

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 106 (1988)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Aufarbeitung und Regeneration von Altölen  
**Autor:** Janosfia, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-85628>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Aufarbeitung und Regeneration von Altölen

**Die Wiederverwertung von Altölen, besser wäre eigentlich der Ausdruck «gebrauchte Öle», ist ein sehr vielschichtiges und komplexes Thema, das sich im hier vorgegebenen Raum nicht in allen Details behandeln lässt. Trotzdem wird versucht, eine möglichst umfassende Darstellung der ganzen Problematik zu geben und aufzuzeigen, welche technischen Möglichkeiten heute gegeben sind, wo die Grenzen, vor allem von der Wirtschaftlichkeit her gesehen, liegen. Dabei wird lediglich auf das eigentliche Wiederaufarbeiten oder Reraffinieren eingegangen, auf Verfahren also, mit deren Hilfe aus Altöl Produkte hergestellt werden, die Frischölen praktisch ebenbürtig sind. Das Regenerieren von Altölen mittels Entwässerung, Metallabscheidung und Filtration zwecks Verlängerung der Lebensdauer des Öles oder zur Herstellung von minderwertigen Brennstoffen wird hier nicht behandelt.**

Fast jeder von uns produziert Altöl in irgendeiner Form. Die wenigsten wissen aber, was damit nachher geschieht

VON A. JANOSFIA,  
PRATTELN

respektive welche Möglichkeiten bestehen, um es wieder auf irgendeine Art zu verwerten.

Zunächst stellt sich die Frage, was ist eigentlich Altöl? Unter diesen Sammelbegriff fallen nämlich eine Vielzahl von gebrauchten Ölen, deren Zusammensetzung und Verschmutzungsgrad hauptsächlich vom Ursprung sowie von der Güte der Sammelorganisation abhängt. Vorschriften und Gesetze spielen dabei vielfach auch eine wichtige Rolle. So gilt zum Beispiel in der BRD jedes Produkt, so auch z. B. Abwasser, welches mehr als 5% Öl enthält, als Altöl und muss einer entsprechenden Entsorgung zugeführt werden. Grundsätzlich lassen sich jedoch die Altöle in zwei Kategorien einteilen.

## Einleitung

### Kategorien der Altöle

Die erste Kategorie umfasst alle jene Öle, die wieder aufbereitet, d. h. einer Reraffineration zugeführt werden können. In diese Kategorie gehören Motorenöle, Getriebeöle, nichtsynthetische Hydrauliköle, Transformeröle, sofern sie kein PCB enthalten, Kompressoröle, Turbinenöle sowie Maschinenöle, sofern sie nicht auf synthetischer Basis oder auf Basis von pflanzlichen Fettstoffen hergestellt sind.

Die zweite Kategorie umfasst alle jene Öle, die aus technischen oder wirt-

schaftlichen Gründen nicht reraffiniert werden können. Zu diesen gehören Öle auf Basis von pflanzlichen und tierischen Rohstoffen, asphaltische Öle, synthetische Öle, Bunkeröle, Formöle, Walzöle, Öle für die Metallverarbeitung sowie Ölschlamm aus Tanklagern. Diese Art von Altölen kann eigentlich nur durch Verbrennung entsorgt werden, wobei man natürlich Verbrennungsanlagen einsetzen muss, die mit entsprechenden Abgasreinigungseinrichtungen wie z. B. Elektrofiltern usw. ausgerüstet sind, um eine Umweltbelastung durch Abgase zu vermeiden.

### Altöle aus Motoren, Getrieben, Hydraulik

Die meisten Reraffineure weltweit behandeln hauptsächlich die ersten drei Öle aus der ersten Kategorie, d. h. gebrauchte Motorenöle, Getriebeöle und Hydrauliköle. Dabei machen in den meisten Ländern die Motorenöle den weitaus grössten Anteil aus, und zwar rund 50% und mehr des gesammelten Altöles. Der Rest entfällt auf Getriebeöle und Hydrauliköle. In manchen Gebieten, in denen das Sammeln von Altöl sehr gut organisiert ist, werden diese drei Öle separat gesammelt, was die Wiederaufarbeitung vor allem der Getriebe- und Hydrauliköle wesentlich vereinfacht. In den meisten Ländern fällt aber eine Mischung dieser drei Öle an. In den folgenden Ausführungen befassen wir uns daher hauptsächlich mit einer Mischung aus Motoren-, Getriebe- und Hydrauliköl. Die typische Zusammensetzung eines solchen Altöles sieht wie folgt aus:

- Wasser	5,0% (2-10%)
- Benzin, Lösungsmittel und andere Leichtflüchtige	5,0% (2- 7%)
- Dieselöl	2,7% (2-15%)

- Basisölfaktionen (Neutralöl) 82,8%
- Verunreinigungen wie Additive, Verbrennungsrückstände, Metallabrieb und andere Schmutzreste 4,5% (4- 8%)

Dabei kann nicht nur der Gehalt an Wasser, Benzin, Lösungsmitteln und anderen Leichtflüchtigen, sondern auch der Gehalt an Dieselöl in recht weiten Grenzen variieren. So kann z. B. Altöl von einer Eisenbahngesellschaft, die vorwiegend Diesellokomotiven betreibt, rund 15% Diesel enthalten. Benzin, Lösungsmittel und andere Leichtflüchtige stammen dabei von der Reinigung von Motoren und anderen Teilen, wie sie in Garagen vorgenommen wird, während ein Teil des Benzins und vor allem das Dieselöl durch die Leckage der Motoren in das Öl gelangen.

