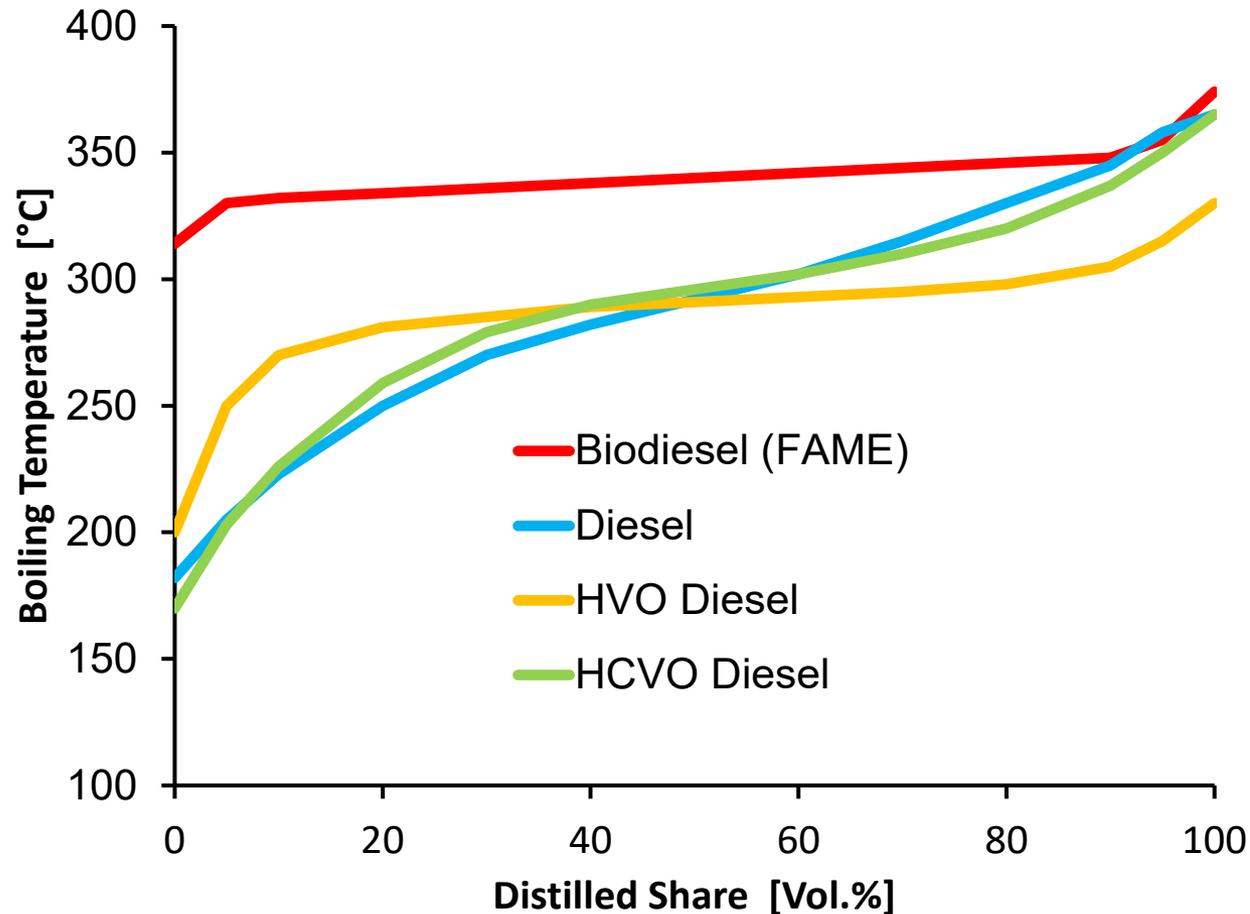
Energy	44 MJ/kg
Oxygen	0 wt. %
Viscosity	2,3 mm <sup>2</sup> /s

