INVESTITIONEN ZUR VERMINDERUNG VON UMWELTBELASTUNGEN
PROGRAMM DES BUNDESMINISSTERS FÜR UMWELT; NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT

Abfallwirtschaft

Abschlussbericht Nr.: UBA 50 441/26(04/6)
Vorhaben Nr.: UM-001319

Entwicklung und Bau eines mobilen gasdichten Decanters zum Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich (z.B. in Raffinerien und Tanklagern)

Dipl.-Ing. Gerd Brückerhoff

FILTRATEC

Mobile Schlammentwässerung GmbH
Weseler Str. 100
D-46562 Voerde

Projektleiter
Dipl.-Ing. Heinz Stadthaus

IM AUFTRAG
DES UMWELTBUNDESAMTES
Juni 2006

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen: **UBA 50 441/26(04/6)**	Vorhaben-Nr.: **UM-001319**
Titel des Berichts: **Entwicklung und Bau eines mobilen gasdichten Decanters zum Einsatz im explosionsgefährdeten Bereich (z.B. in Raffinerien und Tanklagern)**	
Autor (en), Name (n), Vorname (n) **Dipl.-Ing. Brückerhoff, Gerd** **Dipl.-Ing. Stadthaus, Heinz**	Vorhabensbeginn: **15.12.2004** Vorhabensende (Abschlussdatum): 31.**12.2005**
Durchführende Institution (Name, Anschrift) **FILTRATEC** **Mobile Schlammentwässerung GmbH** **Weselerstraße 100** **46562 Voerde**	Veröffentlichungsdatum: **Juni 2006** Seitenzahl **69**
Fördernde Institution (Name, Anschrift) **Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1,1000 Berlin 33**	
Zusätzliche Angaben	

Kurzfassung

Die vorliegende verwirklichte Anlage stellt für den mobilen Dienstleistungsbereich eine große Weiterentwicklung dar. Mit Anlagen dieser Art können fortan gesundheitsschädliche und brennbare ölhaltige Schlämme und Suspensionen sicher und umweltschonend verarbeitet werden.
Durch den Einsatz der Anlage kann das Transportaufkommen zu externen Verbrennungsanlagen oder chemisch physikalischen Behandlungsanlagen erheblich reduziert werden, was nachhaltig auch zu einer Reduzierung des CO_2-Ausstoßes führt.
Die Mobilität der Anlage, welche gekennzeichnet ist durch die Verwendung von Seecontainern zur Aufnahme der Anlagenkomponenten, der Bereitstellung (Selbsterzeugung) von Stickstoff zur Inertisierung und zum Schutz vor Explosionsgefahren, der geschlossenen Verarbeitung und Handhabung der Stoffe zur Reduzierung von Emissionen und Erhöhung der Anlagensicherheit ist einzigartig.
Erstmals ist es gelungen, eine vollkommen ATEX-konforme Tricanter®-Anlage mit sämtlichen erforderlichen Nebenaggregaten für den mobilen Einsatz im Ölschlammbereich zu konzipieren und zu realisieren.
Die Detaillösungen zur Erreichung der gesteckten Ziele und Realisierung der betriebsbereiten Anlage sind im vorliegenden Abschlussbericht, insbesondere unter Punkt 4 und 5 explizit erläutert.
Die umweltschonende und entlastende Technologie der Anlage wirkt sich insbesondere auf die Minimierung entstehender Emissionen, Reduzierung möglicher Explosionsgefahren und Reduzierung des CO_2-Ausstoßes aus.

Schlagwörter

Zentrifuge, Decanter, Tricanter®, Container, mobil, gasdicht, explosionsgefährdeter Bereich, ATEX, Raffinerie, Tanklager, Ölschlamm, Sloptank, Lösemittel, brennbare Flüssigkeiten, Stickstoff, Inertisierung, Emission, Explosionsgefahr, Flammpunkt,

Anzahl der gelieferten Berichte (Papierform): 5 (Diskette): 1	Sonstige Medien:

Report-Coversheet

Reference no.: **UBA** 50 **441/26(04/6)**	Project no.:**UM-001319**
Title of the report: **Development and construction of a mobile gas-proof decanter for use in areas at risk of explosion (e.g. in refineries and tank storage areas)**	
Author(s), Surname(s), Forename(s) **Dipl.-Ing. Brückerhoff, Gerd** **Dipl.-Ing. Stadthaus, Heinz**	Start of the project **15.12.2004** End of the project (completion date): **31.12.2005**
Performing institution (name, address) **FILTRATEC** **Mobile Schlammentwässerung GmbH** **Weselerstrasse** 100 46562 **Voerde**	Publication date: **June 2006** Number of pages **69**
Sponsoring institution (name, address) **Federal Environment Agency, Bismarckplatz** 1,1000 **Berlin** 33	
Additional details:	

Abstract:

The installation that has been constructed represents a major further development for the mobile service sector. With installations of this type hazardous and inflammable slurries and suspensions containing oil can be processed safely and in an environmentally-friendlymanner.
By using the installation transport costs to external incinerators or chemical and physical treatment plants can be considerably reduced, which in the long-term also results in a reduction in CO_2- emissions.
The mobility of the installation which is characterised by the use of sea containers for receiving the installation components, the provision (own production) of nitrogen for rendering inert and ta protect against the risk of explosion, enclosed processing and handling of the substances to reduce emissions and increase the safety of the installation, is unique.
For the first time a Tricanter® installation with all the required auxiliary components and that conforms fully to ATEX has been successfully designed and constructed.
The detailed solutions for achieving the set objectives and constructing the ready-to-use installation are specifically explained in this final report, in particular in points 4 and 5.
The environmentally - friendly technology of the installation is reflected particularly in the minimisation of produced emissions, the reduction in possible explosion risks and the reduction in CO_2-discharge.

Key words
Centrifuge, Decanter, Tricanter®, container, mobile, gas-proof, area at risk of explosion, ATEX, refinery, tank depot, oil slurry, slop tank, solvent, inflammable fluids, nitrogen, rendering inert, emission, risk of explosion, flash point,

Number of supplied reports (hard copy): 5 (Diskette): 1	Other media:

Inhaltsverzeichnis

1. KURZFASSUNG 8

2. EINLEITUNG 9

2.1. Ausgangssituation 9

2.1 - ▌ - Marktpotential für mobile gasdichte Tricanter® 9

2.1.1.1. Ölschlammmengen aus der Mineralölindustrie 10

2.1.1.1 - ▌ - Rohöl 10

2.1.1.1.2. Slopöl 11

2.1.1.2. Lösemittelhaltige Schlämme aus Sonderabfall 12

2.1.1.3. Ölschlämme aus dem europäischen Ausland 12

2.2. Ziel und Aufgabenstellung 13

2.3. Kurzbeschreibung des Betriebes 13

3. KONVENTIONELLES VERFAHREN 15

3.1. Verfahrensablauf ▌ Anlagentechnik 15

3.2. Einsatzstoffe 16

3.2.1. Stoffeigenschaften der vorgesehenen Stoffe 16

3.3. Umweltauswirkungen 19

3.3.1. Emissionsreduzierung 19

3.3.2. Emissionsvermeidung 20

3.3.3. Ressourcenschonung 20

4. INNOVATIVES VERFAHREN 21

4.1. Planung (Konzept) 21

4.1 - ▌ - Das Explosionsschutzkonzept 22

4.1.2. Inertisierung als Basis des Explosionsschutzes 25

4.2. Behördliche Anforderungen 25

5. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND ERZIELTE ERGEBNISSE 27

5.1. Arbeitsplan und –schritte 28

5.2. Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage 29

5.2.1. Die Containerlösung 29
5.2.2. Ölschlammtransferpumpe 33
5.2.3. Druckluftanlage für druckluftbetriebene Anlagenteile 34
5.2.4. Stickstoffgenerator für die Inertisierung 35
5.2.5. Polymerdosierstation (FHM-Dosierstation) 37
5.2.6. Excenterschneckenpumpen 38
5.2.7. Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter 38
5.2.8. Gasdichte Boxen für die Feststoffbehälter 39
5.2.9. Feststoffbehälter 40
5.2.10. Wärmetauscher - Einheit 41
5.2.11. Dreiphasendecanter/ Tricanter® 42
5.2.12. Inertisierung der Gesamtanlage 46
5.2.12.1. Decanter – Inertisierung 47
5.2.12.2. Überwachung der Inertisierung des Tricanter® 48
5.2.12.3. Inertisierung der Baugruppen 49

6. AUSWERTUNG UND EVALUIERUNG DES VORHABENS 51

6.1. Umweltentlastung durch den innovativen Prozess 51

6.1.1. Auswirkungen auf die entstehenden Emissionen 51
6.1.2. Darstellung der Umweltauswirkungen/ -entlastungen 53
6.1.2.1. Diskussion der Ergebnisse57

6.2. Wirtschaftliche Betrachtung 58

6.2.1. Einhaltung des Finanz- und Zeitplans 58

7. EMPFEHLUNGEN 59

7.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung (Aufbau) 59

7.2. Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage 61

7.3. Zusammenfassung 62

8. LITERATUR 63

9. ANHANG, FOTODOKUMENTATION 66

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1 Rohöl Tanklager, Raffinerien und Pipelines in der BRD 10