### Neutralölanteil

Der Neutralölanteil, also der eigentliche reraffinierbare Anteil, liegt um die 80-85%, während Verunreinigungen, z. B. Additive, Verbrennungsrückstände, Metallabrieb aus Motoren und Lagern usw. sowie andere Schmutzreste, den schweren, nicht destillierbaren Rückstand ausmachen. Diese Betrachtungen gelten für ein gutes, durchschnittliches Altöl. Die in der ersten Kolonne dargestellten Zahlenwerte werden daher auch dem späteren Vergleich einzelner Verfahren zugrunde gelegt. Die in der zweiten Zahlenkolonne aufgeführten Werte geben den ungefähren Bereich an, innerhalb dessen die betreffenden Werte erfahrungsgemäss variieren können.

### Wasser und leichtflüchtige Anteile

Der erste Verfahrensschritt, nämlich die Entfernung des Wassers und der leichtflüchtigen Anteile, ist praktisch bei allen Reraffinierverfahren der gleiche. Enthält das Altöl mehr als 5% Wasser, so wird dieses mittels Zentrifuge grösstenteils abgetrennt. Anschliessend wird das restliche Wasser, Benzin sowie alle anderen Leichtflüchtigen bei atmosphärischem Druck abdestilliert. Aus dem oben beschriebenen typischen Altöl verbleibt dann eine Mischung von rund 3% Dieselöl, 92% Öl und rund 5% Verunreinigungen. Dem nachfolgenden Vergleich einzelner Wiederaufbereitungsverfahren wird nun diese Zusammensetzung zugrunde gelegt.

### Verunreinigungen

Die im Altöl enthaltenen Verunreinigungen bestehen einerseits aus aufge-

brauchten Additiven und anderseits aus betriebsbedingten Verunreinigungen. Die wichtigsten Komponenten sind in der Regel Asche, Schwefel, Kohle und zahlreiche Metalle, je nach Herkunftsort bis zu mehreren tausend ppm, wobei Blei in der Regel den weitaus grössten Teil ausmacht. Ein solches Altöl ist also typisch schwarz und undurchsichtig.

Die Zusammensetzung des Altöles und der Verunreinigungen hängt ebenfalls sehr stark davon ab, woher das Öl stammt. Selbst wenn es sich lediglich um gebrauchtes Motorenöl handelt, bestehen sehr grosse Unterschiede, weil die Zusammensetzung sehr stark von den klimatischen Bedingungen abhängt, unter welchen das Öl zum Einsatz gelangt. Während man in kälteren Regionen wie Nordamerika und Europa hauptsächlich multi-grade Öle, bestehend aus niedrig viskosen Neutralölfaktionen und zahlreichen Additiven, verwendet, sind es in heissen Ländern wie z. B. Indonesien single-grade Öle

mit viel «Bright Stock» (sehr hochsiedender, viskoser Neutralölanteil) und wenig Additiven.

Daneben variiert aber auch der Siedebereich der Neutralöle, je nach Herkunftsort des Rohöles, aus dem sie gewonnen wurden.

### Konzept der Reraffinierung

Das Konzept einer Reraffinieranlage lässt sich am einfachsten anhand der nachfolgenden Illustration darstellen (Bild 1).

### Sammeln des Altöles

Ein erster, sehr wichtiger Schritt ist hierbei das Sammeln des Altöles. Dies ist hauptsächlich ein logistisches Problem. Je besser die Organisation, je besser die Trennung der einzelnen Ölkategorien und je sauberer das Sammeln erfolgt, um so einfacher ist später die Wiederaufbereitung und desto besser

ist das Resultat. Aus diesem Grund ist es unerlässlich, das gesammelte Öl analytisch zu untersuchen, in verschiedene Kategorien einzuteilen und entsprechend getrennt bis zur Wiederaufbereitung zu lagern. D. h., es müssen von jedem hereinkommenden Tankwagen entsprechende Muster genommen und analysiert werden, bevor der Tankwagen entladen wird. Dabei gilt es auch, vor allem Öle mit gewissen Verunreinigungen, z. B. PCB, von Anfang an auszuscheiden. Wie heikel dies ist, lässt sich an der Tatsache illustrieren, dass wenige hundert Kilogramm eines wachshaltigen Bunkerölrückstandes einen ganzen Tankwagen gebrauchten Motorenöls so verunreinigen können, dass eine Wiederaufarbeitung zu brauchbarem Schmieröl nicht mehr möglich ist.

### Verfahrensschritte

In der Altölraffinerie wird im ersten Teil das Öl zunächst entwässert, chemisch und thermisch vorbehandelt und

