



WE CARE FOR CLIMATE

Abschlussbericht



Investition in eine innovative Anlagentechnologie
zum erstmaligen Recycling von Schweröl zu Basisöl,
Heizöl und Petrolkoks

PURALUBE GmbH | Hauptstraße 30 | 06729 Elsteraue



Inhaltsverzeichnis

Berichts-Kennblatt	2
Report Coversheet	3
1 Einleitung	4
1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens	4
1.2 Ausgangssituation.....	4
1.3 Ziel des Vorhabens	5
1.4 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung.....	9
1.5 Umsetzung des Vorhabens	10
1.6 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen).....	10
1.7 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten.....	11
2 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	11
2.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung	11
2.2 Stoff- und Energiebilanz	11
2.3 Umweltbilanz	11
2.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse	12
2.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren.....	13
3 Übertragbarkeit	13
3.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung	13
3.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit	14
4 Zusammenfassung/Summary	15
4.1 Zusammenfassung	15
4.2 Summary	16
5 Literatur	17
A Anhang	18
A.1 Massebilanzen der Testläufe	18

BMU-UMWELTINNOVATIONSPROGRAMM

Zusammenfassung

Abschlussbericht zum Vorhaben

„Investition in eine innovative Anlagentechnologie zum erstmaligen
Recycling von Schweröl zu Basisöl, Heizöl und Petrolkoks“

Zuwendungsempfänger

PURALUBE GmbH

Umweltbereich

Ressourceneffizienz und Energieeinsparung

Laufzeit des Vorhabens

18.02.2020–30.04.2020

Autor

Andreas Schüppel (CEO)

Datum der Erstellung

31.10.2020

Gefördert mit Mitteln des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit.



Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen des UBA:	Projekt-Nr.: NKa3 - 003394
Titel des Vorhabens: „Investition in eine innovative Anlagentechnologie zum erstmaligen Recycling von Schweröl zu Basisöl, Heizöl und Petrolkoks“	
Autoren: Schüppel, Andreas	Vorhabenbeginn: 18.02.2020
	Vorhabenende: 30.04.2020
Zuwendungsempfänger: PURALUBE GmbH Hauptstraße 30 06729 Elsteraue OT Altröglitz	Veröffentlichungsdatum: 31.10.2020
	Seitenzahl: 18
Gefördert im BMU-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit.	
Kurzfassung: Als erstes Unternehmen in der Branche ist es der PURALUBE GmbH gelungen, umweltschädliches Schweröl in nahezu schwefelfreies Basisöl, Leichtes Heizöl und Petrolkoks im sogenannten HyRes™-Verfahren aufzubereiten. Diese Technologie ermöglicht es, Schweröl mit hohen Schwefelgehalten nicht mehr thermisch verwerten zu müssen, sondern dieses recyceln zu können, wodurch sich kumuliert jährlich nahezu 27.000 Tonnen CO ₂ -Äquivalente pro Anlage einsparen lassen. Zudem wird durch dieses Verfahren ein wesentlicher Beitrag zum Abbau der immensen Überbestände von Schweröl geleistet, nachdem dieses im Zuge der Verschärfung der Emissionsrichtlinien in der Schifffahrt aufgrund dessen hohen Schwefelgehalts als Brennstoff nicht mehr uneingeschränkt verwendet werden darf.	
Schlagwörter: Schweröl – Recycling – Raffinerieanlage – Ressourceneffizienz	
Anzahl der gelieferten Berichte:	Sonstige Medien:
Papierform:	Veröffentlichung im Internet geplant auf
Elektronischer Datenträger:	der Webseite: www.puraglobe.de



Report Coversheet

Reference-No. Federal Environmental Agency:	Project-No.: NKa3 - 003394
Report Title: „Investment in an innovative plant technology for the first-time recycling of heavy oil to base oil, light heating oil, and petroleum coke“	
Author: Schüppel, Andreas	Start of project: 18/02/2020
	End of project: 30/04/2020
Performing Organisation: PURALUBE GmbH Hauptstraße 30 06729 Elsteraue OT Altröglitz	Publication Date: 31/10/2020
	No. of Pages: 18
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Building and Nuclear Safety.	
Summary: As the first company in the industry, PURALUBE GmbH has succeeded in converting environmentally harmful heavy fuel oil into sulfur-free base oil, light heating oil, and petrol coke using the so-called HyRes™ process. This technology makes it possible to recycle heavy fuel oil with a high sulfur content instead of using it thermally, which saves up to 27,000 tons of CO ₂ equivalents per plant annually. In addition, this process makes a significant contribution to reducing the immense surplus of heavy fuel oil, which can no longer be used as a fuel without restrictions due to its high sulfur content as a result of the tightening of emission guidelines in shipping.	
Keywords: Heavy Oil – Recycling – Refinery Plant – Resource Efficiency	



1 Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens

Die PURALUBE GmbH (nachfolgend Puralube) ist die deutsche Tochter der in Wayne, Pennsylvania (USA), ansässigen Puralube Inc. und betreibt als Teil der PURAGLOBE Holding im Industriepark Zeitz in Sachsen-Anhalt mehrere Raffinerieanlagen zur Aufbereitung von Gebrauchttöl zu hochwertigem Basisöl nach dem innovativen HyLube™-Verfahren. Mit einem Gesamtdurchsatz von über 150.000 Tonnen pro Jahr werden seit Mitte 2004 u. a. hochqualitative Basisöle aus Gebrauchttöl hergestellt. Am Standort arbeiten heute rund 130 Mitarbeiter in Produktion, Qualitätssicherung, Vertrieb und Administration.

