

Mit Hochdruck für die Umwelt

Altöl trickreich recyceln

Michael Alex

Altöl wird in Zukunft nicht mehr als Sondermüll die Umwelt verseuchen, sondern wieder als Rohstoff taugen. Dafür sorgt ein neues Verfahren, das Michael Alex optimiert hat: Kompakte Anlagen, die den Wertstoff wirtschaftlich und umweltfreundlich vom Schmutz trennen, werden die Altölaufbereitung weltweit revolutionieren.

Allein Deutschland braucht jährlich ca. 120 Mio. t Mineralöl – ganz schön viel, aber nur vier Prozent des weltweiten Verbrauchs. Ein Großteil davon wird als Treibstoff oder Heizöl verbrannt, ca. ein Prozent wird durch Zusatzstoffe zu Schmierstoff aufbereitet. Obwohl ein Teil davon z.B. durch Lecks an Fahrzeugen verloren geht, sammeln die Deutschen pro Jahr knapp

700.000 t Altöl – als Sondermüll. Denn es enthält neben festen Partikeln, wie Metallspänen aus Motoren und Ruß, auch Schwefel-, Chlor- und Schwermetallverbindungen, die z. T. im Verdacht stehen, krebserregend zu sein. Eine kostengünstige und umweltschonende Recyclingmethode gibt es für so große Mengen bisher nicht. Altölrecycling wird zwar schon in großtechnischen Anlagen betrieben,

aber sie verschlingen jede Menge Energie und sind wenig umweltfreundlich: Das Altöl wird in großen Behältern erhitzt, wobei die einzelnen Komponenten bei unterschiedlichen Temperaturen verdampfen, je nach Größe der Kohlenwasserstoffe (kleine zuerst). Bei steigenden Temperaturen verdampfen weiterverwendbare Komponenten, Feststoffe wie Metallspäne und hochmolekulare Verbindungen,