Bild 1. LUBREX-Prozess; Konzept einer Altöl-Aufbereitung

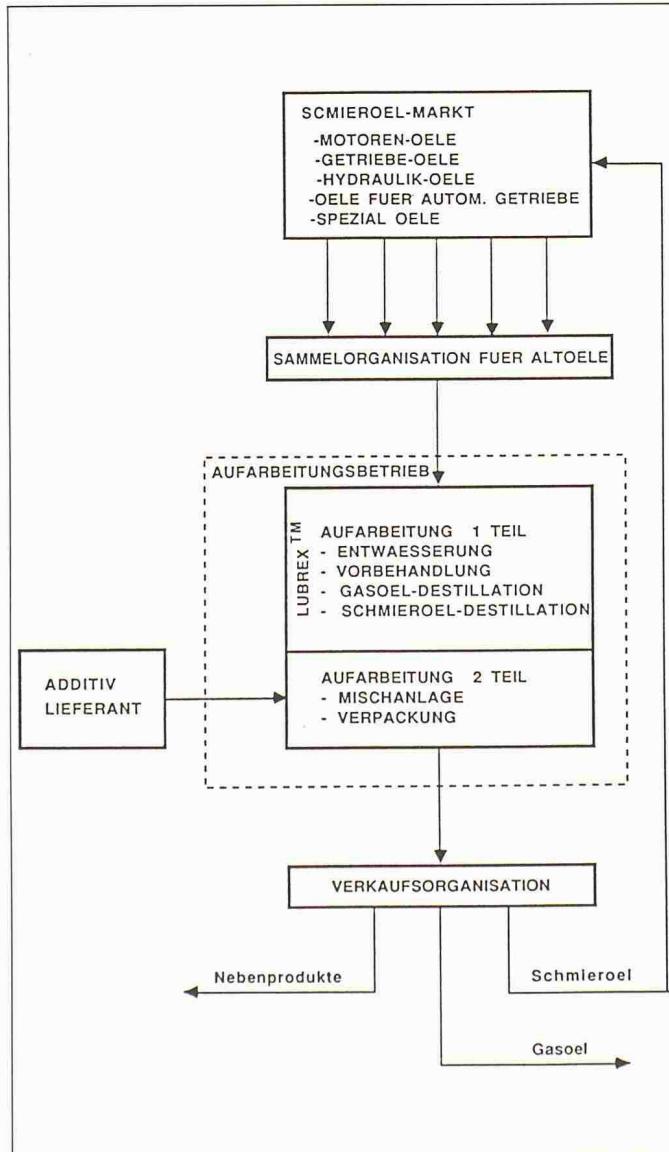


Bild 2. Acid Clay Process

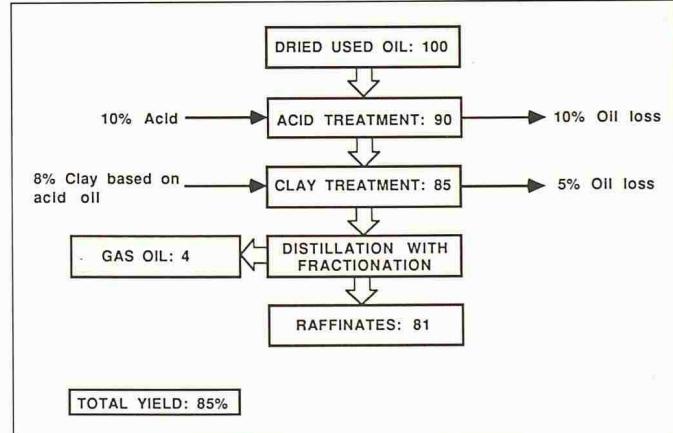
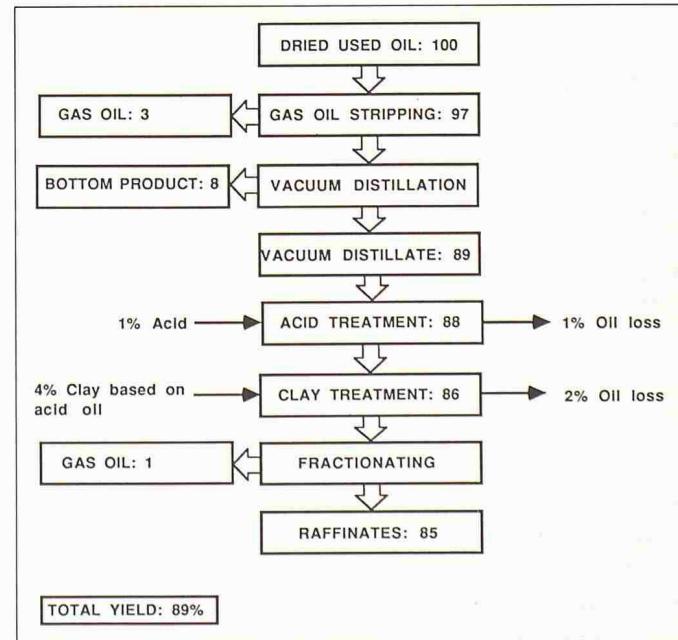


Bild 3. Modified Acid Clay Process



dann das Gasöl (Dieselöl) abdestilliert. Anschliessend wird der Basis- oder Neutralölanteil vom Rückstand abgetrennt, wobei es zweckmässig ist, das Öl destillativ in mehrere Fraktionen mit verschiedener Viskosität zu trennen. Im zweiten Teil der Raffinerie werden der Art des herzustellenden Öles entsprechend wieder frische Additive zugemischt, und das so erhaltene, verbrauchsfertige Öl wird entsprechend in Fässer, Kanister oder Plastikflaschen abgefüllt. Das so verpackte Endprodukt geht dann wieder über die Verkaufsorganisation in den Verbraucherkreislauf. Dabei ist zu bemerken, dass die eigentlichen Basisöle nicht verbraucht werden. Man kann also diese praktisch fast ohne Verlust immer wieder verwenden. Es gilt also, die Verunreinigungen zu entfernen und die aufgebrauchten Additive zu erneuern. Das Öl selbst kann man immer wieder zurückgewinnen. Im Prinzip ist die Sache recht einfach, aber, wie oft bei technischen Dingen, steckt auch hier der Teufel im Detail, wie Sie bald sehen werden.

### Generelle Anforderungen

Die Idee, Altöl wieder aufzubereiten, ist bereits recht alt. Die ersten Anfänge gehen auf die 30er Jahre zurück, wobei vor allem der Zweite Weltkrieg Vorschub leistete. Zu jener Zeit hatte man natürlich noch keine Probleme mit der Umweltbelastung, und aus diesem Grund wurden recht einfache Verfahren und primitive Anlagen eingesetzt. Dem ist heute nicht mehr so. Ein modernes Reraffinierverfahren muss mehrere Voraussetzungen erfüllen. Diese sind vor allem:

1. Gute Qualität der Produkte (Gasöl und Neutralöle)
2. Hohe Ausbeute an wertvollen Fraktionen
3. Verwertbarkeit der Beiproducte (Leichtflüchtige und Rückstand)
4. Keine Belastung der Umwelt
5. Niedriger Energieverbrauch
6. Niedriger Verbrauch an Chemikalien und Hilfsmitteln
7. Übersichtliches, bedienungsfreundliches Anlagenkonzept
8. Hoher Grad an operationeller Flexibilität, um sich Gegebenheiten wie Änderungen der Altölqualität, Spezifikationsänderungen der Produkte usw., anpassen zu können
9. Möglichst niedrige Investitionskosten

Alles Voraussetzungen, die sich nur mit Schwierigkeiten unter einen Hut bringen lassen.