CVO = Cracked Vegetable Oil, HCVO = Hydrotreated CVO

17

# READi-PtL-Prozess: Beispiel Fettabfall-Verarbeitung

## Siedekurven



„CVO“ = Cracked Vegetable Oil, „HCVO“ = Hydrotreated CVO = neues HVO, „HVO“ = konventionelles HVO

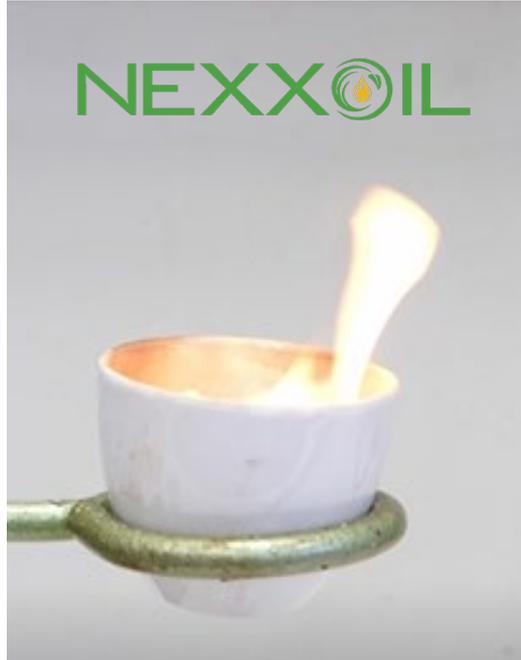
18

# READi-PtL-Prozess: Beispiel Fettabfall-Verarbeitung

## HCVO-Diesel: Saubere, rußarme Verbrennung



**Diesel**



**HCVO-Diesel**



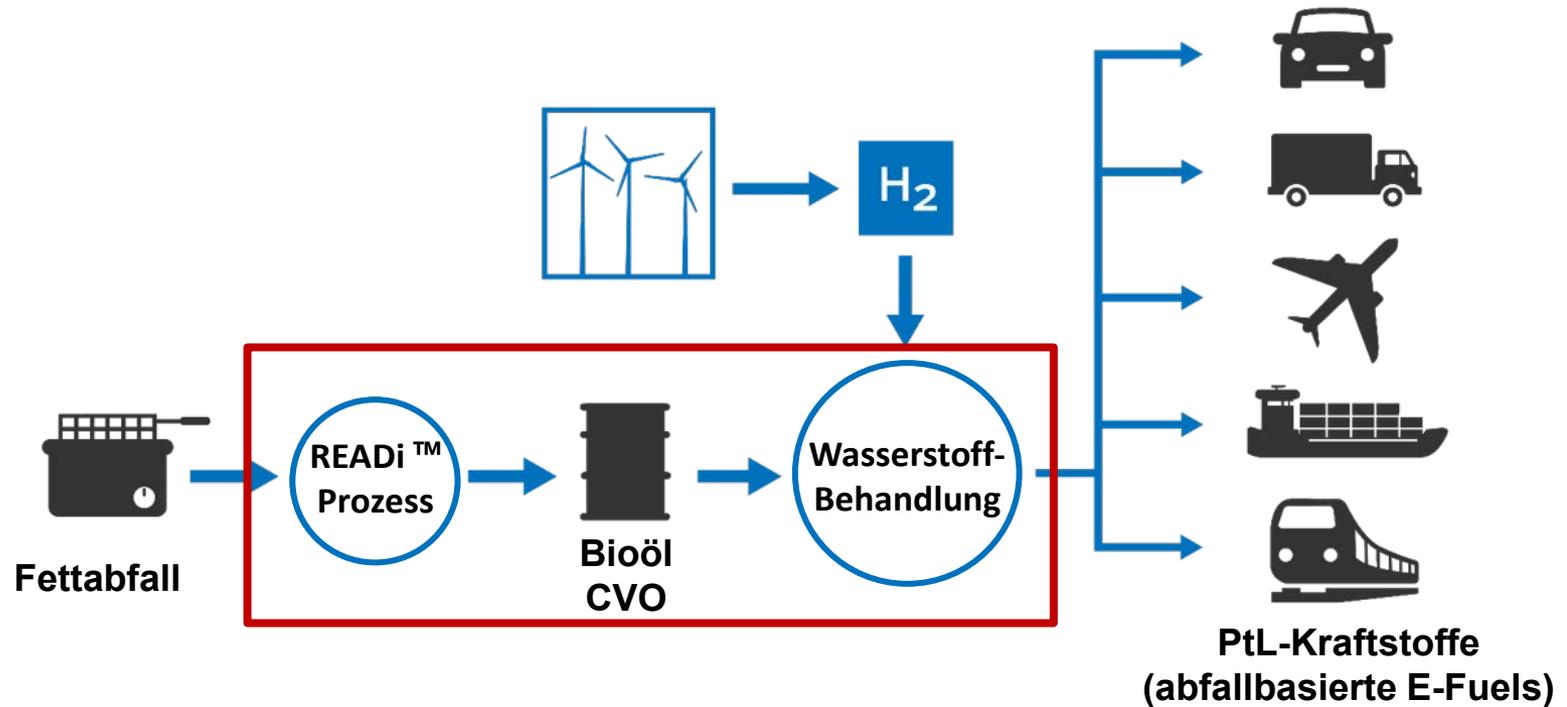