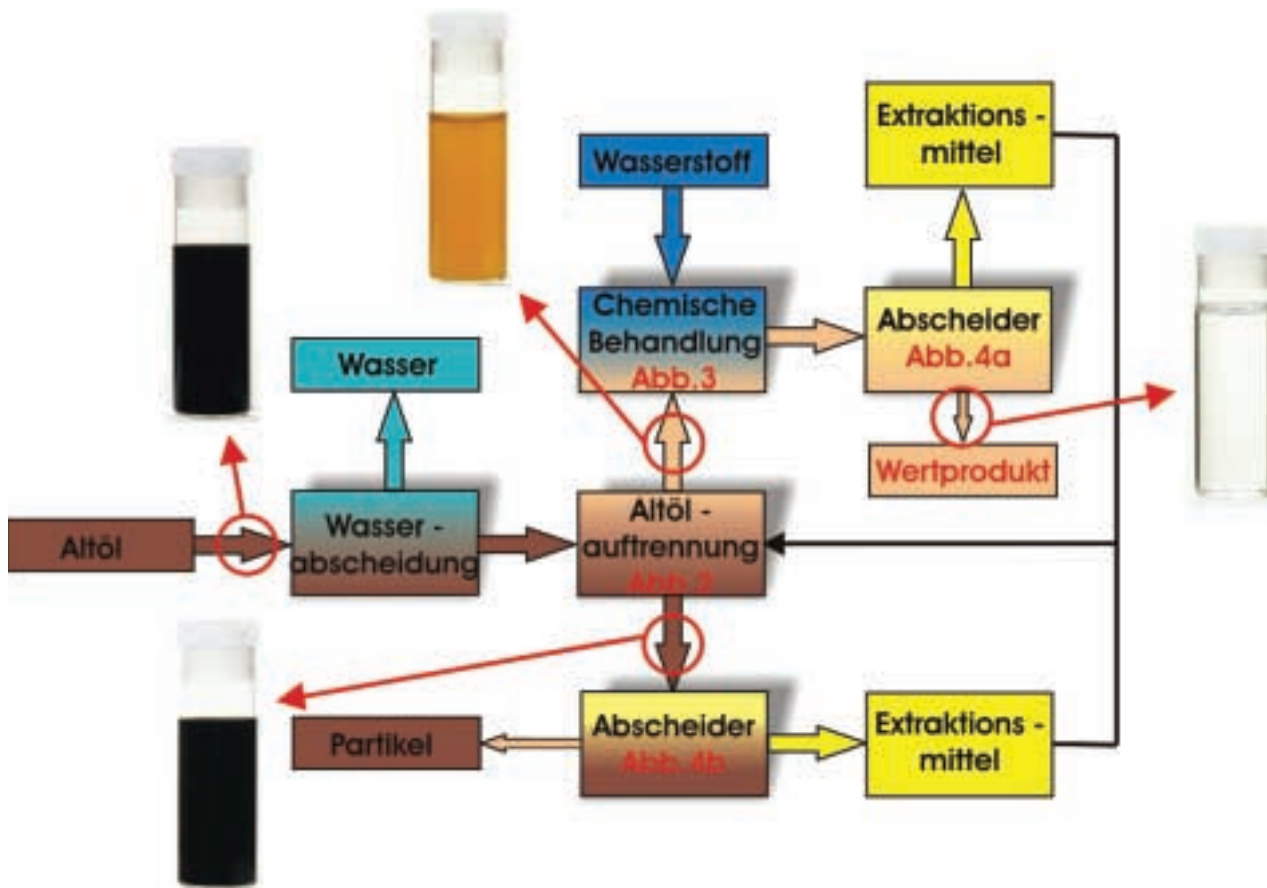


Abb. 1: Schematische Darstellung der Altölaufbereitung

z.B. Asphaltene, bleiben zurück. Die gewonnenen Komponenten sind aber weiterhin belastet mit Schwefel-, Chlor- und Schwermetallverbindungen. Um die Konzentrationen zu senken, z.B. unter die gesetzlichen Grenzwerte für Heizkesselbrennstoffe, oder vollständig zu entfernen, etwa für Schmierstoffe, ist eine energieaufwändige und umweltschädliche chemische Nachbehandlung nötig. Eine andere Möglichkeit, das Altöl weiter zu verwenden bieten Zementwerke. Sie nutzen das Altöl als billigen Brennstoff und nehmen ökologische Nachteile in Kauf. Die Verschmutzungen bleiben entweder im Zement oder werden über Abgase an die Umwelt abgegeben.

Motiviert durch diese gewaltigen Entsorgungsprobleme baute ein kleineres mittelständisches Unternehmen aus dem Ruhrgebiet eine Pilotanlage für ein neues, ökonomisches und ökologisches Verfahren. Es nutzt statt der Verdampfung der Komponenten ihre