Nachfolgend werden die wichtigsten heute bekannten Reraffinierverfahren

kurz vorgestellt und deren Vor- und Nachteile aufgezeigt.

### Säure-Bleicherde-Verfahren

Dies ist das älteste Verfahren, das seit über fünfzig Jahren zum Einsatz gelangt. Das Prinzip ist aus dem nachstehenden Blockdiagramm ersichtlich (Bild 2). Das entwässerte Altöl wird in einem Reaktor mit Schwefelsäure vermischt und aufgeheizt. Die Verunreinigungen reagieren mit der Säure und bilden einen Säureschlamm, der sich absetzt. Dieser enthält in der Regel gleich viel Öl wie Säure, d. h., im Extremfall können in diesem Verfahrensschritt rund 10% Öl verloren gehen. Anschliessend wird in einem zweiten Reaktor das Öl unter Temperatur mit Bleicherde versetzt und nachher filtriert. In dieser Stufe gehen nochmals bis zu 5% Öl verloren. Es verbleiben also rund 81% Raffinate und ca. 4% Gasöl, was, auf das entwässerte Öl bezogen, einer Gesamtausbeute von rund 85% entspricht. Das diesen Ausführungen zugrunde gelegte Schema entspricht einer älteren Anlage. In den letzten 10 Jahren ist auch dieses Verfahren wesentlich verbessert worden. Durch Thermo-Cracking werden bei neuen Anlagen die Additive vorher noch thermisch zersetzt. Dadurch kommt man mit weniger Schwefelsäure aus, dafür produziert man aber chlorhaltige Abgase, die wiederum behandelt werden müssen. Das Verfahren erzeugt ein recht akzeptables Öl, das nicht ganz so gut wie frisches Öl ist, vor allem enthält es in der Regel mehr Chlor und Schwefel. Zusammen mit den richtig dosierten Additiven ergeben sich aber trotzdem schlussendlich recht gute Endprodukte.

Die grossen Probleme dieses Verfahrens liegen bei der Umweltbelastung. Der Säureschlamm kann entweder nur deponiert werden, was heute in vielen Ländern bereits verboten ist, oder er muss mit einem recht aufwendigen Verfahren neutralisiert und anschliessend bei hoher Temperatur verbrannt werden. Dies ist recht kostspielig. Ein weiterer Punkt sind die Geruchsemissionen, die doch recht erheblich sind. Des Weiteren ist das Austragen des Säureschlammes und der verbrauchten Bleicherde eine recht schmutzige Angelegenheit. Trotzdem sind diese Anlagen heute noch sehr beliebt, vor allem in Entwicklungsländern, weil sie billig und einfach zu bedienen sind. Ein weiterer Vorteil liegt im Chargenbetrieb, der es gestattet, die Anlagen ein- oder mehrschichtig zu betreiben, was dem Betreiber viel Flexibilität in bezug auf die Anlagenkapazität gibt. Weltweit existieren weit über hundert solcher

Anlagen. In einzelnen Ländern sind diese Anlagen aber in den letzten Jahren entweder verboten worden, oder aber sie wurden mit so hohen Umweltschutzauflagen, vor allem bezüglich der Entsorgung des Säureschlammes, belastet, dass der Betrieb nicht mehr wirtschaftlich war.

### Modifiziertes Säure-Bleicherde-Verfahren

In den frühen 70er Jahren hat man begonnen, das Säure-Bleicherde-Verfahren durch Vorschaltung einer Vakuumdestillation zu verbessern (Bild 3). Auf diesem Gebiet war vor allem die Firma LUWA von Anfang an führend. Ein wesentliches Problem bei der Destillation von Altöl liegt in der Tatsache, dass die metall- und kohlehaltigen Rückstände zusammen mit polymerisierten Additivanteilen unter Temperatureinfluss zu sehr starker Belagsbildung neigen und somit jeden konventionellen Wärmetauscher in kürzester Zeit blockieren. Eine spezielle Version des

LUWA-Dünnenschichtverdampfers konnte hier Abhilfe schaffen. Konnte man doch mittels des künstlich turbulent gehaltenen Filmes Standzeiten von mehreren Monaten erreichen.

Mittels dieser Vakuumdestillation wurde die Ölfraktion vom Grossteil des Rückstandes befreit. Das so erhaltene Destillat musste nur noch mit wenig Säure und Bleicherde nachbehandelt werden, während der Rückstand, mit Schweröl vermischt, in geeigneten Verbrennungsanlagen, wie z. B. Zementwerken, verbrannt werden konnte, ohne eine übermässige Umweltbelastung zu verursachen. Nebst der Reduktion des Säure- und Bleicherdeverbrauchs ergab sich auch eine entsprechende Reduktion des Ölverlustes, so dass die Ausbeute gegenüber dem konventionellen Säure-Bleicherde-Verfahren durchschnittlich um 4-5% gestiegen werden konnte. Diese wesentliche Verbesserung des alten Verfahrens hatte lediglich einen Nachteil, nämlich je nach Art der verwendeten Additive und Ölsorten funktionierte die Destillation manchmal besser und manchmal schlechter. Dies führte in einigen Fällen zu betrieblichen Schwierigkeiten. Ganz frappant war hier der Unterschied zwischen den USA und Neuseeland. Während in den USA nie irgendwelche Probleme festgestellt und recht grosse Durchsatzleistungen erzielt wurden, traten in Neuseeland unter gleichen Betriebsbedingungen erhebliche operationelle Probleme auf, und man erreichte nur rund 30% niedrigere Durchsatzleistungen.