Abbildung 3-1 Stoffeigenschaften von Benzin 18

Abbildung 4-1 Grundgedanke für die Anlage 23

Abbildung 5-1 Innenansicht Ursprungsvariante 29

Abbildung 5-2 Datenblatt für die Zentrifuge / Tricanter® 42

Abbildung 5-3 Ölschlammeintritt und Austritt der Phasen am Decanter 43

Abbildung 5-4 Hohlmantelschnecke in der Tricanter® - Trommel 44

Abbildung 5-5 Arbeitsweise der Schälscheibe 45

Abbildung 5-6 Tricanter® - Inertisierung Detailansicht 48

Abbildung 5-7 Inertisierungseinheit 49

Abbildung 5-8 Schnellausgleichsventil für die Inertisierung 50

Abbildung 6-1 Fließbild der Anlage 52

Abbildung 7-1 Zeichnerischer Blick in die Anlage 60

Abkürzungen, Maßeinheiten, Symbole

ATEX	Arbeitstitel abgeleitet aus „**AT**mospheres Explosibles"
Ex-Schutz	Explosionsschutz
g.e.A.	gefährliche explosionsfähige Atmosphäre
Tricanter®	Zentrifuge zur 3-Phasen-Trennung
BetrSichV	**Betr**iebs**Sich**erheits**V**erordnung
BGV	**B**erufs**G**enossenschaftliche Vorschriften
MaschRL	**Masch**inen**R**icht**L**inie
GPSG	Geräte-/ und **P**rodukt**S**icherheits**G**esetz
ExRL	Explosionsschutz **R**icht**L**inie
TRbF	Technische Richtlinien brennbare Flüssigkeiten

1. Kurzfassung

In Raffinerien fällt bei Tankreinigungen regelmäßig Slopöl und Olgatsch an, welcher entweder extern entsorgt oder aber vor Ort mobil aufgearbeitet werden muss. Derzeit existierende, mobile Aufbereitungs- Anlagen sind emissionsintensiv und entsprechen weitestgehend nicht den ATEX-Richtlinien.

Die vorliegende verwirklichte Anlage stellt für den mobilen Dienstleistungsbereich eine große Weiterentwicklung dar. Mit Anlagen dieser Art können fortan gesundheitsschädliche und brennbare ölhaltige Schlämme und Suspensionen sicher und umweltschonend verarbeitet werden.

Durch den Einsatz der Anlage kann das Transportaufkommen zu externen Verbrennungsanlagen oder chemisch physikalischen Behandlungsanlagen erheblich reduziert werden, was nachhaltig auch zu einer Reduzierung des CO_2 Ausstoßes führt.

Die Mobilität der Anlage, welche gekennzeichnet ist durch die Verwendung von Seecontainern zur Aufnahme der Anlagenkomponenten, der Bereitstellung (Selbsterzeugung) von Stickstoff zur Inertisierung und zum Schutz vor Explosionsgefahren, der geschlossenen Verarbeitung und Handhabung der Stoffe zur Reduzierung von Emissionen und Erhöhung der Anlagensicherheit ist einzigartig.

Erstmals ist es gelungen, eine vollkommen ATEX -konforme Tricanter® -Anlage mit sämtlichen erforderlichen Nebenaggregaten für den mobilen Einsatz im Ölschlammbereich zu konzipieren und zu realisieren.

Die Detaillösungen zur Erreichung der gesteckten Ziele und Realisierung der betriebsbereiten Anlage sind im vorliegenden Abschlussbericht insbesondere unter Punkt 4 und 5 explizit erläutert.

Die umweltschonende und entlastende Technologie der Anlage wirkt sich insbesondere auf die Minimierung entstehender Emissionen, Reduzierung möglicher Explosionsgefahren und Reduzierung des CO_p-Ausstoßes aus.

2. Einleitung

2.1. Ausgangssituation

1994 wurde die neue EG-Richtlinie 94/9/EG verabschiedet. Diese Richtlinie wurde unter dem Begriff „ATEX“ bekannt und erweitert frühere Richtlinien um Vorschriften für ,,nicht elektrische Geräte".
Die Übernahme in nationales Gesetz erfolgte in Deutschland 1996 im Gerätesicherheitsgesetz (GSG) und der Explosionsschutzverordnung (ExVO).
Eine neue Ära im Explosionsschutz begann am 01.07.2003, nachdem alle vorherigen Richtlinien zurückgezogen wurden und seit dem nur noch die ATEX-Richtlinie Gültigkeit hat.
Damit sind die nationalen Bestimmungen zu Gunsten eines einheitlichen hohen Sicherheitsstandards aufgegeben worden; ,,Gleiches Recht in allen Mitgliedstaaten".

2.1.1. Marktpotential für mobile gasdichte Tricanter®

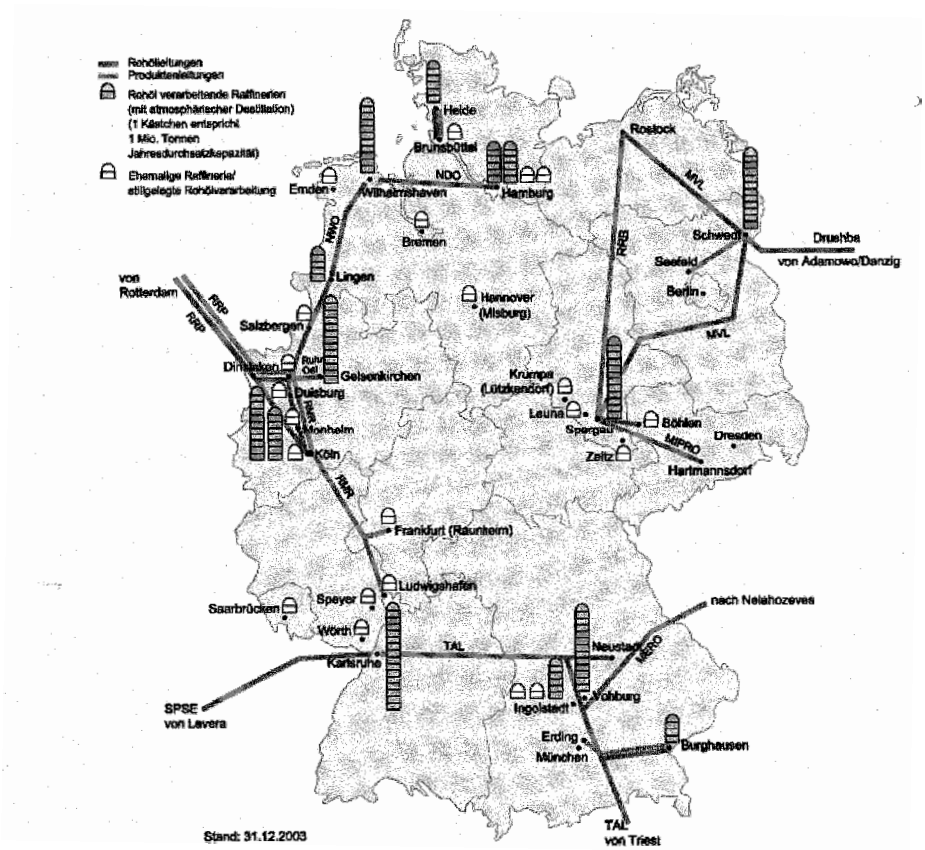
Die Gemische in den Tanks enthalten leichtflüchtige, krebserregende Stoffe und sind brennbar mit einem Flammpunkt unter 21 °C, was bei der Verarbeitung zu einer erhöhten Explosionsgefahr führt, so dass entsprechende Schutzmaß-nahmen und Vorkehrungen gem. BetrSichV und ATEX-Richtlinien zu beachten sind.

Es gibt unterschiedliche Ölschlammmengen, welche nachfolgend weiter aufgeschlüsselt werden:

2.1.1.1. Ölschlammmengen aus der Mineralölindustrie

2.1.1.1.1. Rohöl

Rohöl wird über Export oder eigene Förderung in den einzelnen Regionen bis zur weiteren Verarbeitung in Tanklagern zwischengelagert. Eine Betriebssicherheit für die Verarbeitung innerhalb der deutschen Raffinerien wird dadurch gewährleistet, dass eine entsprechend große Rohöl-Lagerkapazität vorhanden sein muss und die Lieferung von neuem Rohöl in die Tanklager durch zwei völlig voneinander unabhängigen Rohölpipelines erfolgen kann. Diese so genannten Pipeline-Gesellschaftenhaben ebenfalls Rohöltanks.
Die nachfolgende Grafik zeigt Raffinerien, Pipelines und die wesentlichen Tanklager in der Bundesrepublik:



Quelle: Mineralölwirtschafsverband e.V.

Abbildung 2-1 Rohöl Tanklager, Raffinerien und Pipelines in der BRD

Aufgrund der Jahresdurchsatzleistungen aller deutschen Raffinerien und der Annahme, dass jede Raffinerie rd. 5 % der Jahresdurchsatzleistung als Stapelvolumen vorhält, um Betriebsausfälle und Lieferengpässe zu vermeiden, ergibt sich hieraus eine Gesamtlagerkapazität für Rohöl von angenommenen 5,7 Mio. m^3.
Die Rohöltanks sind durchschnittlich alle 5 Jahre zu überprüfen. Unterstellt man, dass die Rohöltanks im Durchschnitt eine Höhe von ca. 10 m haben, stehen somit ca. 114.000 m^2 Rohölfläche in 5 Jahren zur Reinigung an.
(5.700.000 m^3 / 5 Jahre / 10 Meter = 114.000 m^2)

In den Tanks sammelt sich im Zeitraum bis zur Außerbetriebnahme ca. 30 cm Gatsch (Rost, Sand, Rohöl, Wasser) an. Zur Reinigung und Spülung kommen dann noch ca. 10 cm Gasöl dazu. Somit entsteht mit der Fläche von 114.000 m^2 und 0,4 m Füllhöhe eine Verarbeitungsmenge von 45.600 m^3 pro Jahr.
(114.000 m^2 x 0,4 m = 45.600 m^3)

Bei einer unterstellten Durchsatzleistung von 15.000 m^3/a für eine gasdichte Decanter-Anlage ergibt sich ein Bedarf von ca. 3 Anlagen, die diese Mengen abarbeiten könnten.