**HCVO-Diesel  
= neues HVO**

CVO = Cracked Vegetable Oil, HCVO = Hydrotreated CVO

19

# READi-PtL-Prozess: Beispiel Fettabfall-Verarbeitung: Massenbilanz und Energieanteile

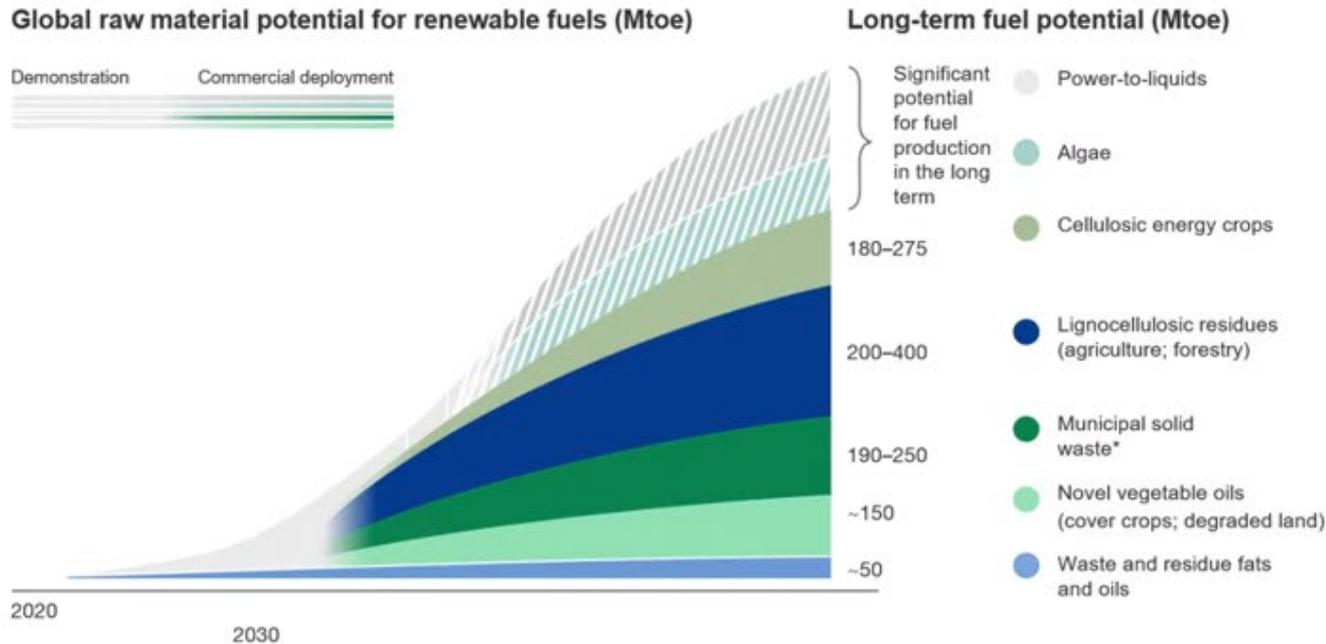
	Fettabfall	+	H <sub>2</sub>	→	HCVO	+	Kohle	+	Abgas	+	Wasser
Gew.%	100		1,3		75		4		13		9
Energie%	100		4		88		3		6		0