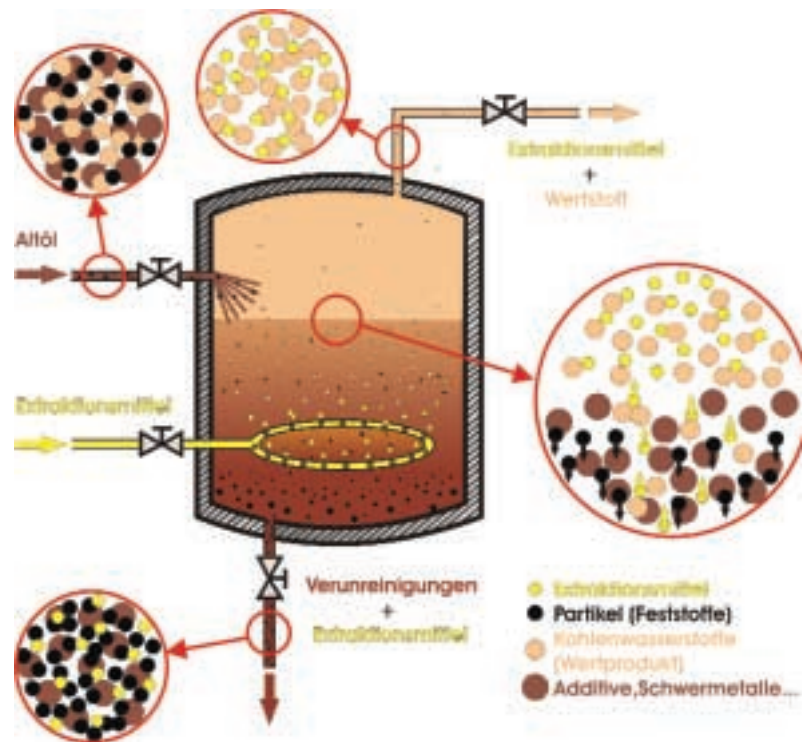


Abb. 2: Auftrennung des Altöls in Wertprodukt und Verunreinigungen

Lösen statt Verdampfen

gute Löslichkeit in Lösungsmitteln. Kaffee- und Teetrinker haben mit einem ähnlichen Verfahren zu tun: Bei der Zubereitung lösen sie mit dem Lösungsmittel Wasser Geschmacks- und Aromastoffe aus Teeblättern oder Kaffeepulver. Um möglichst schnell möglichst viel vom Pulver in das Getränk zu überführen wird das Wasser erhitzt, moderne Espressomaschinen optimieren diesen Effekt, indem sie Druck aufbauen. Ganz ähnlich kann auch Altöl aufbereitet werden: Das vom Wasser befreite Altöl wird in einen beheizbaren Behälter gefüllt. Dazu kommt ein Lösungsmittel, in dem sich die rückzugewinnenden Ölkomponenten lösen, die Verschmutzungen und festen Partikel jedoch nicht (s. Abb. 1). Das Lösungsmittel ist nicht Wasser, sondern ein Gas. Dieses Gemisch wird später wieder voneinander getrennt. Das Lösungsmittel kann wiederverwendet werden, das Wertprodukt kann verbrannt oder wieder Schmieröl werden.

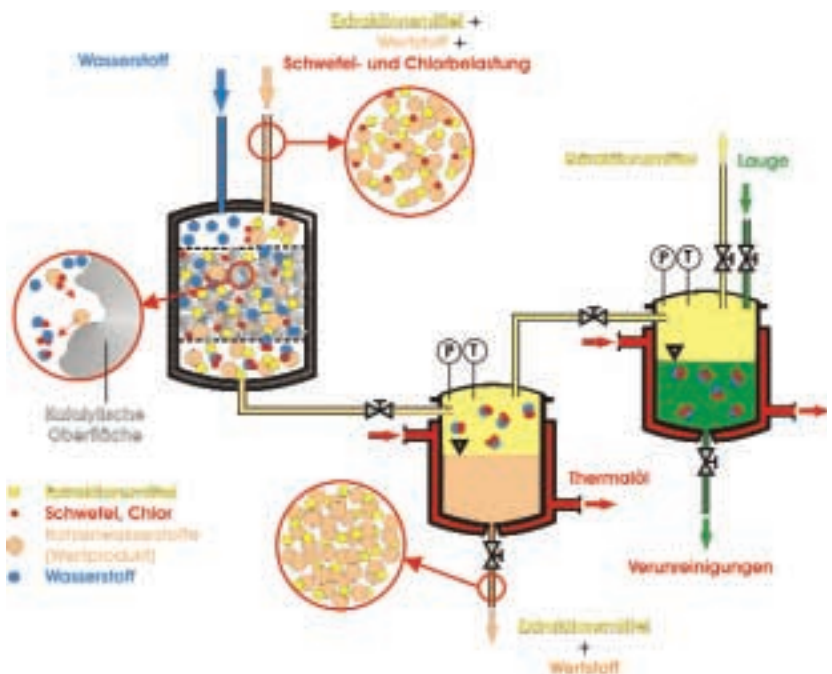


Abb. 3: Das z.B. mit Schwefel- und Chlor verunreinigte Wertprodukt wird in einem Behälter in Gegenwart von Propan mit Wasserstoff behandelt. An einer speziellen Reaktionsoberfläche trennen sich die Verunreinigungen vom Wertstoff und werden an Wasserstoffmoleküle gebunden. Das gereinigte Öl wird entnommen, die abgetrennten Verunreinigungen bleiben im Extraktionsmittel, das dann mit einer Laugenbehandlung regeneriert wird. Auch z.T. krebserregende Verbindungen werden hier unschädlich gemacht.

Systemverhalten von Altöl / Ethan bei 110 °C :



Abb. 4: Die Untersuchungsergebnisse des Lösungsmittelvergleichs dienen als Grundlage der Entscheidung für das geeignetste Mittel.