2.1.1.1.2. Slopöl

Des Weiteren wird grundsätzlich ein bestimmter Prozentsatz bei der Rohölverarbeitung im Produktionsprozess verunreinigt und einem so genannten Slopsystem zugeführt.
Wenn man vorsichtig unterstellt, dass ca. 10 % der Raffinerien in Deutschland einen Alternativweg zur externen Entsorgung ihrer Slopöle durch Verarbeitung mit einem Decanter sehen und sich davon nur lediglich 20 % für eine mobile Aufbereitung vor Ort entscheiden, ergibt sich aufgrund eigener Daten eine Gesamtschlammmenge von ca. 315.000 m^3/a; entsprechend 21 Anlagen, die diese Mengen abarbeiten könnten.

2.1.1.2. Losemittelhaltige Schlämme aus Sonderabfall

Weiterer Bedarf für die neue Technologie ist in Sonderabfallzwischenlagern, Lösemittel-Tanklagern (z.B. in der Chemischen- und der Zementindustrie) vorhanden.

Dem Entsorgungsbericht für NRW 2002 des Ministeriums für Umwelt- und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes konnte entnommen werden, dass erhebliche Mengen an Altölen, Lösemitteln und Mineralölabfällen zu externen Entsorgungsanlage transportiert werden. Bestimmte Fraktionen daraus könnten in Zukunft vor Ort verarbeitet werden. Dies vermeidet außerdem einen dann unnötigen „Mülltourismus".

2.1.1.3. Ölschlämme aus dem europäischen Ausland

Weiterer Bedarf besteht im gesamten europäischen Ausland, da alle Raffinerien ähnliche Betriebsstätten haben. Gemäß Angaben des Mineralölwirtschaftsverbandes lagen die Raffineriekapazitäten in der Europäischen Union im Jahr 2003 bei 675,3 Mio. Tonnen. Grob geschätzt ließe sich bei Zugrundelegung der Annahmen aus 2.1.1.1.1 und 2.1.1.1.2 hieraus ein weiterer Bedarf von mindestens 100 weiteren gasdichten Decantern ableiten. Hinzu kommen auch hier Mengen aus dem Bereich Sonderabfall.

2.2. Ziel und Aufgabenstellung

Durch die ATEX-Richtlinie sind z.B. bei der Verarbeitung von Stoffen, bei denen mit gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre gerechnet werden muss, die in o. g. Richtlinie vorgeschriebenen Vorgaben für die einzusetzenden Gerate und Maschinen voll inhaltlich zu beachten.

Konkret bedeutet das, dass zukünftig unter Berücksichtigung der Übergangsvorschriften und dem Bestandsschutz für Altanlagen, bestehende Anlagen und neue Anlagen nicht nur mit elektrischem, sondern auch mit mechanischem Explosionsschutz ausgerüstet sein müssen.

Ferner sind aufgrund weiterer gesetzlicher Vorgaben bei bestimmten Prozessen die Emissionen auf ein Minimum zu reduzieren (BImSchG).

Bisherige Anlagen erfüllen diese Maßgaben nicht!

2.3. Kurzbeschreibung des Betriebes

FILTRATEC Mobile Schlammentwässerung GmbH ist Dienstleister im Bereich der mobilen Schlammentwässerung und verwendet hierzu mobile Anlagen, insbesondere Kammerfilterpressen, Membrankammfilterpressen sowie Zentrifugen (Zwei-Phasen-Decanter und Drei-Phasen-Tricanter®) und sonstiges Equipment.

Zum Portfolio der FILTRATEC Mobile Schlammentwässerung GmbH gehören nachfolgende Servicedienstleistungen:

Fest-Flüssig-Trennung

Entwässerung industrieller und kommunaler Schlämme
Filtration von Produkten, z.B. Laugen, Säuren, Ölen, Gemischen

- Decantierung von Öl-Wasser-Feststoffgemischen, z.B. aus Chemie/Petrochemie, Stahlwerken

Chemisch-Physikalische Behandlung

- Entgiftung von Medien, z.B. Cyanid, Chrom-VI, H_2S
  Neutralisation von Säuren und Laugen
- Flockung und Fällung, z.B. von Schwermetallen

Aufbereitung von Medien

Resuspendierung von Feststoffen
z.B. Filterkuchen und Stäube
Homogenisierung von Suspensionen
Klassierung und Fraktionierung von Gemischen
z.B. Sand-Wasser, Granulat-Wasser
Waschen von Produkten mit unterschiedlichen Medien
z.B. Wasser, Laugen, Säuren

Abwasserbehandlung

Reinigung von Abwasser durch Sedimentation oder Flotation
Eindicken von Suspensionen
Abtrennen von Leichtstoffen
z.B. Ölanteilen

- Abwasserreinigung durch Adsorption
  z.B. an Aktivkohle

Sedimentbehandlung

- Bergung und anschließende Behandlung aus der Bewirtschaftung von Teichanlagen und Schlammdeponien.

Bei nahezu allen Tätigkeiten stehen aufgrund der gehandhabten Stoffe umweltrelevante Aspekte im Vordergrund und bilden daher oftmals die Grundlage der gesamten Tätigkeit.

3. Konventionelles Verfahren

Explosionsgefährdete Bereiche sind dadurch gekennzeichnet, dass ein Gemisch aus Luft und brennbaren Gasen, Dämpfen, Nebeln oder Stäuben vorliegt und können daher prinzipiell überall dort vorhanden sein, wo beispielsweise brennbare Flüssigkeiten verwendet oder gelagert werden. Sie finden sich u.a. in chemischen Werken, Tankanlagen oder Raffinerien.

Bei der Lagerung von Rohöl in Raffinerien setzen sich mit der Zeit am Boden der Raffinerietanks Schichten, bestehend aus schweren Kohlenwasserstoffen (Paraffinen) und anorganischen Feststoffen wie Sand oder Rost, ab, die z.B. bei Tankrevisionen und wiederkehrenden Prüfungen in regelmäßigen Abständen entfernt werden müssen. Bei der Reinigung der Tanks fällt neben den Öl- und Feststoffbestandteilen außerdem eine Wasserfraktion im Tank an.

Des Weiteren entstehen bei der Rohölproduktion in den Anlagen und bei der Reinigung von Anlagenteilen ölhaltige Reststoffe und Abwässer, bestehend aus Öl, Wasser und Feststoffen. Diese Reststoffe und Abwässer werden in so genannten Sloptanks zwischengelagert, da sie nicht weiter destilliert werden können. Bei Erreichung der maximalen Lagermenge ist eine Entleerung und Aufarbeitung der Gemische erforderlich.

3.1. Verfahrensablauf / Anlagentechnik

Aus wirtschaftlichen Gründen erfolgt i.d.R. keine Entsorgung in externe Entsorgungsanlagen, sondern eine Aufarbeitung der Gemische vor Ort. Vorteilhaft ist zum einen die Möglichkeit der Wiederverwendung des zurück gewonnenen Öls und zum anderen die Reduzierung der Transport-/ und Entsorgungskosten.

Hierbei werden zumeist Tricanter® zur Trennung in die drei Phasen Feststoff, Wasser und zur Weiterverarbeitung geeignetes Öl eingesetzt.

Derzeit verwendete mobile Tricanter®-Anlagen sind nach alten Explosionsschutz–Richtlinien lediglich mit elektrischem Explosionsschutz ausgerüstet.

Entscheidend für eine effektive Trennung der Gemische ist die Vorbehandlung u.a. durch Erwärmung. Der niedrige Flammpunkt der Gemische lässt dieses aber nicht zu, da durch die Erwärmung der Flammpunkt überschritten wird und eine explosionsfähige Atmosphäre entstehen würde. Die neu konzipierte Anlage ist so aufgebaut, dass eine Verarbeitung in einem gasdichten Tricanter® unter Stickstoffatmosphäre erfolgt und somit die Überschreitung des Flammpunktes kein Problem mehr darstellt.

3.2. Einsatzstoffe

3.2.1. Stoffeigenschaften der vorgesehenen Stoffe

Rohöl ist ein Naturprodukt und unterscheidet sich nach seiner Herkunft erheblich in seiner Zusammensetzung. Erdöl (CAS-Nr.: 8002-05-9) ist eine komplexe Mischung von Kohlenwasserstoffen und besteht in erster Linie aus aliphatischen, alicyclischen und aromatischen Kohlenwasserstoffen. Der Siedebereich liegt zwischen 180 "C und 220 "C. Manche Erdöle sind dünnflüssig, von strohgelber Farbe, manche dickflüssig, beinahe schon fest und tiefschwarz.