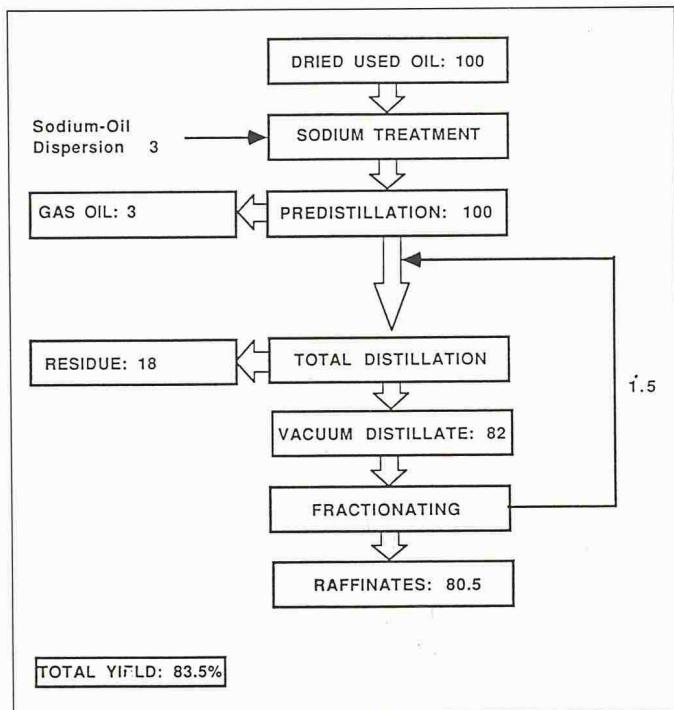


Bild 4. Recyclon Process

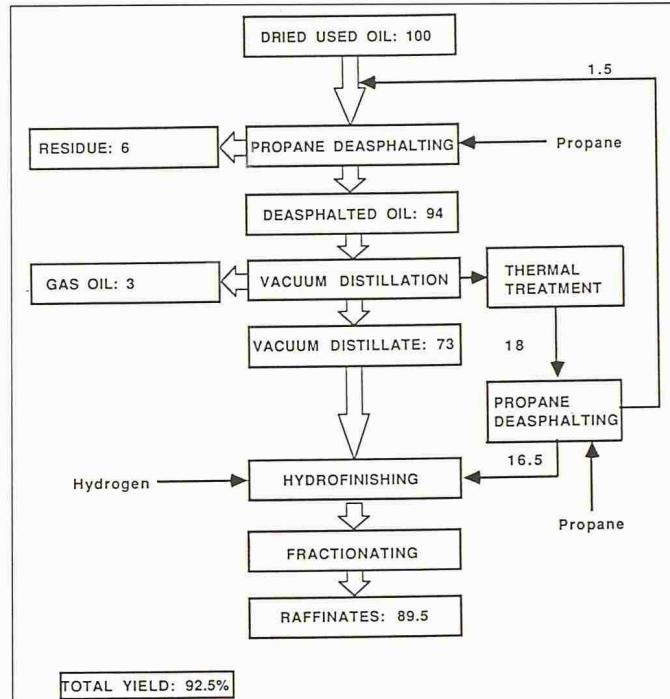


Bild 5. Snamprogetti Process

### Recyclon-Verfahren

Dieses Verfahren (Bild 4) wurde in Zusammenarbeit zwischen der Schweizer Firma ASEOL und den deutschen Firmen Lybold-Heraeus und Degussa ebenfalls in den 70er Jahren entwickelt. Dabei wird das entwässerte Altöl mit einer Natrium-Öl-Dispersion behandelt und anschliessend in einer mehrstufigen Vakuumdestillation getrennt. Durch die Natriumbehandlung werden die Additive sowie ein grosser Teil der Verunreinigungen chemisch umgesetzt.

Dabei entstehen einerseits nicht destillierbare, salzartige Rückstände, die in den teerartigen Destillationsrückstand gehen, und anderseits leichtflüchtige Komponenten, die destillativ vom Öl getrennt werden können. Dieses Verfahren ergibt ein erstklassiges Öl. Das zurückgewonnene Produkt ist praktisch besser als das Erstraffinat. Vor allem Säuregehalt und Farbzahl sind wesentlich besser. Der Nachteil ist allerdings, dass man einen sehr hochviskosen Rückstand erhält. Um diesen noch pumpbar zu halten, muss man die Ausbeute so beschränken, dass man schlussendlich noch auf rund 83–84% kommt.

Die relativ grosse Menge von Rückstand kann ohne weiteres zusammen mit Schweröl verfeuert werden. Allerdings muss die entsprechende Verbrennungsanlage mit einem Elektrofilter ausgerüstet sein, weil der Aschengehalt im Rückstand recht hoch ist. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist, dass der Umgang mit dem metallischen Natrium zur Herstellung der Natrium-Öl-

Dispersion nicht ganz unproblematisch ist, weil solche Reraffinierbetriebe meistens nicht über genügend qualifiziertes Personal verfügen. Eine industrielle Anlage nach diesem Verfahren ist bis jetzt noch nicht in Betrieb.