1.2 Ausgangssituation

Schweröl ist ein hoch viskoses Öl, welches in Raffinerieprozessen aus Erdöl bzw. Erdölhaltigen Ausgangsstoffen als Koppelprodukt anfällt. Gebräuchliche Bezeichnungen für diesen Brennstoff sind Marinedieselöl (*engl.* Marine Fuel Oil), marines Rückstandsöl und Bunkeröl. Schweröl enthält vorwiegend schwere Moleküle wie längerkettige Alkane und Alkene, Cycloalkane und diverse aromatische Kohlenwasserstoffe. Hinzu kommen diverse Stickstoff- und Schwefelverbindungen und Metalle wie Nickel, Vanadium, Natrium und Calcium. Der Schwefelgehalt beträgt bis zu 4,5 Prozent des Gewichts.

Um den Raffinerierückstand Schweröl zu entsorgen, wird dieser in diversen Bereichen thermisch verwertet, insbesondere in der Schifffahrt, wo Schweröl rund 70 Prozent des weltweit verwendeten Schiffstreibstoffs ausmacht. Neben der Verwendung als Brennstoff besteht eine weitere Verwendungsmöglichkeit in Form von Fluxöl in der Asphaltindustrie. Alle derzeit verfügbaren Verwertungsformen haben jedoch gemein, dass sich negative Folgen für die Umwelt aufgrund des immensen Schadstoffgehalts des Schweröls ergeben. Insbesondere der hohe Schwefelgehalt führt zu hohen Schwefeldioxid-Emissionen bei der Verbrennung.

In vielen Häfen und manchen Seegebieten, v. a. in Nordeuropa gelten mittlerweile für Schwefeldioxid strenge Emissionsvorschriften. Bei Schiffen (z. B. Öltankern, Transportschiffen, Kreuzfahrtschiffen etc.) erfolgt jedoch aus Kostengründen bisher in aller Regel keine Entschwefelung der Abgase. Viele Schiffe verfügen deshalb über einen separaten kleineren Tank für schwefelarmen Schiffsdiesel, der in den Häfen und in entsprechenden Gebieten eingesetzt wird. Auf hoher See wird jedoch weiterhin das stark schwefelhaltige Schweröl verwendet.

Ab 2020 dürfen Schiffe gemäß einer Verordnung der internationalen Schifffahrtsorganisation IMO nur noch Treibstoff mit einem Schwefelgehalt von 0,5 Prozent statt bisher 3,5 Prozent

verbrennen oder müssen alternativ die Abgase vom Schwefel reinigen, woraus sich erhebliche Investitionsanforderungen in Milliardenhöhe ergeben.¹ Insbesondere führt dies zu einem signifikanten Preisanstieg für Schiffsdiesel und zu immensen Überkapazitäten von Schweröl, für deren umweltfreundliche Bewältigung zum aktuellen Stand keine kurzfristig umsetzbare sowie technisch und wirtschaftlich sinnvolle Lösung existiert.² Der Aufbau von Verwertungskapazitäten in Raffinerien nimmt Jahre in Anspruch und geht mit immensen Investitionskosten einher, sodass von vonseiten der Rohölkonzerne in absehbarer Zeit keine tragfähigen Lösungen zu erwarten sind. Diese seit Beginn des Jahres 2020 aufkommende Entsorgungsproblematik möchte Puralube richtungsweisend angehen und mittels einer weltweit einzigartigen Anlagentechnologie Schweröl in Basisöl sowie leichte Heizölfraktionen und Petrolkoks aufbereiten. Nachfolgend wird die technische Funktionsweise des Verfahrens erläutert.

1.3 Ziel des Vorhabens

Nachfolgende Abbildung 1 zeigt die Anlage am Standort Elsteraue.



Abbildung 1: HyRes™-Anlage am Standort Elsteraue

¹ Quelle: <http://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Sulphur-2020.aspx>; abgerufen am 16.02.2018

² Quelle: <http://www.chemie.de/news/164900/strenge-umwelt-grenzwerte-fordern-schifffahrt-und-raffinerien-heraus.html>; abgerufen am 24.01.2018

Dabei sind die beiden Drehrohröfen in der Mitte des Fotos deutlich zu erkennen – die zentralen Komponenten der Anlage. In diesen Drehrohröfen erfolgt die Umwandlung von Schweröl zu Komponenten, die in weiteren Prozessschritten zu Naphtha, leichten Heizölfraktionen und Basisöl verarbeitet werden sowie Pyrolysekoks und Gas, das wiederum zur Erzeugung der notwendigen Prozesswärme erneut dem Ofen zugeführt wird. Abbildung 2 stellt den Aufbereitungsprozess schematisch dar. Der Prozess läuft dabei wie folgt ab: Zunächst wird dem Drehrohröfen über einen Feedverteiler, bestehend aus mehreren mit Bohrungen und Sprühdüsen versehenen Lanzen, Schweröl mit einem Schwefelanteil von mehr als 0,5 Prozent zugeführt. Dabei wird dieses zerstäubt, um im Ofen einen konstanten Nebel zu erzeugen. Durch die kontinuierliche Rotation des Drehrohröfens um seine Längsachse, eine Temperatur von 435 °C sowie einer definierten Menge an Schweröl erfolgt im Inneren des Ofens die notwendigen chemischen Reaktionen, um letztlich das thermische Cracken des Schweröls in kurzkettinge Kohlenwasserstoffe zu realisieren. Der dabei entstehende Petrolkoks lagert sich an der Innenwand des Ofens ab, die anderen Reaktionsstoffe wie u. a. Naphtha- und Basisöl-Moleküle können dem Prozess entnommen und in weiteren Aufbereitungsschritten in separaten Anlagen am Standort weiterbearbeitet und veredelt werden. Das entstehende Gas wird aufgefangen, aufbereitet und zur Erzeugung bzw. Aufrechterhaltung der notwendigen Temperatur innerhalb des Ofens verwendet.