Der Flammpunkt von Erdöl hängt vom Gehalt an leichter siedenden Komponenten ab. Je nach Herkunft und Stabilisierungsgrad des Erdöls können Flammpunkte zwischen –20 "C und +80 °C auftreten.

In Verbindung mit Luft muss durch das Freiwerden von entzündlichen Gasen und Dämpfen von einer Explosionsgefahr ausgegangen werden.

Erdöl wird als krebserzeugend und umweltgefährlich eingestuft!

Die Vielzahl möglicher Stoffe entzieht sich einer Einzelbeurteilung.
Um einen Beurteilungsmaßstab zugrunde zu legen, wird als Vergleichsstoff hinsichtlich seiner Eigenschaften Ottokraftstoff herangezogen.

Stoffeigenschaften von Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten	
Stoffbezeichnung	**Ottokraftstoff "Benzin"**
Charakterisierung Quelle	Gemisch von Kohlenwasserstoffen differierender Zusammensetzung • Gemisch von ca. 150 Kohlenwasserstoffen mit 5 - 12 C-Atomen, in dem neben Alkanen noch wechselnde Mengen von Alkenen, Cycloalkanen und -alkenen sowie Aromaten enthalten seinkönnen. • Hochentzündliche Flüssigkeit • Dämpfe bilden mit Lufi explosionsfähiges Gemisch. • Sehr schwer löslich in Wasser • Leichter als Wasser. • Leicht flüchtig. • Dämpfe schwerer als Luft.
UN-Nr.	1203
Gefahrklasse nach der ehemaligen VbF	AI
Einstufung nach GefStoffV	Hochentzündlich Giftig Umweltgefährlich
Kennzeichnung nach GefStoffV	F*; T; N
Siedetemperatur T_{SdP} bei P Quelle Gestis-Stoffdatenbank	Siedebeginn : ca. 35 - 45 "C Siedeende : ca. 250 "C (bei 101,3 kPa)
Dichteverhältnis Stoff zu Luft	4 : 1
Flammpunkt TFIP Quelle/Methode Gestis-Stoffdatenbank	TFIP = - 20 °C

Stoffeigenschaften von Gasen, Dämpfen, Flüssigkeiten	
Stoffbezeichnung	**Ottokraftstoff "Benzin"**
Untere Explosions-Grenze bei T bei P Quelle/Methode Gestis-Stoffdatenbank	φ(UEG) = 0,6 % (φ: Volumenanteil)
Obere Explosions-Grenze bei T bei P Quelle/Methode Gestis-Stoffdatenbank	φ(OEG) = 7,6 % (φ: Volumenanteil)
Sauerstoff-Grenz-Konzentration in Stickstoff (Inertgas) Quelle/Methode	φ(SGK) = 11,2 %
Sauerstoff-Grenz-Konzentration in Kohlendioxid (Inertgas) Quelle/Methode	φ(SGK) = 12,9 %
Zündtemperatur Tz Quelle/Methode	T_Z = ≈ 220 °C
Zulässige Temperaturklasse Quelle	T 3
Normspaltweite NSW QuelleIMethode	NSW = mm
Explosionsgruppe Quelle/Methode	II A
Maximaler Explosionsdruck P_{max} (Absolutwert) QuellelMethode	P_{max} = 800kPa P_{max} = 8 bar

Abbildung 3-1 Stoffeigenschaften von Benzin

3.3. Umweltauswirkungen

3.3.1. Emissionsreduzierung

Neben den Fragen der Explosionssicherheit spielt die Emissionsreduzierung für den Bau einer mobilen Tricanter®-Anlage eine wichtige Rolle, da die Emissionen auch das Gefährdungspotential für die Explosionsgefahr bilden.

Eine genaue Bewertung ist leider nicht möglich, weil dazu derzeit keine Messungen vorliegen. Grundsätzlich kann jedoch nachfolgende Abschätzung herangezogen werden:
Ein Decanter dreht mit einer Geschwindigkeit von über 3.000 Umdrehungen pro Minute und funktioniert damit wie ein Ventilator. Durch das offene System eines nicht gasdichten Decanters saugt die Maschine an ihren verschiedenen Öffnungen Umgebungsluft an, kontaminiert die Umgebungsluft mit dem zu verarbeitenden leichtflüchtigen Produkten und wirft sie wieder an dem Flüssigkeits- und Feststoffauslass heraus. Wir schätzen die dadurch entstehende Abluftmenge auf ca. 200 m^3/h. Aufgrund der Verarbeitungstemperaturen und der entsprechenden Partialdrücke der leichtflüchtigen Produkte ergeben sich dabei hochkonzentrierte Abluftströme mit Kohlenwasserstoffkonzentrationen um 250 g/m^3 und somit erhebliche Emissionen.

Eine explosionsfähige Atmosphäre dadurch zu verhindern, indem die angeführte Luft soweit verdünnt wird, so dass die Konzentration an brennbaren Bestandteilen immer unterhalb der unteren Explosionsgrenze liegt, ist zum einen nach TA–Luft unzulässig und zum anderen entstehen dabei Luftmengen von bis zu 2.500 m^3/h, welche anschließend durch ein Fackelsystem aufwendigst verbrannt werden müssten.

3.3.2. Emissionsvermeidung

Natürlich ist auch die Emissionsvermeidung ein wesentlicher Punkt, da der Einsatz einer mobilen Aufbereitungsanlage vor Ort und die dabei verwendete Technik Emissionen gänzlich vermeiden kann.
Wird bei einer Tankreinigung keine Aufbereitung der anfallenden Ölschlämme vor Ort weder durch mobile noch durch stationäre Anlagen durchgeführt, müssen die anfallenden Schlämme mittels Saugwagen aus dem Tank entnommen und einer externen Aufbereitung oder Verwertung / Entsorgung zugeführt werden. Die dabei entstehenden Emissionen sind vielfältig, da zum einen die Saugwagen erhebliche Emissionen verursachen und zum anderen je nach Art der Weiterbehandlung / Entsorgung ebenfalls erhebliche zusätzliche Sekundäremissionen entstehen.
Auch der Transport der Schlämme per Saugwagen zu den Anlagen erzeugt Emissionen in Form von Abgasen aus den Dieselmotoren.

3.3.3. Ressourcenschonung

Nach Schätzungen von Experten wird der Mineralölverbrauch in den nächsten Jahren auch weiterhin steigen, insbesondere in den Wachstumsländern China und Indien. Für Europa hingegen wird ein relativ moderater Anstieg prognostiziert. Dieses wird u.a. auch auf verbesserte Techniken, Energieeinsparmaßnahmen und neue Verfahren zurückzuführen sein.

Die Prognosen über den Mineralölbedarf einzelner Bereiche jedoch verkünden ein düsteres Bild, da insbesondere der Mineralölbedarf für den Transportsektor deutlich zunehmen wird.

Auch hier gilt es, durch innovative Techniken das notwendige Transportaufkommen auf ein Minimum zu reduzieren, und damit nebenbei auch positive Effekte auf die Verkehrsbelastung zu erreichen.

Die mobile gasdichte Tricanter®–Anlage trägt zur Ressourcenschonung bei, da sie nachhaltig das Transportaufkommen reduziert.

4. Innovatives Verfahren

4.1. Planung (Konzept)

Die derzeit am Markt verfügbaren mobilen Decanter erfüllen allesamt nicht die neu geschaffenen Standards der neuen EU-weiten ATEX-Richtlinie. Vorhandene Lösungen erfüllen zwar den elektrischen, nicht aber den mechanischen Ex-Schutz.
Die neue TA-Luft reglementiert darüber hinaus auch Emissionen diffuser Quellen, die in bisherigen verfahrenstechnischen Lösungen keine Beachtung fanden.
Um eine gesetzeskonforme Verarbeitung der Ölschlämme sicherzustellen, muss ein gasdichter und inertisierter Decanter (Verarbeitung unter Stiekstoffatmosphäre) verwendet werden. Zudem sind zusätzliche Schutzmaßnahmen an den Nebenaggregaten hinsichtlich Explosions- und Emissionsschutz zu gewährleisten.

Auch der Feststoffaustrag, der sonst offen ist, wird zur Inertisierung mit Stickstoff überlagert. Die Anlage wird somit frei von diffusen Emissionen sein und es besteht keine Gefahr der Exposition der Mitarbeiter durch gesundheitsschädliche und krebserregende Stoffe.