### Verfahren mit Propandeasphalting

Solche Verfahren wurden von mehreren Firmen entwickelt. Ein typischer Vertreter dieser Art von Verfahren ist der dargestellte Snamprogetti Process (Bild 5). Allen diesen Verfahren ist gemeinsam, dass man mittels Propan-Extraktion das Öl vom Rückstand befreit und anschliessend mittels Vakuumdestillation fraktioniert. Beim Snamprogetti Process wird der Rückstand aus der Vakuumdestillation nochmals thermisch behandelt und einer zweiten Propan-Extraktion zugeführt, wobei nochmals Öl zurückgewonnen wird. Das Vakuumdestillat sowie das aus dem Rückstand zurückgewonnene Öl wird mittels Hydrofinishing (Hydrierung) nachbehandelt und anschliessend fraktionsiert. Mit diesem Verfahren erzielt man erstklassige Ölqualitäten bei relativ hoher Ausbeute.

Nachteile des Verfahrens sind eigentlich nur die hohen Investitions- und Betriebskosten sowie die Tatsache, dass für die Bedienung gut geschultes Personal erforderlich ist, sind doch Propandeasphalting und Hydrofinishing anspruchsvolle Verfahrensschritte, die bei hoher Temperatur und bei hohem Druck durchgeführt werden.

### KTI-Verfahren

Dieses von der holländischen Firma KTI entwickelte Verfahren ist eigentlich das modernste und perfektste, das momentan auf dem Markt angeboten wird. Wie ersichtlich ist (Bild 6), wird vom entwässerten Altöl zunächst mittels Destillation das Gasöl abgestript. Anschliessend wird in einem BUSS/LUWA-Dünnschichtverdampfer der gesamte destillierbare Ölanteil vom teerartigen Rückstand abgetrennt. Das so erhaltene Destillat wird zwischengereinigt und dann einer Hydrofinishing-Behandlung zugeführt. Danach wird das hydrierte Ölgemisch in einer konventionellen Kolonne fraktioniert, wobei Gasöl und, je nach Wunsch, mehrere Neutralölfractionen entstehen.

Das Verfahren hat recht viele Vorteile. Dazu gehören erstklassige Qualität der zurückgewonnenen Ölfraktionen sowie hohe Ausbeute. Im Öl enthaltenes PCB wird ebenfalls entfernt. Der Rückstand aus der Vakuumdestillation kann entweder als Zusatz zu Schweröl in entsprechend ausgerüsteten Verbrennungsanlagen verwertet werden oder aber als Streckmittel bei der Herstellung von Strassenasphalt verwendet werden. Die Anlage ist in jeder Beziehung sehr umweltfreundlich.

Das Problem sind auch hier wieder die relativ hohen Investitions- und Betriebskosten sowie die hohen Anforderungen an das Betriebspersonal. Eine entsprechende Anlage ist in Griechenland seit rund 10 Jahren erfolgreich in

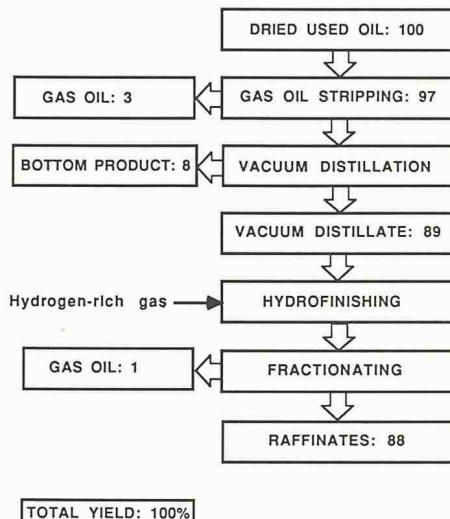


Bild 6. KTI Hydrofinishing Process

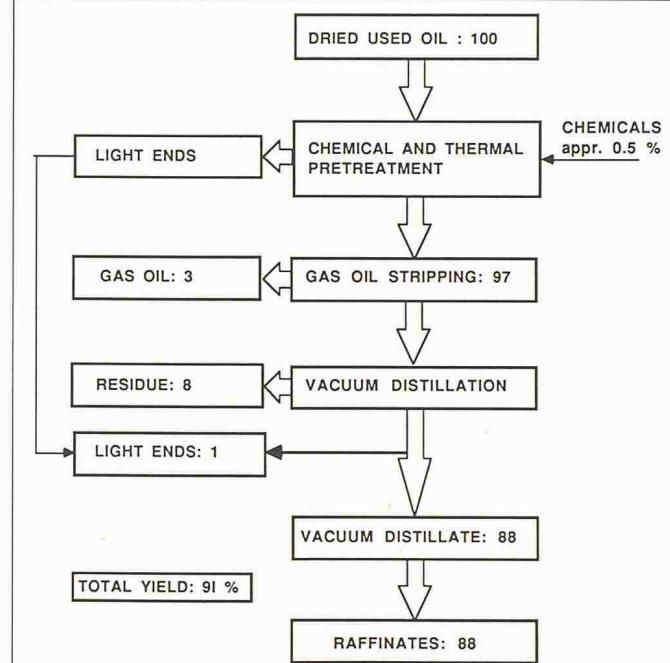


Bild 7. BUSS-LUBREX™-Process

Betrieb. In der Folge haben dann KTI und LUWA gemeinsam versucht, solche Anlagen vor allem im asiatischen Raum an den Mann zu bringen. Die Bemühungen sind aber hauptsächlich an der Kostenfrage gescheitert, insbesondere weil inzwischen die Rohölpreise und somit die Preise von Basisölfaktionen entsprechend zurückgegangen sind.

In Anbetracht dieser wirtschaftlichen Probleme und unter voller Kenntnis der gesamten Problematik wurde daher bei der LUWA systematisch nach einer Alternative gesucht. Dabei hatten wir in erster Linie die Märkte ausserhalb Europas und der USA im Auge. Ziel war ein Anlagenkonzept, das all die eingangs gestellten Anforderungen an ein modernes Verfahren erfüllt. Diese Arbeiten führten schlussendlich zur Entwicklung des Verfahrens, das ich nachstehend als letztes erklären möchte.