20

# Großes Potenzial für alternative Kraftstoffe

Neste-Erhebung: Potenzial von 1 Mrd. t/a Öläquivalent an alternativen Kraftstoffen weltweit bis 2040



Potenzial würde  
**50 %** des  
Straßenverkehrs  
bzw.  
**40 %** des  
ges. Verkehrs  
decken.

Source: Neste analysis based on WEF Clean Skies for Tomorrow and other sources. Biomass potential converted to fuel potential, using around 85% conversion efficiency (weight-based) for fats and oils and novel vegetable oils; around 25% efficiency for lignocellulosic biomass and municipal solid waste.  
\*80% organic waste, with 20% non-reusable, non-separable plastic waste

NESTE

Quelle: Vortrag von Jörg Hübeler (Neste) auf IAA Transportation 2022:  
<https://www.youtube.com/watch?v=Q300a8qk-wE>

21

# Feierliche Einweihung der READi-Pilotanlage (2 t/Woche = 100 t/Jahr) mit Politik und Presse am 02. Febr. 2023 an der HAW Hamburg



©Katharina Jeorgakopulos: Ansprachen vor der READi-Pilotanlage im Technikum der HAW Hamburg

22

# Feierliche Einweihung der READi-Pilotanlage (2 t/Woche = 100 t/Jahr) mit Politik und Presse am 02. Febr. 2023 an der HAW Hamburg



©Katharina Jeorgakopulos: Links: Katharina Fegebank (Wissenschaftssenatorin und 2. Bürgermeisterin Hamburg),  
Rechts: Oliver Grundmann (MdB und Mitglied im Umweltausschuss des Bundestages)

# Feierliche Einweihung der READi-Pilotanlage (2 t/Woche = 100 t/Jahr) mit Politik und Presse am 02. Febr. 2023 an der HAW Hamburg



©Louis Fraser: Von links nach rechts: Prof. Dr. Anika Sievers, Prof. Dr. Werner Beba, Katharina Fegebank, Oliver Grundmann, Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner, Thorsten Dunker, Prof. Dr. Martin Holle

24

# Nächste Schritte

- 2024: Optimierung Pilotanlage (100 t/a) an der HAW mit **Fettabfall** (KLIMAKRAFT1-Projekt) + Projektierung von Demoanlagen (bis 5.000 t/a) bei Kunden
- 2025: Erweiterung Pilotanlage auf **Plastikabfall** (KLIMAKRAFT2-Projekt) + Aufbau von Demoanlagen (bis 5.000 t/a) bei Kunden
- 2026: Inbetriebnahme von Demo-Anlagen + Entwicklung 10.000 t/a
- 2027: Entwicklung 50.000 t/a
- 2030: insges. > 1 Mio. t/a

Die Firma **Nexcoil** will vom nächsten Jahr an CO<sub>2</sub>-freien Diesel aus Altfett produzieren – und später auch aus Plastikmüll

VOLKER MESTER

HAMBURG: Ein Treibstoff, der nicht nur klimaneutral ist, sondern bei der Erzeugung sogar mehr CO<sub>2</sub> bindet, als er bei der Verbrennung freisetzt – das klingt gar nicht so märchenhaft. Doch das Hamburger Unternehmen Nexcoil will genau diese Idee verwirklichen. Der Ausgangsstoff ist reichlich vorhanden und zudem erneuerbar: Müll.