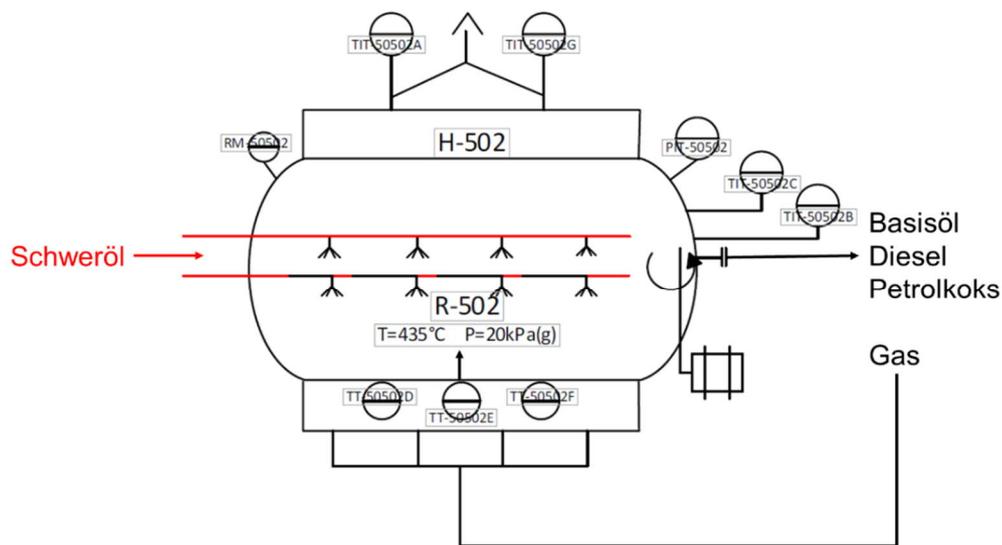


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Drehrohröfens

Die Gesamtanlage besteht dabei aus insgesamt zwei miteinander verbundenen Drehrohröfen, um einen kontinuierlichen Aufbereitungsprozess zu gewährleisten. Dabei ist jeder einzelne Ofen jeweils rollierend entweder in Vorbereitung, in Betrieb oder wird gereinigt, um den an der Innenwand abgelagerten Koks zu entfernen. Dadurch kann eine Gesamtverfügbarkeit von

100 Prozent erreicht werden, um so die kontinuierlich anfallenden Mengen an Schweröl aufbereiten zu können, die als Abfallprodukt eines der Anlage vorgeschalteten Raffinerieprozesses zum Recycling von Altöl entstehen. Wichtig ist hierbei zu betonen, dass die in dieser Projektskizze vorgestellte Anlagentechnologie auf keine spezifische Schwerölaufuhr angewiesen ist, sondern überall dort betrieben werden kann, wo Schweröl gelagert wird oder als Abfallprodukt in Raffinerieprozessen entsteht. Der gesamte HyRes™-Prozess wird nachfolgend übersichtlich als Process-Flow-Diagramm dargestellt.