Das klingt einfach – damit sich jedoch die Ölkomponenten möglichst gut im Gas lösen, muss es sich in einem bestimmten Aggregatzustand befinden. Bei höheren Drücken und Temperaturen nehmen Stoffe einen sog. überkritischen Aggregatzustand an, in dem sie weder gasförmig noch flüssig sind, überwiegend aber noch Eigenschaften des flüssigen Aggregatzustandes (z.B. hohe Dichte) aufweisen. Gibt man das Gas in diesem Aggregatzustand zum Öl, lösen sich die wiederverwendbaren Komponenten

fast vollständig darin (Abb. 2). Das Altöl und das Gas durchströmen in der Anlage die Extraktionskolonne, einen großen Behälter, der für hohe

**Abfall nach oben
Wertstoff nach unten**

Drücke und Temperaturen ausgelegt ist, im Gegenstrom. D.h. das schwere Altöl kommt von oben, das Extraktionsmittel fein verteilt von unten. Während das Raffinat, z.B. unlösliche Komponenten und Partikel, die

Kolonnen unten in Richtung Entsorgung verlässt, wird das mit den gewünschten Komponenten beladene Extrakt aus dem oberen Kolonnenbereich einer Behandlung mit Wasserstoff zugeführt. Damit werden schwefel- und chlorhaltige Verbindungen abgetrennt, die sonst bei der Verbrennung z.B. zu stark umweltschädlichem Schwefeldioxid würden (s. Abb. 3). Sowohl das Raffinat (Abfall) als auch das Extrakt (Wertprodukt) sind noch mit Lösungsmittel vermischt. Um es möglichst vollständig rückzugewin-

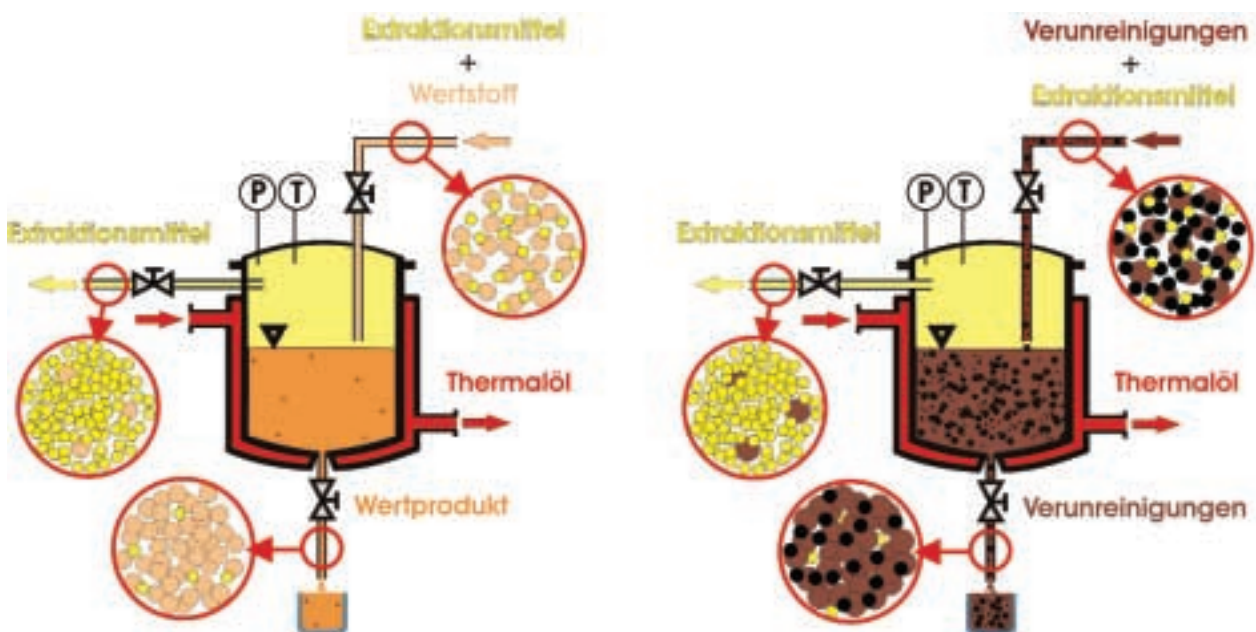


Abb. 5 a) In einem Abscheider wird das Extrakt in Wertprodukt und Extraktionsmittel getrennt
b) Ein anderer Abscheider trennt das Raffinat (Abfall) in Verunreinigungen und Extraktionsmittel

Systemverhalten von Altöl / Propan bei 110 °C :



nen, wandern beide Gemische in je einen Abscheider (s. Abb. 5).