Schon im nächsten Jahr sollen die ersten zwei oder drei Anlagen bei Entsorgungsfirmen in Betrieb gehen und dort Abfälle in Diesel umwandeln. Entwickelt hat das Verfahren Thomas Willner, Professor für Verfahrenstechnik an der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW). „Die Idee hat ihre Wurzeln in der Ökonomie der 1970er-Jahre“, sagt er. Willner beschäftigte sich im Rahmen seiner Promotion in den frühen 1990er-Jahren damit, bevor der damalige Ölpretsverfall die entsprechenden Forschungsaktivitäten beendete.

Der Durchbruch ist uns 2019 gelungen, auch wenn uns die Reichweite das erst nicht geahnt hat.

Thomas Willner,  
Professor an der HAW

„Wir haben aber schon damals über Klimaschutz gesprochen und überlegt, wie man erneuerbare Energiequellen stärker nutzen kann“, sagt Willner. „Um das Jahr 2000 kam das Thema wieder hoch – diesmal angestoßen durch das Kreislaufwirtschaftsgesetz, das auch die Verwertung von Abfällen behandelt.“ Allerdings könne der größte Teil des Mülls nicht recycelt werden. Daher liege es nahe, ihn in einen Energieträger zu verwandeln.

Zwei versuchten international etliche Teams, ein Verfahren zu entwickeln, das aus den Abfallstoffen eine Art Bioreaktor erzeugt. In der Regel musste man aber feststellen, dass sich immer mehr Schlacke in der Anlage ansammelt und der Prozess dadurch zum Halten kommt. „Der Durchbruch ist uns 2019 gelungen, auch wenn uns die Fachwelt das zunächst nicht geglaubt hat“, so Willner. „Es kommt nicht mehr zu einer Verklumpung des Reaktors, der Prozess läuft jetzt kontinuierlich ab.“

Man müsse wohl „ein Stück weit verrückt sein, gegen die Expertenmeinung immer weiterzumachen“, sagt der Wissenschaftler. „Aber wir sind auch unseren Investoren zu großem Dank verpflichtet, dass sie an den Inflektgepläne und uns vertraut haben.“ Bisher sind dies vier Privatpersonen, darunter der Nexcoil-Mitgeschäftsführer Georg Schlögenstein. Demzeit summiert das



Professor Thomas Willner (l.) und Nexcoil-Chef Thorsten Dunker mit einem Reaktor, der aus Abfällen CO<sub>2</sub>-freien Diesel herstellt. Zunächst werden Altfette in Kraftstoff umgewandelt. FOTO: MICHAEL BALKE

## Hamburger verwandeln Abfall in Treibstoff

Unternehmen aber über eine Crowd-Investing-Runde sowie von sogenannten Business Angels weiteres Kapital ein.

Gewissermaßen im Labormaßstab funktioniert die Methode am HAW ganz nach den Wünschen von Willner. „Die Pilotanlage verfügt sehr „schmutziger“ Material“, sagt er. „Wir nutzen Meeresfett, was schon ziemlich ölig ist.“ Das von ihm entwickelte Verfahren erspare die „einem aufwendige Vorreinigung“ und sei außerdem relativ energieeffizient.

„Wir benötigen für das Endprodukt im Vergleich zu anderen Verfahren weniger als die Hälfte des grüneren Wasserstoffs aus erneuerbaren Energien, der in Zukunft heiß begehrt sein wird.“

Zwar werden die ersten kommerziellen Anlagen noch Altfette nutzen, wie sie unter anderem in großen Schlachtereien anfallen, „in der nächsten Phase wollen wir aber auch mit Kunststoffabfällen arbeiten“, sagt Willner. „Sie belasten die Meere sehr stark, das muss un-

bedingt gestoppt werden.“ Der Plastikmüll müsste nicht einmal weit transportiert werden: „Unsere Anlagen wären klein genug, um sie auf Schiffen installieren zu können. Darüber denken wir tatsächlich nach.“

Eine Anlage, die pro Jahr 1000 Tonnen Müll verarbeitet und einen niedrigen einstelligen Millionenbetrag kostet, wird derzeit entwickelt. Sie soll in mehrere Standardcontainer eingebaut werden und damit transportierbar



Auch Plastikmüll soll später zu Treibstoff werden. FOTO: STEFAN SAUBERLIN

sein. Man denkt aber auch schon an Kapazitäten von 10.000 Jahresmengen; eine solche Installation wäre dann jedoch erst in 2030.