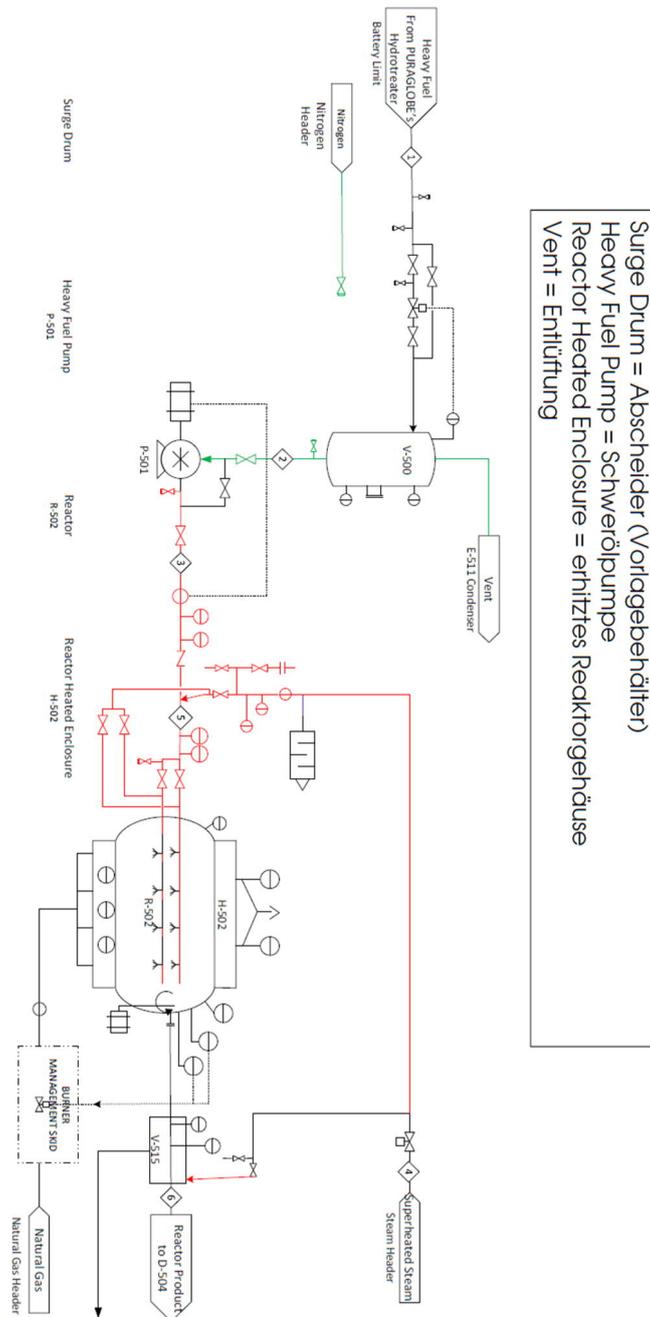


Abbildung 3: Process-Flow-Diagramm 1/2

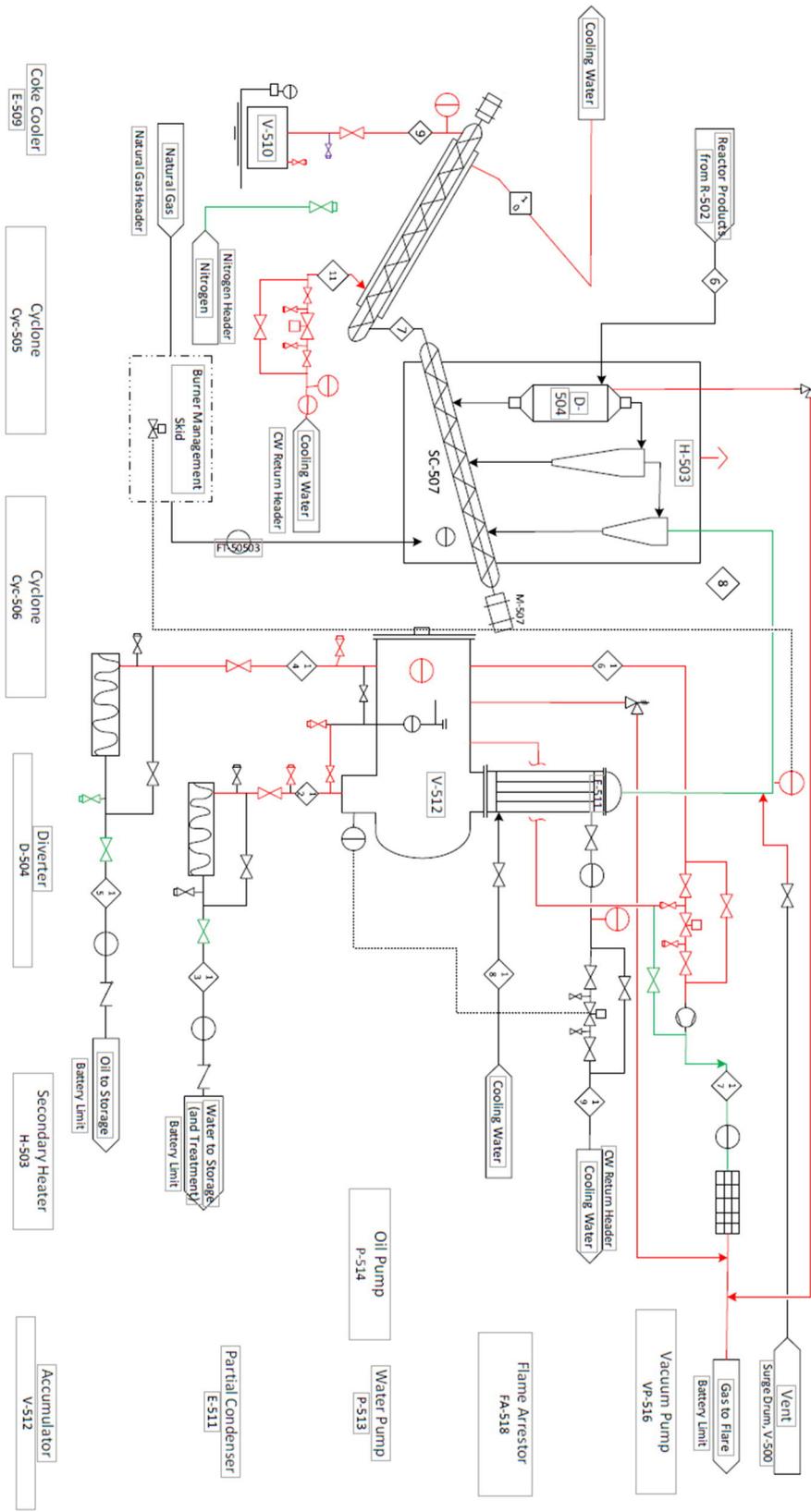


Abbildung 4: Process Flow Diagramm 2/2



Die erzeugten Zwischenprodukte, die nach dem Durchlaufen des Drehrohrofens der separaten HyLube®-Anlage zur weiteren Aufbereitung zugeführt werden, unterliegen sehr strengen Qualitätskontrollen. Das Unternehmen kann dadurch ausschließen, dass sich unerwünschte Bestandteile in den Produkten befinden. Gewährleistet wird dies durch einen dreimaligen Austausch der Katalysatoren pro Jahr (ca. 30 Tonnen pro Anlage), um die volle Reaktivität, die durch Monitoring-Ingenieure auf Tagesbasis überwacht werden, sicherzustellen. Es werden keine Produkte – abgesehen von der In- und Außerbetriebnahme der Anlagen – ausgeschleust, bevor die Produkte ihre volle Spezifikation hinsichtlich der vorgegebenen Qualitäten erreicht haben. Der Versuch eines Nachweises von Aromaten im Grimmer-Institut erbrachte zudem das Ergebnis, dass keinerlei Grimmer-Aromaten mehr nachweisbar sind. Das bedeutet, dass die erzeugten Öle der Reinheit von technischen Weißölen entsprechen.