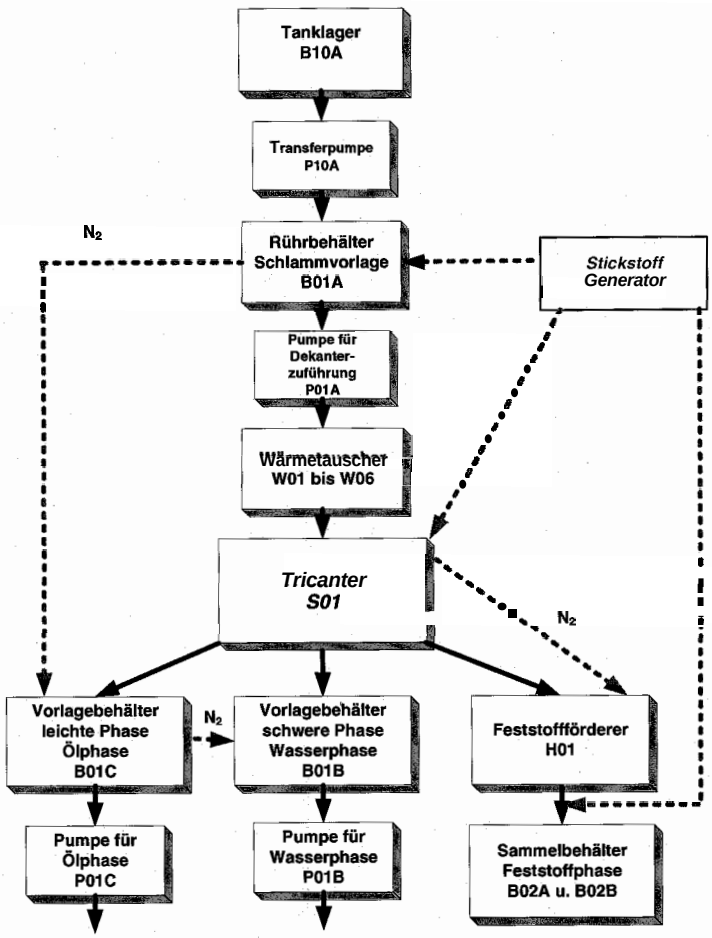
4.1.1. Das Explosionsschutzkonzept

Wie schon erwähnt, wurde im Vorfeld der Planung ein Konzept zur Verhinderung von Explosionen entwickelt, welches durch den RWTÜV unter dem Titel:

Feststellung, Abschätzung und Bewertung
der Explosionsgefahren,
Explosionsschutzkonzept,
Maßnahmen zur Gefahrenminderung
gemäß
Richtlinie 98/37/EG (Maschinenrichtlinie)
und der
Richtlinie 94/9/EG (Explosionsschutzrichtlinie)
für die
mobile Tricanteranlage
der
FILTRATEC Mobile Schlammentwässerung GmbH, 46562 Voerde

gutachterlich uberpruft und als Explosionsschutzkonzept festgeschrieben wurde. Dieses Explosionsschutzkonzept bildet die Basis für die in der Anlage realisierten Explosionsschutzmaßnahmen.

Abbildung 4-1 Grundgedanke für die Anlage



Eine der wesentlichen Voraussetzungen zur Realisierung des Projektes war die kompromisslose Anforderung an die Mobilität der gesamten Anlage. Dabei stand die wirtschaftliche Realisierbarkeit ständig im Vordergrund.
Folgende Randbedingungen hinsichtlich Mobilität waren miteinander zu verknüpfen und in Einklang zu bringen:

- Möglichst kompakte Transporteinheiten
- Vielseitige Transportmöglichkeit (Straße, Bahn, ggf. Schiff)
- Keine besonderen Anforderungen an die Transportfahrzeuge

- „Normale" Außenabmessungen und Transportgewichte zur Vermeidung von Schwertransporten
- Geringer Transportaufwand (geringe Anzahl an benötigten Fahrzeugen)
- Sämtliches benötigtes Equipment muss auf der Anlage vorhanden sein. Dazu zählt z.B. auch ein Gabelstapler zum Handling der Feststoffbehälter, sämtliche benötigte Schlauchleitungen und sonstiges Equipment sowie z.B. eine Transferpumpe zur Beschickung der Anlage
- Wetterschutz und Wintertauglichkeit auch für den Transport

Auch kundenspezifische Gesichtpunkte mussten Berücksichtigung finden, um die Anlage später problemlos in den Werken transportieren, montieren und betreiben zu können. Hierzu zählten u.a. nachfolgende Randbedingungen:

- „Normale" Außenabmessungen und Transportgewichte
- Verkranbar mit Standardautokränen
- Wetterschutz und Wintertauglichkeit für jahreszeitlich uneingeschränkte Einsetzbarkeit
- Keine besonderen Anforderungen an den Aufstellungsuntergrund (befestigte Aufstellungsfläche ausreichend)
- Vertretbarer Energiebedarf (Strom, Dampf), so dass dieser problemlos auch in den Tankfeldern zur Verfügung gestellt werden kann
- Eigenproduktion von Druckluft, Instrumentenluft und Stickstoff, da derartige Betriebsstoffe und Sekundärenergien in den Tankfeldern meist nicht verfügbar sind
- Aufstellung in Tankfeldern in unmittelbarer Nähe zu den Lagertanks in Ex-Zone 2 möglich

Selbstverständlich stellt die erforderliche Technik weitergehende Anforderungen an sich selbst und die Peripherie. In den nachfolgenden Kapiteln wird darauf noch näher und explizit eingegangen, daher hier nur einige Stichpunkte:

- Übersichtliche aber kompakte Bauweise
- Unempfindlich gegen äußere Transport-/ und Witterungseinflüsse
- Beständig gegen Korrosion durch chemische Einwirkungen der Stoffe
- Zuverlässlich und bedienungsfreundlich
- Geringer Personalbedarf
- Geringe Reparaturanfälligkeit aber trotzdem wartungs-, service- und reparaturfreundlich

4.1.2. Inertisierung als Basis des Explosionsschutzes

Schnell wurde klar, dass der elektrische Explosionsschutz aufgrund jahrzehntelanger Etablierung im Markt für die Realisierung des Projektes keinen Hinderungsgrund darstellt.
Auch der mechanische Explosionsschutz des Tricanters® selber war nachweislich durch den Anlagenhersteller EG-konform gelöst.
Die Herausforderung im Hinblick auf den Explosionsschutz lag in der Konzeption der Gesamtanlage, da es galt, eine sowohl technisch funktionsfähige als auch wirtschaftlich vertretbare Lösung zu entwickeln.

4.2. Behördliche Anforderungen

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei den aufzuarbeitenden Gemischen um brennbare Flüssigkeiten nach BetrSichV mit einem Flammpunkt kleiner 21 °C, welche u.a. leichtflüchtige, krebserregende Stoffe beinhalten, woraus nachfolgende Kernziele die Basis der Planung bildeten:

- Uneingeschränkte Realisierung des Explosionsschutzes nach ATEX-Richtlinien
- Reduzierung von Emissionen
- Eliminierung diffuser Emissionsquellen

sowie weitere übergeordnete globale Umweltschutzanforderungen und Effekte.

Viele gesetzliche Grundlagen und Anforderungen gelten nur für stationäre Anlagen, nicht aber für mobile Anlagen, insbesondere nicht bei zeitlich befristeten Einsätzen. Dennoch wurde bei der Planung und Realisierung der Anlage zugrunde gelegt, dass sämtliche gesetzlichen Anforderungen wie bei stationären Anlagen uneingeschränkt auch hier Gültigkeit haben. Nachfolgende Aufstellung gibt einen groben Überblick über die gesetzlichen Rahmenbedingen, einzuhaltenden Verordnungen, Richtlinien, etc.

- ATEX- Richtlinien (ATEX-RL)
- Maschinenrichtlinie (MaschRL)
- Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG)
- Betriebssicherheits-Verordnung (BetrSichV)
- Technische Richtlinien brennbare Flüssigkeiten (TRbF)
- Wasserhaushaltsgesetz / Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (WHG / VAwS)
- Verwaltungsvorschriften zum Vollzug der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VV-VAwS)
- Berufsgenossenschaftliche Vorschriften (BGV)
- VDI- und VDE-Normen
- DIN-Normen
- etc.

5. Durchgeführte Untersuchungen und erzielte Ergebnisse

Nachdem die neue ATEX–Richtlinie ihre Gültigkeit erlangte, wurde schnell klar, dass die bestehenden Anlagen keinen ausreichenden Schutz gegen Explosionsgefahren bieten, da eine potentielle Explosionsgefahr durch mechanische Zündquellen bestand, jedoch kein mechanischer Explosionsschutz vorhanden war. Der gesetzlich zugesicherte Bestandsschutz für Altanlagen, sofern keine Änderungen vorgenommen werden, war an der Stelle nur wenig hilfreich.

Eine neue Technologie musste her!

Für den Übergangszeitraum bis zur Realisierung einer neuen Anlage wurden umgehend weit reichende Verfahrensänderungen beschlossen, welche die Sicherheit bei der Arbeit mit den bestehenden Anlagen auf andere Weise gewährleisten.
Insbesondere wurde bei FILTRATEC das Betreiben von Anlagen bei Temperaturen oberhalb des Flammpunktes grundsätzlich untersagt, so dass durch den Betrieb der Anlagen keine gefährlichen explosionsfähigen Atmosphären zu befürchten sind. Zur Erhöhung der Sicherheit wurde darüber hinaus beschlossen, die Anlagen nur noch mit einem Sicherheitsabstand von 15°C zum Flammpunkt zu betreiben. Dazu war es erforderlich, kontinuierlich Messungen des Flammpunktes mit entsprechend geeigneten Messgeräten durchzuführen.