„Wir sprechen derzeit mit sehr vielen Entsorgungsfirmen“, sagt Nexcoil-Geschäftsführer Thorsten Dunker. Die Publizisterei Firma, gewissermaßen eine Ausgründung aus der HAW, wird die Vermarktung übernehmen und führt außerdem die Patente, von denen einige bereits erteilt worden sind. „Für die Fertigung der Anlagen verhandeln wir mit einem Unternehmen aus der Metropolregion“, so Dunker. Zwar kann man mit dem Verfahren im Prinzip alle möglichen Erdölbestandteile produzieren. Nexcoil hat sich nach den Werten des Geschäftsführers aber festgelegt: „In der ersten Phase wird Diesel erarrang, denn der Bedarf dafür wird auch mittelfristig noch hoch bleiben.“ Später könnten Grundstoffe für die chemische Industrie hinzukommen.

Es entstehen nur kleine Mengen an Abwasser

Außer dem „Biorohöl“, das dann zum gewünschten Endprodukt weiterverarbeitet wird, entstehen nach Angaben von Willner bei dem Prozess nur kleine Mengen an Abwasser, das für eine Biogasanlage genutzt werden könnte, was eine Feststoffreste, der als Dünger verwertbar sei. „Der gewonnene Treibstoff hat 88 Prozent des Energiegehalts, den das Erdgasmaterial aufweist“, sagt Willner. Damit schlage man mit dem künstlichen Kraftstoff im Hinblick auf die Energieeffizienz locker den batterieelektrischen Antrieb. „Auf Basis eines Verbrauchs von fünf Liter Diesel auf 100 Kilometer könnten wir auf fünf Kilowattstunden für die 100 Kilometer Fahrtrecke, ein Elektroauto benötigt drei bis fünfmal mehr Energie.“

Laut Nexcoil liegen von interessierten Entsorgungsfirmen bisher Absichtserklärungen mit einem Umsatzpotenzial von 80 Millionen Euro vor, der europaweite Markt für Anlagen dieser Art werde aber auf ein Volumen von etwa 30 Millionen Euro geschätzt.

Um diesen Markt bearbeiten zu können, wird die Firma deutlich wachsen müssen. Aktuell hat Nexcoil erst fünf Beschäftigte, kann kommen zehn bis 15 Personen aus Willners Forschungsgruppe. Dunker plant schon den Hochlauf: „Im Jahr 2023 sollen es 40 bis 50 Mitarbeiter sein.“

## Fazit:

### Neues Herstellungsverfahren für HVO: READi-PtL-Prozess:

#### Vorteile gegenüber konventionellen HVO-Verfahren am Markt:

- **Robust: Eignung für verunreinigte Rohstoffe**
- **Flexibel: Eignung für viele Rohstoffklassen (z. B. Fette/Öle/Fettsäuren, Pyrolyseöle, Plastikabfälle u.a.)**
- **H<sub>2</sub>-Bedarf halbiert**
- **Dezentral wirtschaftlich**
- **Auch der nicht-hydrierte Kraftstoff CVO als Blend bis 40 % (R40) normgerecht nach EN 590**

CVO = Cracked Vegetable Oil

26

**Vielen Dank!**



Prof. Dr.-Ing. Thomas Willner: [thomas.willner@haw-hamburg.de](mailto:thomas.willner@haw-hamburg.de)

Prof. Dr. Anika Sievers: [anika.sievers@haw-hamburg.de](mailto:anika.sievers@haw-hamburg.de)

READi-PtL-Projekt: <https://www.haw-hamburg.de/forschung/forschungsprojekte-detail/project/project/show/readi-ptl/>

NEXXOIL GmbH: <https://nexxoil.com/>

27