1.4 Auslegung und Leistungsdaten der technischen Lösung

Die mit diesem Vorhaben erzielten Umweltentlastungen resultieren daraus, dass täglich durchschnittlich 60 Tonnen Schweröl zu hochwertigen leichten Heizölfractionen, Basisöl und Petrolkoks recycelt werden können, wie in nachfolgender Tabelle ersichtlich ist:

Eingangs-/Ausgangsmaterial/	Menge pro Jahr (Ist)	Menge pro Jahr (Plan)	CO ₂ -Äquivalent pro Tonne (Ist) ³	CO ₂ -Äquivalent pro Jahr (Ist)
+ Schweröl	20.000 t	20.000 t	3,196 t CO ₂ /t	63.920 t
Basisöl	6.400 t	3.900 t	<i>Stoffliche Nutzung.</i>	
- Heizöl	2.400 t	5.200 t	3,157 t CO ₂ /t	7.577 t
- Naphtha ⁴	3.400 t	3.900 t	3,262 t CO ₂ /t	11.091 t
- Petrolkoks	1.800 t	2.000 t	3,190 t CO ₂ /t	5.742 t
- Erdgas	57.600 MWh/ 207.360 GJ	59.570 MWh/ 214.452 GJ	0,056 t CO ₂ /GJ	11.612
- Dampf	2.000 t	396 t	~0,50 t CO ₂ /t ⁵	1.000 t
=				26.898t

Tabelle 1: Umweltbilanz des Vorhabens

³ Quelle: Daten aus dem Emissionshandel, zu finden unter https://www.dehst.de/DE/Strompreiskompensation/AntragStellen/antrag-stellen_node.html; Abschnitt D Hilfestellungen, PDF-Formular zur Emissionserfassung. Herangezogen für alle Werte außer Dampf (s. Fußnote 5).

⁴ Das erzeugte Naphtha wird aktuell an Händler verkauft. Derzeit läuft jedoch ein Projekt im Unternehmen, mit dem Ziel die Aufbereitung von Naphtha zu Ethylen zu ermöglichen.

⁵ Quelle: Abschätzung auf Basis eigener Berechnungen



Aus der Eingangsmenge von jährlich 20.000 Tonnen Schweröl entstehen 6.400 Tonnen Basisöl, 3.400 Tonnen Naphtha, 2.400 Tonnen leichtes Heizöl, 1.800 Tonnen Petrolkoks sowie 6.000 Tonnen Gas, das im Prozess zur Erzeugung der notwendigen Wärme genutzt werden kann (Spalte „Menge pro Jahr (Ist)“). Die Umweltbilanz in nachfolgendem Abschnitt 2.3 zeigt die erreichten Umweltentlastungen, die darauf basieren, dass pro Tonne Schweröl nun 320 kg Basisöl hergestellt werden können, welches nicht mehr thermisch verwertet werden muss, sondern theoretisch unbegrenzt recycelt werden kann und somit als umweltneutral zu betrachten ist. In der Spalte „Menge pro Jahr (Soll)“ ist der Output der zu Entwicklungszwecken am Standort betriebenen Pilotanlage dargestellt, die vor dem Bau der neuen Anlage demontiert wurde.

1.5 Umsetzung des Vorhabens

Zunächst wurde die zu Prozessentwicklungszwecken am Standort betriebene Pilotanlage demontiert. Die Montage der neuen Anlage erfolgte im Anschluss ohne nennenswerte Probleme, ebenso wie die kalte Inbetriebnahme. In der darauffolgenden heißen Inbetriebnahme kam es insbesondere in Bezug auf den Koksaustrag und auf die Abdichtungen zwischen dem rotierenden und dem stehenden Teil zu technischen Problemen und Verzögerungen und damit noch nicht zu einer vollen Betriebsbereitschaft der Anlage. Diese Probleme beruhten auf der Schwierigkeit der ausreichenden Separation der Kokspartikel im Gasstrom. Dies wurde bereits beim Betrieb der Pilotanlage festgestellt und konnte durch veränderte Reaktoreinbauten gelöst werden. Die Konsistenz des Koks ist nun pulverförmig, wodurch der Austrag einfacher zu realisieren ist als bei der bislang granulatförmigen Konsistenz. Demzufolge kommt es wiederholt zu Umbaumaßnahmen, die der Erhöhung der Effizienz des Dichtungssystems gelten.

Wegen der sehr langen Lieferzeiten bedingt durch Covid-19 kommt es immer wieder zu längeren Ausfallzeiten. Die Probleme in Bezug auf den Koksaustrag sind technisch mittlerweile gelöst. Für die Lösung zu den Dichtungen gibt es ein Konzept, welches im Juli und August 2020 umgesetzt wurde. Daran anschließend erfolgte die finale Inbetriebnahme. In den Phasen der Anlagenruns während der heißen Inbetriebnahmephase erfüllte bzw. übererfüllte die Anlage die Erwartungen in Bezug auf die Ausbeute. Die Anlage ist seit Ende Oktober 2020 im kontinuierlichen Betrieb.

1.6 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Die zum Betrieb der Anlage notwendige Genehmigung (BImSchG) liegt seit 02.04.2014 vor.



1.7 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Die Betriebsdaten werden über ein installiertes Prozessleitsystem erfasst. Alle entsprechenden Messpunkte werden in Datenbanken geschrieben und können bereits zum Teil online ausgewertet werden. Die Aufarbeitung der Daten erfolgt durch zuständige Ingenieure im Tagdienst in Verbindung mit der Auswertung der während des Betriebes der Anlage gezogenen Produktproben. Somit lässt sich die Effizienz der Anlage in Form von Durchsatz, Ausbeuten und Energieverbräuche sehr gut ermitteln. Die Daten werden dafür verwendet, den Betrieb der Anlage zu optimieren.

2 Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

2.1 Bewertung der Vorhabensdurchführung

Wie bereits dargestellt, konnte das Vorhaben erfolgreich durchgeführt werden. Derzeit erfolgen weitere Prozessoptimierungen, mit dem Ziel, die Qualität des Aufbereitungsprozesses noch weiter zu erhöhen. Die Bereitstellung der Daten ist sehr wichtig zur wirtschaftlichen Bewertung von Fahrweisen und zur Herbeiführung von betriebswirtschaftlichen Entscheidungsgrundlagen für die Erweiterung der Anlagenteile durch den Zubau weiterer Drehrohrreaktoren.