### LUBREX-Verfahren

Das von der LUWA entwickelte und nun von BUSS vermarktete Verfahren sieht folgendermassen aus (Bild 7):

- Entwässerung und Abstripfen der Leichtflüchtigen inklusive Benzin und Lösungsmittel
- Chemische und thermische Vorbehandlung
- Gasöldestillation
- Vakuumdestillation, wobei einerseits mehrere Neutralölfaktionen und andererseits ein teerartiger Rückstand entstehen. Der anfallende Rückstand kann wiederum wie beim KTI-Ver-

fahren als Schwerölzusatz oder aber als Streckmittel für Strassenasphalt verwendet werden. Die Neutralölfaktionen können, falls notwendig, mit etwas Bleicherde nachbehandelt werden, so dass man Produkte erhält, die Erstraffinaten ebenbürtig sind.

Die in den einzelnen Stufen anfallenden leichtflüchtigen Anteile werden gesammelt und als Brennstoff für die Hochtemperaturheizanlage, welche den ganzen Prozess mit Wärme versorgt, verwendet.

Ein wichtiger Schritt des Verfahrens ist die chemische und thermische Vorbehandlung, die dazu führt, dass einerseits die Ölfraktionen vom Rückstand besser abdestilliert werden können, ohne dass Rückstand mitgerissen wird. Andererseits werden aber gewisse Verunreinigungen wie Schwefel, Merkaptame in eine leichtflüchtige Art umgesetzt, so dass sie in der nachfolgenden Destillation gut entfernt werden können. Die Vorteile des Verfahrens lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

- Gute Ölqualität bei hoher Ausbeute von über 90%
- Relativ niedrige Investitionskosten
- Relativ einfache Bedienung
- Keine Umweltbelastung

Je nach Bedarf kann eine LUBREX-Anlage jederzeit durch eine Hydrofinishing-Stufe ergänzt werden. Dadurch wird sie in die Lage versetzt, auch PCB-haltige Altöle verarbeiten zu können.

Gegenüber dem Säure-Bleicherde-Verfahren hat auch dieses Verfahren den Nachteil, dass die Anlage kontinuierlich betrieben werden muss, d. h., man

sollte sie nur alle drei Monate zwecks Reinigung und Inspektion abstellen. Ansonsten muss sie rund um die Uhr betrieben werden. Dies ist besonders bei kleineren Reraffinierbetrieben oft mit Schwierigkeiten zu realisieren.

Die Bilder 8 und 9 zeigen eine in Neuseeland stehende LUBREX-Anlage mit einer Kapazität von 11.250 Jato.

### Zusammenfassung

Die Wiederaufbereitung von Altöl bietet technisch gesehen keine unüberwindbaren Probleme. Natürlich gibt es von Fall zu Fall Detailprobleme, die besondere Aufmerksamkeit erfordern, aber auch diese sind in der Regel mit entsprechenden technischen Massnahmen lösbar. Es gibt ungefähr ein halbes Dutzend Verfahren, die alle gute Neutralölfaktionen produzieren. Wenn dem so ist, warum stellt dann das Altöl weltweit ein Problem dar? Diese Frage lässt sich wie folgt beantworten: Während beim Säure-Bleicherde-Verfahren selbst noch kleine Anlagen mit einigen tausend Jato Kapazität wirtschaftlich betrieben werden können, sind diese Anlagen heute aus Umweltschutzgründen abzulehnen. Alle modernen Verfahren sind hingegen kontinuierlich, d. h., sie können erst ab einer gewissen Grösse wirtschaftlich eingesetzt werden. Die unterste Grenze liegt z. B. beim LUBREX-Verfahren bei 10 000 Jato, während noch bessere Verfahren, wie das KTI-Verfahren oder Propandearasphalting, erst ab 30 000 bis 40 000 Jato wirtschaftlich eingesetzt werden kön-

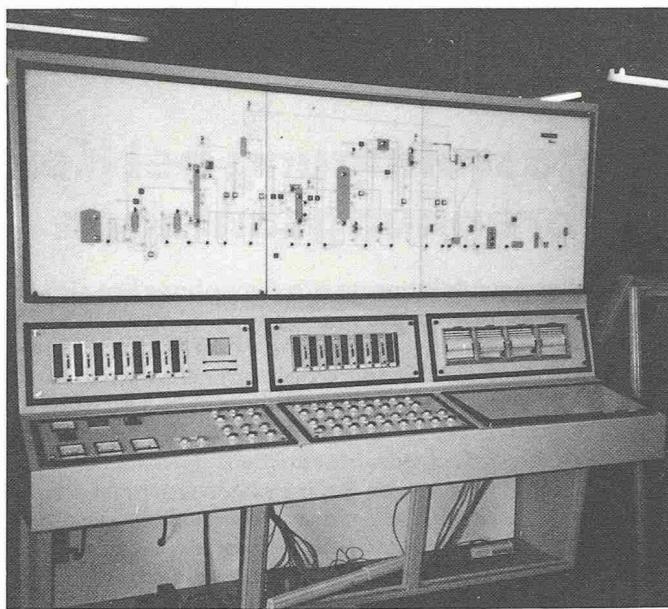
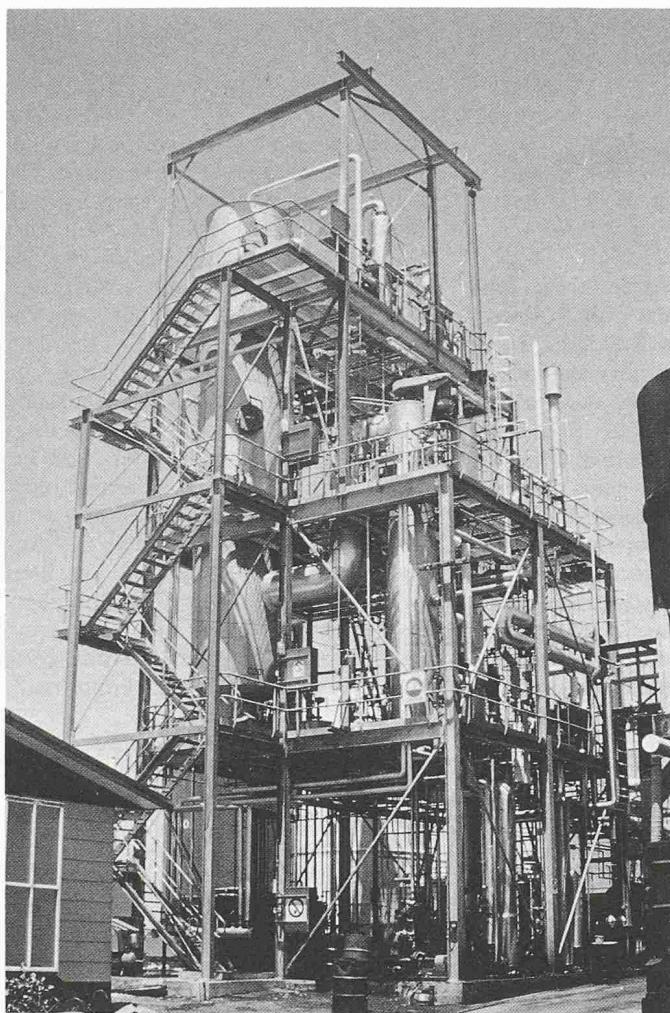