Doch die ersten Versuche an der Pilotanlage schlugen fehl: Das als goldgelb erwartete Extrakt verließ die Anlage tiefschwarz. Das Unternehmen beauftragte unseren Lehrstuhl, ein optimiertes Verfahrenskonzept zu entwickeln – mein Einsatz: Ich begann mit grundlegenden Untersuchungen der Stoffgemische. Schließlich sollen alle zukünftigen Anlagen basierend auf meinen Messungen und Berechnungen dimensioniert werden. Dazu verwendete ich eine sog. Hochdrucksichtzelle (Abb. 6). Sie ist vergleichbar mit einem dickwandigen Rohr, an dessen Stirnseiten transparente Gläser eingesetzt sind. So kann man Rein-

stoffe oder Gemische unter verschiedenen Temperaturen und Drücken beobachten. Eine Hochdrucksichtzelle kann Drücken bis 800 bar standhalten, die z. B. in einer Meerestiefe von 8000 m herrschen.

Ich beobachtete die Löslichkeit von Ölkomponenten im Extraktionsmittel und umgekehrt und verglich verschie-

Erster Versuch: Pechschwarz statt goldgelb

dene Lösungsmittel um das geeignetste zu ermitteln (s. Abb. 4). Beim Stoffgemisch Altöl/Ethan erkennt man das Altöl (dunkle, untere Phase) und den helleren, mit Ethan gefüllten Teil bei 1 bar. Bei 150 bar ist der Flüssig-

igkeitsspiegel gegenüber der Anfangseinstellung angestiegen: Das Altöl hat sich im Gas gelöst. Erhöht man den Druck auf 200 bar, so beweist die Verfärbung der oberen Phase einen Übergang der löslichen Komponenten in das Gas. Diese gelösten Substanzen sind das gewünschte Wertprodukt. Bei 233 bar ist kein Flüssigkeitsspiegel mehr erkennbar, man spricht von einem einphasigen System. Dieser Zustand darf bei der Altölaufbereitung nicht erreicht werden, sonst sind Extrakt- und Raffinatphase nicht mehr zu trennen. Bei Propan funktioniert der Prozess bei geringeren Drücken: Bei 52 bar ist die gegenseitige Einlösung deutlich erkennbar. Da die Einphasigkeit bei 61 bar ein-



Abb. 6: Hochdrucksichtzelle zur Beobachtung der Löslichkeit des Gases im Altöl und der Altölkomponten im Gas. In der Aufnahme der Zelle erkennt man mittig den Rührer, der eine gute Vermischung verschiedener Stoffe in der Sichtzelle gewährleisten soll. Die Elektrokabel im mittleren Bild speisen Heizpatronen, die die Sichtzelle temperieren.