5.1. Arbeitsplan und –schritte

Januar	2004	Idee und erste Konzepte
Februar	2004	Erste R&I Fließbilder im Entwurf, Aufstellungsvarianten
April	2004	Erste Gespräche mit dem RWTÜV zur Erarbeitung eines Explosionsschutzkonzeptes
Juli	2004	Anfrage über mögliche Förderungsmöglichkeiten beim kfw
August	2004	Erster Entwurf des Explosionsschutzkonzeptes
November	2004	Formeller Antrag zur Förderung von Demonstrationsvorhaben
Dezember	2004	Endfassung Explosionsschutzkonzept
Dezember	2004	Genehmigung des vorzeitigen Beginns des Vorhabens
Dezember	2004	Vorzeitiger Beginn des Vorhabens (15.12.2004)
Dezember	2004	Beauftragung des Generalunternehmens zum Bau der Anlage
Februar	2005	Förderungszusage durch den Bundesumweltminister
März	2005	Antrag auf Vorhabensverlängerung und Erhöhung des Investitionsplans
April	2005	Erste Konzeptvorstellung auf der IFAT München
Mai	2005	Erste Pressemitteilung durch den BMU-Pressedienst
September	2005	Genehmigung des geänderten Invest- und Finanzplans
Dezember	2005	Lieferung der Anlagen
ab Juni	2006	Einsatz in Raffinerien

5.2. Aufbau und Inbetriebnahme der Anlage

Schon in sehr frühem Planungsstadium wurde die Idee geboren, die Anlage mit allen Nebenaggregaten in Containerbauart zu fertigen, d.h. die gesamte Anlage in Standard-Seecontainern unterzubringen, welche gegenüber anderen Lösungen (z.B. feste Montage auf LKW-Auflieger) erhebliche Vorteile haben. Standard–Seecontainer lassen sich u.a. universell und nahezu überall hin transportieren und benötigen kein aufwendiges Fahrgestell, welches ggf. nur durch gleichartig ausgestattete Zugmaschinen zu bewegen sind.

Aufgrund der Überlegungen, die Anlage in Seecontainern unterzubringen, ergab sich nachfolgendes Ursprungsaufstellungskonzept, welches dann im Zuge der Detailplanung konkretisiert wurde und den entsprechenden Feinschliff erhielt.

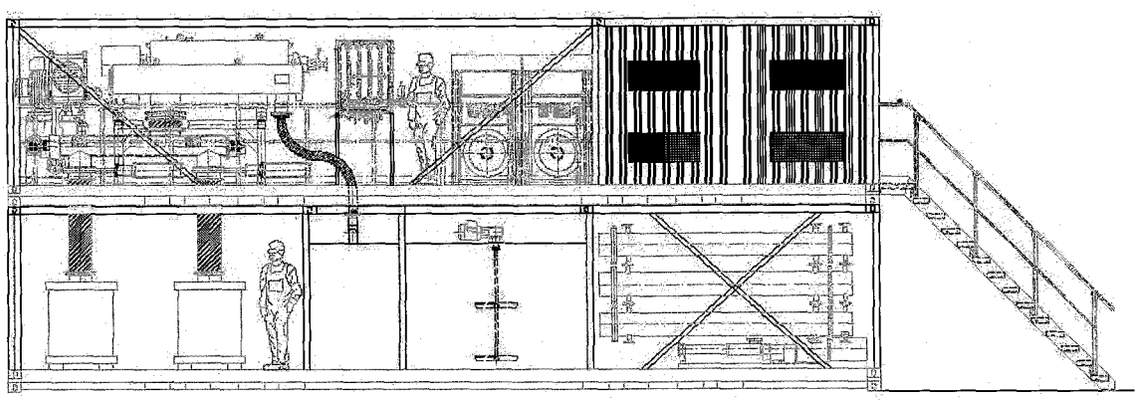


Abbildung 5-1 Innenansicht Ursprungsvariante

5.2. ▮ - Die Containerlösung

Der geplante Systemaufbau in Seecontainern gestattet standardisierte internationale Transporte, so dass auch der Einsatz im gesamten Ausland, transportlogistisch keine Probleme darstellt.

Standard–Seecontainer haben eine Außenhöhe von max. 2590 mm, so dass eine verfügbare Innenraumhöhe von max. 2370 mm zur Verfügung steht.
Diese Innenraumhöhe war nicht ausreichend, so dass ein „High Cube" Container mit mehr als 300 mm zusätzlicher Innenraumhöhe gewählt wurde.

Im ersten Anlagenentwurf waren bereits zwei Container übereinander gestapelt vorgesehen, wobei sich der eigentliche Tricanter® im oberen Container befindet, was u.a. nachfolgende Vorteile bietet:

- Reduzierung häufiger Platzprobleme aufgrund beengter Räumlichkeiten beim Kunden vor Ort
- Unproblematischer Feststoffabwutf nach unten möglich
- Oberer Container außerhalb von bestehenden Ex-Bereichen
  Kurze Anschluss- und Verbindungsleitungen

In beiden Containern wurde aus Gründen des Gewässerschutzes der Standardholzboden im Innenbereich mit Edelstahlriffelblech und seitlicher Aufkantung abgedeckt und somit zur Auffangwanne ausgebildet.

Im unteren Container werden u.a. der doppelwandige Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter einschließlich Excenterschneckenpumpen und die beiden Feststoffbehälter in gasdichten Boxen, welche noch später näher erläutert werden, aufgestellt. Diese Anordnung ist aus folgenden Gründen sinnvoll:

I. Schwere Ausrüstungsteile müssen tief unten stehen, was Raumnutzung, Statik und Schwerpunktsgründe erforderlich machen.
II. Die Zuführungsschläuche für die zu decantierenden Ölschlämme sowie die wegführenden Schlauchleitungen für die Wasser- und Ölphasen als auch die Sekundärenergieleitungen können ebenerdig gefahrlos an die Anlage angeschlossen werden.

III. Die Flüssigkeitsbehälter können problem- und gefahrlos ebenerdig visuell kontrolliert und nach den mobilen Einsätzen ggf. gereinigt werden.

IV. Die Öl und Wasserphasen vom Tricanter® können mit natürlichem Gefälle, ohne Verwendung zusätzlicher Pumpen, nach unten in die Flüssigkeitsbehälter abfließen. Ferner besteht die Möglichkeit, jederzeit im freien Auslauf eine Probennahme durchzuführen und die Qualitäten zu kontrollieren.

V. Das Be- und Entladen der Feststoffbehälter ist ebenfalls nur vom unteren Container möglich, weil der Tricanter® nach unten hin abwirft und der Abtransport der Feststoffbehälter mittels Gabelstapler aus dem unteren Container eine logische Konsequenz darstellt. Die Feststoffbehälter befinden sich während des Betriebs der Anlage in gasdicht abgeschotteten und inertisierten Feststoff-Boxen.

VI. Leckagen sind unten generell leichter zu beheben als oben im zweiten Container.

Oberhalb der Feststoff-Boxen befindet sich die reversierende Abwurfschnecke für den Feststoffaustrag der Zentrifuge.

Entsprechend den Aufgaben, die der untere Container zu erfüllen hat, musste er konstruktiv und statisch nachgerüstet werden, da tragende Wände aus Bedien- und Zugänglichkeitsgründen geöffnet oder entfernt werden mussten. Unter Beibehaltung der typischen Eigenschaften eines Seecontainers mussten die Lasten über zusätzliche Stützen und Träger neu abgefangen werden.

Der obere Container ist mit dem unteren Container über die bewährten Twist-lock Verriegelungen an den 4 Ecken sicher verbunden. Diese Art der Verriegelung wird beim LKW, Eisenbahn- und Schiffstransport dazu verwendet, die Container untereinander bzw. auf dem Anhänger oder dem Waggon fest und sicher zu verbinden.

Aufbauend auf dem Konzept des unteren Containers wurde der obere Container wie folgt aufgebaut:
Der obere Container ist in zwei Hälften unterteilt und mit einer Schiebetür vom vorderen Teil abgetrennt. Im hinteren Teil befindet sich neben dem eigentlichen Tricanter® auch der Stickstoffgenerator und der Stickstoffvorratsbehälter mit 1.000 l Inhalt.

Genau über den Feststoffbehältern im unteren Container ist der Tricanter® positioniert. Der Feststoffaustragsschacht des Tricanters ® wirft den Feststoff über eingebaute Kompensatoren und einen Feststoffschieber direkt vom oberen Container in den unteren Container auf die bereits zuvor erwähnte ßeststofftransportschnecke. Aus dieser reversierenden Schnecke fällt der Feststoff wechselseitig in die Feststoffbehälter im unteren Container.
Die Öl - und Wasserphasen vom Tricanter® fließen mit natürlichem Gefälle nach unten in die Flüssigkeitsbehälter.
Im vorderen Teil des oberen Containers befindet sich die Öffnung für die aufsteigende Treppenanlage, die Elektroschaltschränke, die Druckluftanlage mit Schraubenverdichter, Kältetrockner und Vorratsbehälter mit 1.000 l Inhalt sowie die Polymeraufbereitungsanlage.

Zur Sicherstellung eines zweiten Fluchtweges für den Gefahrfall wurde an der hinteren Stirnseite des oberen Containers ein Notabstieg geschaffen.

5.2.2. Ölschlammtransferpumpe

Für die Forderung der zu decantierenden Ölschlämme zur Tricanter®-Anlage war im ersten Konzept eine Excenterschneckenpumpe eingeplant, die aus Gründen der Ersatzteilhaltung baugleich zu den bereits innerhalb der Anlage vorgesehen Pumpen war.