2.2 Stoff- und Energiebilanz

Im Anhang befinden sich Massenbilanzen der Testläufe im Zeitraum von 01.09.2020 bis 04.09.2020, in denen die Anlage insgesamt 61 Stunden in Betrieb war. Die Anlage besteht aus zwei Drehrohröfen, die als HyRes_1 und HyRes_2 bezeichnet sind. HyRes_2 war im Versuchszeitraum inaktiv, da an diesem Ofen zu diesem Zeitpunkt Umbauten vorgenommen wurden. Die Flüssigkeitsausbeute (Spalte „Produktausbeuten/Oil“ unter HyRes_1) des Verfahrens liegt im Mittel bei 62 Prozent. Eine Analyse der diesen Daten zugrundeliegenden Siedekurven zeigt, dass sich diese 62 Prozent zu ca. 24 Prozent auf Naphtha, zu 20 Prozent auf leichte Heizölfraktionen, zu sechs Prozent auf Prozessgas zur Energiegewinnung sowie zu 50 Prozent auf Basisöl aufteilen. Diese Aufteilung wurde der Amortisationsbetrachtung in Abschnitt 2.4 zugrunde gelegt.

2.3 Umweltbilanz

Die angestrebten Umweltentlastungen resultieren daraus, dass täglich im Mittel 60 Tonnen Schweröl zu hochwertigem Naphtha, leichten Heizölfraktionen, Basisöl und Petrolkoks recycelt werden können. Dies entspricht einer Eingangsmenge von jährlich 20.000 Tonnen. Daraus entstehen 6.400 Tonnen Basisöl (32 Prozent), 3.400 Tonnen Naphtha (17 Prozent), 2.400 Tonnen leichte Heizölfraktionen (12 Prozent), 1.600 Tonnen Petrolkoks (9 Prozent) sowie



6.000 Tonnen Gas (30 Prozent), das im Prozess zur Erzeugung der notwendigen Wärme genutzt werden kann.

Insgesamt können durch das neue HyRes™-Verfahren jährlich nahezu 30.000 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden (Tabelle 1). Dieser Wert ergibt sich durch das eingesparte Schweröl (in der Tabelle grün dargestellt), das nun nicht mehr verbrannt werden muss, abzüglich der thermischen Verwertung der entstehenden Nebenprodukte sowie notwendigen Hilfsstoffe Erdgas und Dampf (rot dargestellt). Diese Werte konnten in ausführlichen Tests im Zeitraum 01.09.2020 bis 04.09.2020 verifiziert werden.

2.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Wirtschaftlichkeit der Anlage ergibt sich im Wesentlichen aus den Marktpreisen von einerseits Schweröl als Eingangsprodukt und andererseits Basisöl, Petrolkoks, Naphtha und leichte Heizölfraktionen als verkaufsfähige Ausgangsprodukte. Nachfolgende Tabelle 2 zeigt die wirtschaftlichen Basisdaten des Vorhabens zum Zeitpunkt der Erstellung des Abschlussberichts. Diese Preise ergeben sich aus dem Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage und sind daher starken Schwankungen unterworfen, woraus sich zusätzliche wirtschaftliche Risiken ergeben. Das Basisöl entspricht entgegen der ursprünglichen Annahme auf Basis der Vorversuche dabei eher einer leichten Fraktion, die für Industrieanwendungen verwendet wird, was jedoch mit Preisabschlägen von 30 bis 50 EUR/t aufgrund der geringen Größe dieses Marktes einhergeht.

Kategorie	Ist-Werte
<i>Basisdaten</i>	
Investitionssumme, gesamt [TEUR]	7.000,00
Anlagenleistung [t p. a.]	20.000
<i>Marktpreise</i>	
Schweröl (Einkaufspreis) [EUR/t]	165,00
Basisöl (Verkaufspreis) [EUR/t]	620,00
Petrolkoks (Verkaufspreis) [EUR/t]	100,00
Leichtes Heizöl (Verkaufspreis) [EUR/t]	326,00
Naphtha (Verkaufspreis) [EUR/t]	124,00
<i>Produktausbeuten</i>	
Basisöl [%]	32
Leichte Heizölfraktionen [%]	12
Petrolkoks [%]	9
Gas [%]	30
Naphtha [%]	17



<i>Umsätze</i>	
Basisöl [TEUR]	3.970,60
Leichte Heizölfraktionen [TEUR]	769,00
Petrolkoks (TEUR)	180,00
Off Gas (TEUR)	552,60
Naphtha [TEUR]	223,30
<i>Kosten</i>	
Schweröl [TEUR p. a.]	-3.307,40
Betriebskosten [TEUR p. a.]	-600,00
Instandhaltungskosten [TEUR p. a.]	-150,00
Zinsen (5 %) [TEUR p. a.]	-350,00
Abschreibungen (10 Jahre) [TEUR p. a.]	-700,00

Tabelle 2: Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Aus einer Tonne Schweröl wird rund 90 kg Petrolkoks, 120 kg leichte Heizölfraktionen, 170 kg Naphtha sowie 320 kg Basisöl produziert. Damit ergeben sich, bei Verwendung der in obiger Tabelle dargestellten Werte und bezogen auf einen jährlichen Input von 20.000 Tonnen Schweröl, ein Umsatz von 5.595 TEUR bei 3.307 TEUR Materialkosten für Schweröl. Jede verarbeitete Tonne Schweröl verursacht 30 EUR Betriebskosten, wodurch sich jährliche Kosten von 600 TEUR ergeben. Unter Berücksichtigung von Kapitalkosten von 5 Prozent p. a. (350 TEUR), einer linearen Abschreibung über zehn Jahre (700 TEUR p. a.⁶) sowie Instandhaltungskosten von jährlich 150 TEUR ergibt sich ein jährlicher EBT von 588,0 TEUR.