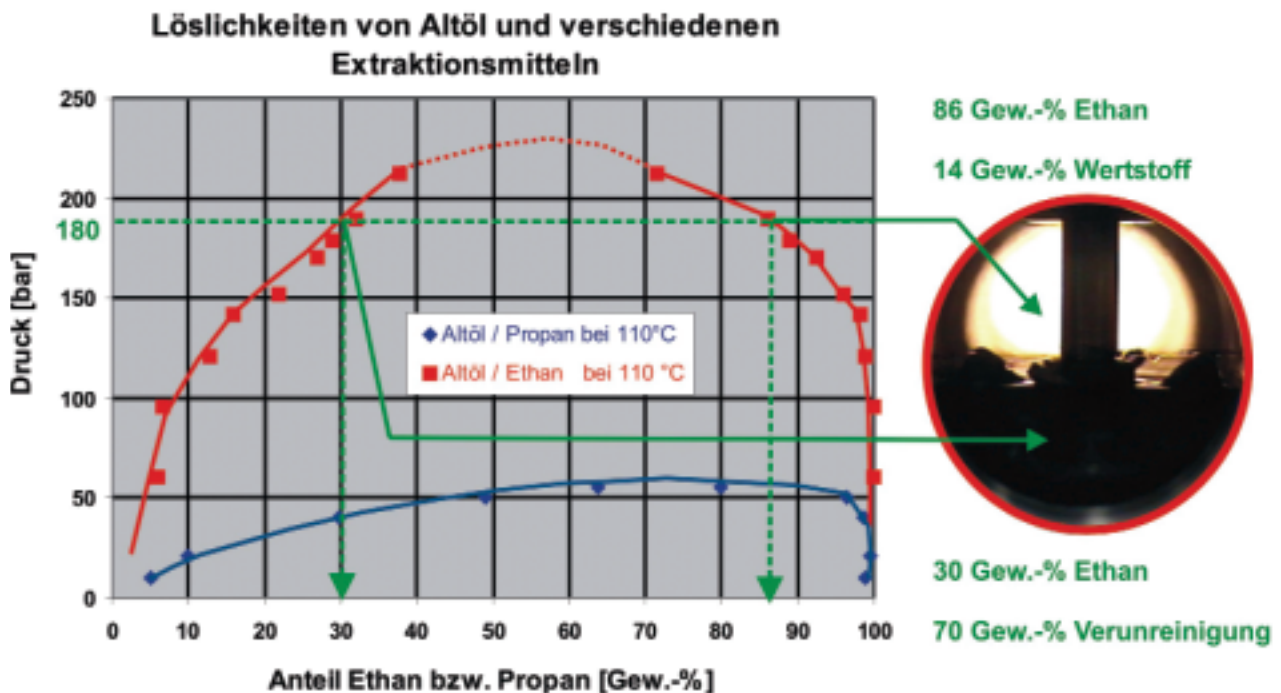


Abb. 7: Vergleich der Aufnahmekapazität an Wertstoff von Propan und Ethan bei 110°C: Die Kurve beschreibt die Einlösung von Ethan ins Altöl (links) und den Übergang von Ölkompontenten ins Lösungsmittel (rechts) in Abhängigkeit des Druckes. Bei 180 bar besteht z.B. die untere Phase aus 30 Gew.-% Ethan (70 Gew.-% Altöl), die obere Phase aus 86 Gew.-% Ethan und 14 Gew.-% Öl. Der Ölanteil ist das gewünschte Wertprodukt. Bei höherem Druck wird die gleiche Menge an Extraktionsmittel stärker beladen, das Verfahren also wirtschaftlicher. Ab ca. 233 bar ist die Zusammensetzung beider Phasen gleich und keine Extraktion mehr möglich.

tritt, muss die Extraktion unterhalb dieses Drucks erfolgen.

Nach diesen qualitativen Untersuchungen habe ich die quantitative Zusammensetzung der beiden Phasen an Proben aus der Sichtzelle untersucht. Es ging darum, den druck- und temperaturabhängigen Übergang wiederwertbarer Ölkompontenten ins Gas zu ermitteln, um die günstigsten

Altölaufbereitung im Lkw-Container

Bedingungen festzulegen (s. Abb. 7). Nach meinen Untersuchungen erwies sich Propan als das geeignete Lösungsmittel. Die Beladung mit wertvollen Komponenten gelingt nicht nur bei geringerem Druck als bei Ethan, Propan ist auch billiger.

Jetzt musste ich noch den Extraktionsbehälter dimensionieren. Dabei waren z. B. Strömungsbedingungen, Sinkgeschwindigkeiten von Partikeln und die erforderliche Menge an

Extraktionsmittel zu bedenken. Es stellte sich auch heraus, warum das Extrakt im Versuch des Unternehemens schwarz gewesen war: Durch eine zu hohe Strömungsgeschwindigkeit des Gases im Behälter waren Öltröpfchen mitgerissen worden.

Mittlerweile wird die Pilotanlage nach meinen Untersuchungen und Berechnungen umgebaut. Erfolgreiche Versuche mit verschiedenen Altölen bewiesen die flexible Anwendbarkeit des Verfahrens, und es gibt bereits jetzt weltweit Nachfragen an das Unternehmen. Ermutigt durch diese Ergebnisse arbeiten wir derzeit an weiteren neuartigen Verfahren. Ziel ist der Bau kleiner Anlagen - die sogar in Lkw-Containern Platz finden -, mit denen Industrieunternehmen auf dem eigenen Betriebsgelände Altöl aufbereiten können. So könnten sie nicht nur den eigenen Sondermüll entsorgen, sondern die Wärme auch zum Heizen nutzen. Teure Entsorgungen und der logistische Aufwand der Alt-

ölsammlung mit dem Transport zu den wenigen zentralen Großraffinerien würden entfallen. Selbst Entwicklungs- und Schwellenländer könnten erstmals Altöl aufbereiten. Ein neuer Dienstleistungssektor könnte entstehen: Mobile Aufbereitungsanlagen würden die Industriestandorte abfahren und vor Ort das Altöl aufbereiten.

Die praxisbezogene und verantwortungsvolle Arbeit zeigt mir, dass ich den richtigen Entschluss in meiner Studiums- bzw. Berufswahl gefasst habe.



Michael Alex

forscht an der Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Verfahrenstechnische Transportprozesse, Prof. Dr.-Ing. Eckhard Weidner, Lehrstuhl für Partikeltechnologie und Partikeldesign, Juniorprofessor Dr. Marcus Petermann