Bild 9. Schaltwarte der LUBREX™-Anlage in Neuseeland

Bild 8. LUBREX™-Anlage in Neuseeland

nen. Um eine moderne, umweltfreundliche Anlage betreiben zu können, muss also eine gewisse minimale Menge von Altöl zur Verfügung stehen. Das Sammeln einer solchen Menge von Altöl ist recht schwierig und bietet Probleme organisatorischer, logistischer und nicht zuletzt wirtschaftlicher Art. Auch Gesetze und Vorschriften können eine wichtige Rolle spielen. Abgesehen von Zentral- und Nordeuropa, Nordamerika und einigen anderen hochentwickelten Gebieten fehlt in den meisten Ländern die notwendige Infrastruktur, um die erforderliche Altölmenge auf wirtschaftliche Weise sammeln und der Wiederaufbereitung zuführen zu können.

So liegen dann auch die Altölpreise je nach Land irgendwo zwischen 50 und 200 US\$ pro Tonne. Dabei liegt die oberste Grenze oft recht nahe beim Preis von schwerem Brennöl. Eine weitere Erschwernis ergibt sich aus der Tatsache, dass Altöl in vielen Ländern eine Handels- und Spekulationsware ist, was zu Preisschwankungen in der Größenordnung von mehreren 100% führen kann. Ein sehr illustratives Beispiel hierfür ist der Fall eines LUBREX-Kunden, der eine Anlage mit einer Kapazität von 30 000 Jato bestellt hatte, als

der Altölpreis bei rund 30–35 US\$ pro Tonne lag. Als das Projekt bekannt wurde, stieg dieser Preis innerhalb weniger Monate bis auf 207 US\$ pro Tonne. Als zur gleichen Zeit noch der Preis von frischen Neutralölen wegen des sinkenden Rohölpreises zusammenbrach, musste der Kunde das Projekt aufgeben, und zwar zu einem Zeitpunkt, als schon der grösste Teil der Anlage kurz vor der Auslieferung stand. Derart schwankende Rohmaterialpreise sind eine denkbar schlechte Voraussetzung für einen wirtschaftlichen Reraffinierbetrieb.

Die Produktionskosten ohne Rohmaterialkosten liegen bei modernen Reraffinierverfahren in der Regel zwischen rund US\$ 100 und 150 pro Tonne zurückgewonnenen Öles. Dabei entfällt auf Kapitalzinsen, Abschreibung und Personalkosten der weitaus grösste Anteil, während Betriebsmittel und Unterhaltskosten weniger als 30% ausmachen. Bei Rohmaterialkosten von rund US \$ 200 pro Tonne ergibt sich somit ein Netto-Gestehungspreis von US \$ 350 pro Tonne zurückgewonnenes Neutralöl, während frisches Neutralöl gegenwärtig um die US\$ 400 pro Tonne kostet. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Reraffinate in der Regel aus

marktpolitischen Gründen 10–20% billiger angeboten werden müssen als frische Neutralöle, bleibt unter den heutigen Umständen absolut keine Gewinnmarge mehr. Diese Situation hat dazu geführt, dass heute in zahlreichen Ländern Reraffinierbetriebe nur noch existieren können, wenn sie vom Staat auf irgendeine Weise unterstützt werden. Ganz anders war die Situation zur Zeit der Ölkrise, als frische Neutralöle rund 800–1000 US\$ pro Tonne kosteten. Ein gut funktionierender Reraffinierbetrieb war zu jenem Zeitpunkt eine wahre Goldgrube. Aus diesem Grund waren zahlreiche Unternehmer, selbst in Entwicklungsländern, bereit, in solche Projekte zu investieren. Die gegenwärtige Situation wird sich erst wieder bessern, wenn der Rohölpreis über US\$ 25 pro Barrel steigt oder frische Neutralöle aus irgendeinem anderen Grund knapp werden.

Auch bei der Wiederaufbereitung von Altölen gilt die gleiche Tatsache wie in vielen anderen Fällen der Abfallbeseitigung: Eine vernünftige Lösung ist nur in enger Zusammenarbeit zwischen Technik und Wirtschaft möglich.

Adresse des Verfassers: A. Janosfia c/o Buss AG, 4133 Pratteln.