2.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Puralube ist das erste Unternehmen, das mittels einer weltweit einzigartigen Anlagentechnologie Schweröl in Basisöl sowie leichten Heizölfraktionen und Petrolkoks aufbereitet und damit eine sinnvolle und ressourcenschonende Bewältigung zu den bestehenden immensen Überkapazitäten bietet. Das konventionelle Verfahren zur Nutzung von Schweröl bestand bislang darin, dieses insbesondere in der Schifffahrt thermisch zu verwerten.

3 Übertragbarkeit

3.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Inbetriebnahme war gekennzeichnet von Störeinflüssen, welche teilweise erwartet, teilweise aber unerwartet waren. Das ist bei Erstinbetriebnahmen von Chemieanlagen völlig

⁶ Die Gesamtkosten des Vorhabens erhöhten sich von geplanten 5 Mio. EUR auf insgesamt 7 Mio. EUR. Kostensteigerungen sind bei Projekten dieser Größenordnung üblich.



normal. Teilweise mussten Modifikationen vorgenommen werden, um Schwachstellen zu beseitigen. Die dazu benötigten Ausrüstungsteile wurden in Zusammenarbeit mit Spezialfirmen beschafft und eingebaut.

3.2 Modellcharakter und Übertragbarkeit

Das HyRes™-Verfahren ist weltweit einzigartig und kommt erstmals in Deutschland großtechnisch zur Anwendung. Bislang ist es außer Puralube keinem weiteren Unternehmen aus der Petrochemie Branche gelungen, Schweröl zu hochwertigem Naphtha, leichten Heizölfraktionen, Basisöl und Petrolkoks aus Rückständen aus der Altölaufbereitung aufzubereiten. Durch diese einzigartige Anlagentechnologie ist es dem Unternehmen möglich, einen immensen Beitrag zum Umweltschutz und der Schonung von Primärrohstoffen zu leisten. Nachfolgend werden die wesentlichen Aspekte der Anlagenkonzepts, die den Modellcharakter des Vorhabens verdeutlichen, skizziert.

Hocheffiziente Entschwefelungstechnik. Durch das neue Verfahren ist es möglich, den Schwefelgehalt des Schweröls von bis zu 35.000 ppm (bezogen auf das Eingangsprodukt) auf unter 10 ppm im Basisöl (bezogen auf das Endprodukt) zu senken. Die abgespaltenen Schwefelmoleküle werden dabei mittels Hightech-Katalysatoren zunächst zu Sulfit und – durch die Zugabe von Sauerstoff über eine Merox-Unit – zu Sulfat umgewandelt, das wiederum in einer biologischen Aufbereitungsanlage aufgearbeitet wird. Der entstehende Abwasserstrom wird, unter Einhaltung sämtlicher Umweltauflagen, so gereinigt und aufbereitet, dass er in ein fließendes Gewässer eingeleitet werden kann.

Inhärente Erzeugung der notwendigen Prozesswärme. Ein weiterer Innovationsaspekt des HyRes™-Verfahrens besteht in der Erzeugung der für den Ablauf des Prozesses notwendigen Wärme. Durch das dabei entstehende Gas ist es möglich, 90 Prozent der Wärme selbst zu erzeugen. Lediglich 10 Prozent muss in Form von Erdgas und Dampf extern zugeführt werden, um die notwendige Betriebstemperatur zu erreichen. Die Anlaufphase von Umgebungsbis Betriebstemperatur wird innerhalb eines halben Tags erreicht. Diese Innovationen ermöglichen es nach Abschluss der Optimierungsphase, die gesamte Anlage mit lediglich 19 MWh Erdgas und 1,2 t Dampf pro Tag zu betreiben.

Effiziente Trennung von Schwermetallen. Die im Schweröl enthaltenen Schwermetalle konzentrieren sich im HyRes™-Verfahren im dabei entstehenden Petrolkoks. Dies wird messtechnisch erfasst; die weiteren Zwischenprodukte sind vollständig frei von Schwermetallen, wie in Laboruntersuchungen nachgewiesen wurde. Der Petrolkoks wird an Stahlwerke (Hochöfen) verkauft, wo es zur Energiegewinnung genutzt wird. Die Schwermetalle gehen dabei in die produzierten Metalle über. Ökologisch zielführender wäre es jedoch, sämtliche Schwermetalle zu extrahieren, um diese ihrer ursprünglichen Verwendung zuzuführen, beispielsweise



in Form von Additiven in Schmierölen. Hierzu läuft derzeit ein weiteres Forschungsvorhaben, das mit dem in diesem Rahmen vorgestellten Projekt jedoch nicht zusammenhängt.

Die Übertragbarkeit lässt sich zum aktuellen Zeitpunkt aus zwei Blickwinkeln betrachten. Zum einen plant Puralube nach Abklingen der Covid-19-Krise weitere Anlagen an strategisch wichtigen Standorten (z. B. in der Nähe von Raffinerien, Hochseehäfen, großen Tanklager etc.) zu errichten und zu betreiben, um das vorhandene Marktpotenzial zu nutzen und einen positiven Beitrag zur bestehenden Entsorgungsproblematik von Schweröl zu leisten. Zum anderen wäre eine Kooperation mit anderen Unternehmen der Branche bzw. eine Vergabe von Franchiselizenzen denkbar. Auf dem deutschen sowie auf dem gesamten Weltmarkt existieren zahlreiche Unternehmen, die für eine Übertragung der Technik in Frage kommen würden, insbesondere große Mineralölkonzerne wie ExxonMobil, Royal Dutch Shell, BP oder Chevron, die aufgrund ihrer Tätigkeit über signifikante Mengen an Schweröl verfügen. Die Kooperationsmöglichkeiten werden derzeit geprüft.