Diese Pumpe muss mobil einsetzbar sein und jeweils im Tankfeld in unmittelbarer Nähe zu den Öltanks aufgestellt und betrieben werden können, was grundsätzlich kein Problem darstellt. Die Verwendung einer Excenterschneckenpumpe hat jedoch gravierende Nachteile:

- Große Abmessungen, insbesondere große Baulänge und Gewicht
- Erheblicher elektrischer und steuerungstechnischer Aufwand im Ex-Bereich
- Große Anschlussleistung und damit einhergehend große Kabelquerschnitte für die Zuleitungen

Aus vorgenannten Gründen wurde die Verwendung einer Excenterschneckenpumpe verworfen und statt dessen der Einsatz einer Luftmembranpumpe beschlossen, welche für den erforderlichen Betrieb in der Nähe des Öltankes im Ex-Bereich besonders prädestiniert war und somit nachfolgende Vorteile hat:

- Unproblematischer Einsatz im Ex-Bereich
- Keine elektrischen Komponenten und Anschlüsse im Bereich der Pumpe erforderlich
- Kompakte Bauweise, geringe Baulänge, geringes Gewicht
- Geringer und unproblematischer Steuerungsaufwand
- Lediglich Luft zum Betrieb erforderlich

Während des Transportes der Anlage wird die Luftmembranpumpe unterhalb der Treppe im unteren Container untergebracht, da die Treppe durch ihre platzsparende Konstruktion hochgeklappt werden kann und damit ausreichender Platz für die Pumpe zur Verfügung steht.

5.2.3. Druckluftanlage für druckluftbetriebene Anlagenteile

Folgende Aggregate benötisen Druckluft:

- Stickstoffgenerator, der durch Separation der gasförmigen Luftbestanteile aus Luft 96 %igen Stickstoff zur Inertisierung herstellt.
- Druckluftbetriebene Ölschlammtransferpumpe sowie die Sumpfpumpe für Regenwasser und Rückführung von Ölresten.
- Druckluftbetriebene Armaturen wie Feststsffschieber, Dampfregelventil, etc.

Für die Druckluftversorgungfiel die Wahl auf einen Schraubenverdichter. Dieser Schraubenverdichter ist einstufig luftgekühlt mit Öleinspritzung.
Der Schraubenverdichter arbeitet vollautomatisch im Volllast-, Leerlauf- oder Intervallbetrieb.

Der Kompressor hat folgende Leistungsdaten:

Liefermenge ca. 4000 l/min; 20 kW; zul. Betriebsüberdruck 10 bar.
Große abnehmbare Wartungstüren erleichtern die Zugänglichkeit zu allen Bauteilen.
Damit die gelieferte Druckluft öl- und wasserfrei ist, wurde dem Schraubenverdichter ein Öl-/Wasser-Separater mit Kältetrockner nachgeschaltet.

5.2.4. Stickstoffgenerator für die Inertisierung

Die Inertisierung mit Stickstoff ist wesentlicher Teil des Explosionsschutzes der Gesamtanlage. Die Bereitstellung von Stickstoff kann auf verschiedene Arten erfolgen:

- Beistellung durch den Kunden (Abnahme aus dem Werknetz)
- Bereitstellung von gasförmigem Stickstoff in Bündeln oder Tanks
- Bereitstellung von flüssigem Stickstoff in Tanks mit Verdampfereinheit
- Eigenherstellung von Stickstoff aus Druckluft mittels Membrantechnologie

Externe Bereitstellung von Stickstoff, ob flüssig oder gleich gasförmig, hat grundsätzlich den Nachteil, dass die ständig gesicherte Verfügbarkeit durch äußere Umstände beeinflusst werden kann. Qualitätsschwankungen, Netzproblerne beim Kunden, Lieferverzögerungen, etc. sind Beispiele für unplanbare Ereignisse oder Engpässe und damit Gründe für einen potentiellen Ausfall der Anlage. Um dem entgegenzuwirken, wurde beschlossen, den Stickstoff selber zu erzeugen und damit unabhängig zu sein.

Eine neuartige Membrantechnologie ist das Prinzip der verwendeten Stickstoffgeneratoren zur Erzeugung von Stickstoff.
Die Membrane wird mit vorgereinigter Druckluft gespeist. Durch die Membranen diffundieren die in der Luft enthaltenen gasförmigen Bestandsteile.
Das sind neben den Hauptkomponenten Sauerstoff und Stickstoff Kohlendioxid, Wasserdampf, Argon und alle weiteren Spurengase. Entsprechend ihren molekularen Eigenschaften diffundieren die in der Luft enthaltenen Gase unterschiedlich schnell durch die Wandung der Hohlfasermembranen.

Da Stickstoff eine niedrigere Diffusionsgeschwindigkeit besitzt als der Sauerstoff, reichert sich der Stickstoff am Ende der Hohlfaser in deren Inneren an, während der Sauerstoff und auch Argon die Hohlfaser durch die Wandung allmählich verlassen. Das bedeutet, dass der Stickstoffanteil im Inneren ständig ansteigt. Die Reinheit des Stickstoffs wird durch lange Strömungswege bzw. lange Strömungszeiten erhöht. Durch Regelung der Strömungsgeschwindigkeit kann die Reinheit des Stickstoffs, welcher die Anlage verlässt, eingestellt werden.

Die verwendeten IMT-MN Stickstoffgeneratoren gehören der Baureihe der Speedmembranen an. Sie sind mit einem Vorfilter und einem Feinfilter ausgestattet, die Schmutz-, Öl- und Wasseraerosole bis runter zu einem Tröpfchendurchmesser von 0,01 µm entfernen. Ein nachgeschalteter Aktivkohle-Adsorber entfernt den restlichen Öldampf auf einen Restölgehalt von 0,003 mg/m^3.

Ein elektronischer Kondensatablass sorgt für die automatische Restwasserentfernung. Das eingebaute Analysengerät zeigt den aktuellen Sauerstoffgehalt an. Es ist mit Meldepunkten so einstellbar, dass bei abweichenden Reinheitswerten ein Alarm ausgelöst wird. Die Anlage arbeitet vollautomatisch. Nach Anschluss an die Druckluftversorgung ist der Stickstoffgenerator sofort betriebsbereit.

Der eingesetzte Stickstoffgenerator wird mit folgenden Leistungsdaten betrieben:

Stickstoff-Kapazität: ca. 90 Nm³/h mit einem Stickstoffgehalt von 96 % bei einem Druckluft-Vordruck von 10 bar. Dabei liegt der Druckluftverbrauch um das 4,3fache höher als die erzeugte Stickstoffmenge.

5.2.5. Polymerdosierstation (FHM-Dosierstation)

Beim Dekantieren von Ölschlämmen werden zur Trennung auch Flockungshilfsmittel verwendet.

Die Polymerdosierstation dient zum Ansetzen, Dosieren und Einmischen von Flockungshilfsmitteln in den Ölschlamm (zumeist Polymere). Ohne Zugabe von Polymeren ist eine Trennung des Rohproduktes in eine Öl-, Wasser- und Feststoffphase meist nur schwer möglich.

Die Polymerdosierstation erlaubt das Ansetzen von 0,1 - 2,0%igen Lösungen aus Flüssigkeiten und / oder Pulverkonzentraten. Die Aufbereitung der Lösung erfolgt bedarfsabhängig während des Dosierprozesses in den Ölschlamm. Das Polymer kann mengenproportional in den mit einem Rührer ausgestatteten Ölschlammbehälter oder direkt in die Ölschlammzuführungsleitung des Tricanters® zudosiert werden. Dadurch kann die Konzentration der Lösung während des Prozesses in kürzester Zeit verändert werden.

Vor Inbetriebnahme müssen folgende anlagenspezifische Werte eingestellt werden.

- Maximalwert Ölschlammmenge
- Spez. Gewicht des Polymerpulvers
- Gewünschte Konzentration der Polymeransatzlösung
- Mischungsverhältnis der fertigen Polymerlösung zur Ölschlammmenge

5.2.6. Excenterschneckenpumpen

Oberhalb des doppelwandigen Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälters für Ölschlamm, Öl- und Wasserphase befinden sich drei Excenterschnecken-pumpen, die aus Gründen der Vereinfachung und Ersatzteilhaltung alle baugleich ausgeführt sind. Diese Excenterschneckenpumpen sind für die jeweiligen fließfähigen Produkte auf nachfolgende Leistungsdaten ausgelegt:

Selbstansaugend, bei Betriebstemperaturenbis max. 80 "C,
Motor 5 kW; Drehzahl 60 – 240 min^{-1},
Pumpendruck 2 – 4 bar, Fördermenge 2 – 15 m^3/h

5.2.7. Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter

Der im unteren Container befindliche Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter ist als Doppelwandbehälter (Behälter im Auffangraum) ausgeführt. Der Auffangraum wird über eine Sonde überwacht, so dass ggf. Undichtigkeiten in den Innentanks schnell erkannt werden können. Er entspricht damit den Anforderungen aus dem Wasserhaushaltsgesetz.
Der nach oben geschlossene Innentank ist durch zwei Zwischenwände in drei Kammern für die Öl- und Wasserphasen sowie für die Ölschlammphase unterteilt. Zur besseren Entleerung hat der Innentank unten einen schrägen Boden mit einer Rinne. Die erste Kammer für Ölschlämme ist zur Homogenisierung der Schlämme mit einem Rührwerk ausgestattet. Der Innentank ist gegen Aufschwimmen gesichert und deshalb mit dem Außentank fest verbunden. Die Tanks sind aus nichtrostendem Edelstahl (Werkstoff-Nr. 1.4571) hergestellt.

Auf der Oberseite des Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälters befindet sich eine zusätzliche Auffangwanne, um Tropfmengen oder Undichtigkeiten der ebenfalls auf dem Tank montierten Excenterschneckenpumpen aufzufangen und in einen Pumpensumpf abzuleiten.