4 Zusammenfassung/Summary

4.1 Zusammenfassung

Einleitung

Der PURALUBE GmbH ist es als erstes Unternehmen in der Branche gelungen, umweltschädliches Schweröl in nahezu schwefelfreies Basisöl, Heizöl und Petrolkoks im sogenannten Hy-Res™-Verfahren aufzubereiten. Diese Technologie ermöglicht es, Schweröl mit hohen Schwefelgehalten nicht länger thermisch verwerten zu müssen, sondern dieses recyceln zu können. Zudem wird durch dieses Verfahren ein wesentlicher Beitrag zum Abbau der immensen Überbestände von Schweröl geleistet, nachdem dieses im Zuge der Verschärfung der Emissionsrichtlinien in der Schifffahrt aufgrund dessen hohen Schwefelgehalts als Brennstoff nicht mehr uneingeschränkt verwendet werden darf.

Vorhabenumsetzung

Das Investitionsvorhaben wurde mit der Demontage der zu Prozessentwicklungszwecken am Standort betriebenen Pilotanlage begonnen. Die Montage sowie die kalte Inbetriebnahme der neuen Anlage verliefen ohne nennenswerte Probleme. Während der darauffolgenden heißen Inbetriebnahme kam es aufgrund einer nicht ausreichenden Separation von Kokspartikeln im Gasstrom zu technischen Problemen und in Folge zu Verzögerungen und einer zunächst nicht umfassenden Betriebsbereitschaft der Anlage. Durch eine Optimierung der Reaktoreinbauten liegt der Koks pulverförmig vor, sodass der Austrag nun optimal erfolgen kann. Die Anlage wurde im August 2020 in den Serienbetrieb überführt und befindet sich seit Ende Oktober 2020 im kontinuierlichen Betrieb.



Ergebnisse

Das im Umweltinnovationsprogramm geförderte Vorhaben konnte erfolgreich durchgeführt werden. Derzeit erfolgen weitere Prozessoptimierungen, mit dem Ziel, die Qualität des Aufbereitungsprozesses zu erhöhen. Die angestrebten Umweltentlastungen resultieren daraus, dass täglich im Mittel 60 Tonnen Schweröl zu hochwertigem Naphtha, leichten Heizölfraktionen, Basisöl und Petrolkoks recycelt werden können. Dies entspricht einer Eingangsmenge von jährlich 20.000 Tonnen. Daraus entstehen 6.400 Tonnen Basisöl (32 Prozent), 3.400 Tonnen Naphtha (17 Prozent), 2.400 Tonnen leichte Heizölfraktionen (12 Prozent), 1.600 Tonnen Petrolkoks (9 Prozent) sowie 6.000 Tonnen Gas (30 Prozent), das im Prozess zur Erzeugung der notwendigen Wärme genutzt werden kann. Insgesamt können durch das neue HyRes™-Verfahren jährlich nahezu 30.000 Tonnen CO₂-Äquivalente eingespart werden.

Ausblick

Das innovative HyRes™-Verfahren wurde weltweit erstmalig umgesetzt und hat somit Modellcharakter. Puralube plant zum einen nach Abklingen der Covid-19-Krise weitere Anlagen an strategisch wichtigen Standorten zu errichten, um das vorhandene Marktpotenzial zu nutzen und einen positiven Beitrag zur bestehenden Entsorgungsproblematik von Schweröl zu leisten. Zum anderen wird eine Kooperation mit anderen Unternehmen der Branche bzw. eine Vergabe von Franchiselizenzen geprüft, um die Technik an Mineralölkonzern auf dem gesamten Weltmarkt weiterzugeben.

4.2 Summary

Introduction

PURALUBE GmbH is the first company in the industry to succeed in converting environmentally harmful heavy oil into virtually sulfur-free base oil, light heating oil and petrol cokes using the innovative HyRes™ technology. This technology makes it possible to recycle heavy fuel oil with high sulfur contents instead of having to thermally utilize it. In addition, this process makes a significant contribution to reducing the immense surplus of heavy fuel oil, which can no longer be used as a fuel without restrictions due to its high sulfur content as a result of the tightening of emission guidelines in shipping.

Project Implementation

The investment project started with the disassembly of the pilot plant operated at the site for process development purposes. The installation and cold commissioning of the new plant was carried out without any significant problems. During the subsequent hot commissioning, technical problems occurred due to insufficient separation of coke particles in the gas flow, resulting in delays and an initially insufficient operational readiness of the plant. By optimizing the reactor internals, the coke is now available in powder form, so that the discharge



can now be carried out optimally. The plant was put into series production in August 2020 and has been in continuous operation since the end of October 2020.

Project results

The project supported by the Environmental Innovation Program was successfully carried out. Further process optimizations are currently being implemented with the aim of increasing the reliability of the recycling process. The targeted environmental relief results from the fact that an average of 60 tons of heavy fuel oil can be recycled daily into high-quality naphtha, light fuel oil fractions, base oil, and petrol cokes. This corresponds to an annual input quantity of 20,000 tons, resulting in 6,400 tons of base oil (32 percent), 3,400 tons of naphtha (17 percent), 2,400 tons of light fuel oil fractions (12 percent), 1,600 tons of petroleum coke (9 percent) and 6,000 tons of gas (30 percent), which can be used in the process to generate the necessary heat. In total, almost 30,000 tons of CO₂ equivalents can be saved annually by the new HyRes™ technology.

Outlook

The innovative HyRes™ process was implemented for the first time worldwide and thus has model character. Puralube plans to build further plants at strategically important locations after the COVID-19 crisis has abated, to use the existing market potential and to make a positive contribution to the existing disposal problems of heavy oil. On the other hand, a cooperation with other companies in the industry or the granting of franchise licenses is being examined to pass on the technology to mineral oil companies on the entire world market.

5 Literatur

Für die Erstellung des vorliegenden Abschlussberichts wurden ausschließlich eigene Daten und Aufzeichnungen der Firma Puralube sowie deren Tochterfirmen verwendet.



A Anhang

A.1 Massebilanzen der Testläufe