5.2.8. Gasdichte Boxen für die Feststoffbehälter

Der Feststoffaustrag aus dem Tricanter® erfolgt unter Inertbedingungen, wobei der Feststoff durch den Feststoffaustragsschacht der Zentrifuge nach unten in die reversierende Feststoffaustragsschnecke fällt. Die Feststoffaustrags-schnecke transportiert den Feststoff wahlweise in den ersten oder in den zweiten Feststoffbehälter, welche in separaten gasdichten Boxen im unteren Container untergebracht sind. Der Feststoffabwurf kann von außen durch Bullaugenfenster in den Türen der gasdichten Boxen beobachtet werden. Dazu kann eine Beleuchtung von außen über Schaugläser eingeschaltet werden.
Ist ein Feststoffbehälter befüllt, was über eine Füllstandsmessung überwacht wird, schließt sich der gasdichte Flachschieber oberhalb der gasdichten Box, der Flachschieber der zweiten gasdichten Box öffnet sich und die Feststoffaustragsschnecke fördert in die entgegengesetzte Richtung, also in den zweiten Feststoffbehälter.
Nun kann die erste Box geöffnet und der erste Feststoffbehälter entnommen werden. Nachdem der Feststoffbehälter gewechselt oder entleert wurde, wird die Kammer erneut flutend inertisiert, so dass beim erneuten Umschalten von einer Kammer auf die andere explosionsgefährdete Atmosphären ausgeschlossen sind.

Die Türen der gasdichten Boxen sind über Endschalter gesichert, so dass im Falle einer Fehlbedienung die automatische Regelung entsprechend alarmieren und eingreifen kann und ggf. den Zufluss von Stickstoff blockiert oder den Feststoffabwurf durch Schließen des Flachschiebers sperrt.

5.2.9. Feststoffbehälter

Als Feststoffbehälter wurden die bewährten ASP-Behälter (Abfall-Sonderbehälter für pastöse Stoffe) gewählt. Diese Behälter mit einem Inhalt von 800 l sind bauartgeprüft und zugelassen für den Gefahrguttransport. Der Grundrahmen dieser ASP-Behälter ist für den Transport mittels Gabelstapler oder Gabelhubwagen aber auch für den Kranbetrieb geeignet. Der Deckel hat eine Federentlastung und eine selbsttätige Deckelarretierung bei 270°. Mit geöffnetem Deckel in der 270"-Stellung werden die ASP-Behälter mit Hilfe des Gabelstaplers in die gasdichten Boxen gehoben und nach Befüllung wieder herausgehoben. Der für den Betrieb der Anlage vorgesehene Gabelstapler ist mit einem Drehkranz ausgestattet, welcher es erlaubt, ASP-Behälter auch in größere Feststoffmulden umzuschütten.

5.2.10. Warmetauscher - Einheit

Der zu verarbeitende Ölschlamm muss zur Verarbeitung im Tricanter® erwärmt werden. Als Heizmedium für den Ölschlamm ist Sattdampf vorgesehen. Sattdampf als Heizmedium steht praktisch in allen Tanklagern zur Verfügung, weil die Rohöltanks ihrerseits mit Dampf beheizt werden müssen, um das Rohöl vor allem im Winter fließfähig zu halten.
Die Wärmetauscher sind als Einrohr-Wärmetauscher ausgeführt, auf der Mantelseite befindet sich der Sattdampf.

Wärmetauscherkennarößen:

	Rohrraum	Mantelraum
Medium	Produkt	Sattdampf
Inhalt	96 l	142 l
Zul. Betriebsdruck	6 bar	10 bar
Prüfdruck	8 bar	16,9 bar
Zul. Betriebstemperatur	190 "C	190 "C

Wärmetechnisch sind die beiden Wärmetauscher auf der Produktseite hintereinander geschaltet und auf der Dampfseite parallel durchströmt.
Das sich bildende Kondensat des Sattdampfs kann über Kondensatableiter entweder dem Kondensatsystem des Kunden wieder zurückgeführt werden oder es wird in den eigenen Pumpensumpf des unteren Containers abgeleitet. Von dort gelangt es über die Druckluftmembranpumpe zum Wasservorrats-behälter.

5.2.11. Dreiphasendecanter / Tricanter®

Für die Anlage wurde ein Tricanter® Typ Z 4E vorgesehen.

1.	Auslegung der Zentrifuge für		Ölschlamm
2.	**Rotor**		
	Trommel:	max. Drehzahl	4800 min^{-1}
		max. Sedimentdichte	1,5 g/cm^3
		Trommelinnendurchmesser	420 mm
		Austragsdurchmesser	240 mm
		Werkstoff Trommel	1.4463
		Werkstoff Dichtungen	FKM/PTFE
		max. Produkttemperatur	0/100 °C
	Schnecke:	Verschleißschutz Wendel	Wolframcarbid
		Einlaufraum	Hartgußbuchsen
	Gehäuse:	max. zul. Betriebsüberdruck	0,1 bar
	Kennzeichnung:		II 3G EEx T3
3.	**Einstellungen** (bei Lieferung):		
	Betriebsweise		voreilend
	Trommeldrehzahl		...4000 min^{-1}
	Differenzdrehzahl der Schnecke		1...20,3 min^{-1}
4.	Antrieb:		
	Art:		SIMP-DRIVE
	Getriebe:	Typ	SP 3.11
	Trommelantrieb:		
	Elektromotor:	Typ	180 M
		Leistung	22 kW
		Spannung / Frequenz	400 V / 50 Hz
		Ex - Schutzart	EEx de II CT 4
	Schneckenantrieb:		
	Elektromotor:	Typ	160 L
		Leistung	15 kW
		Spannung / Frequenz	400V / 50 Hz
		Ex - Schutzart	EEx de II CT 4

Abbildung 5-2 Datenblatt für die Zentrifuge / Tricanter®

Zur Aufbereitung der Ölschlämme wird der Tricanter® mit dem zu trennenden Ölschlamm durch die hohle Mittelachse beschickt. Die spezifisch schwereren Feststoffe aus dem Ölschlamm werden durch die Zentrifugalkraft am Trommelmantel abgelagert. Die beiden flüssigen Komponenten Öl und Wasser, welche unterschiedliche Dichten haben, bilden zwei Flüssigkeitshohlzylinder, die leichte Ölphase den innen liegenden, die schwerere Wasserphase den außen liegenden Flüssigkeitshohlzylinder.

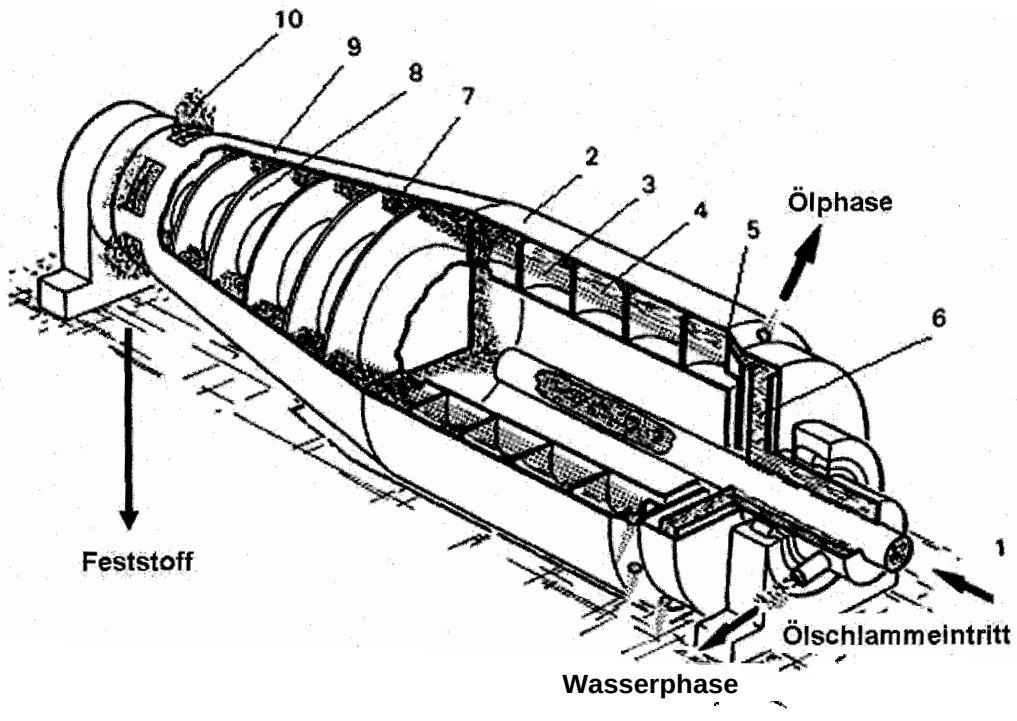


Abbildung 5-3 Ölschlammeintritt und Austritt der Phasen am Decanter

Erläuteruna der Positionen in Abbildung 6-1:

1. Ölschlammeintritt
2. Zentrifugenmantel
3. Flüssigkeitsring (Ölphase)
4. Flüssigkeitsring (Wasserphase)
5. Flüssigkeitswehr
6. Schälscheibe
7. Feststoff
8. konisch-zylindrische Transportschnecke Trommelkonus
9. Feststoffaustrag
10. Feststoffgehäuse

Die folgende Abbildung verdeutlicht noch einmal den Ölschlammeintritt in die Hohlmantelschnecke und den Austritt in den außen liegenden Wendelschneckenbereich:

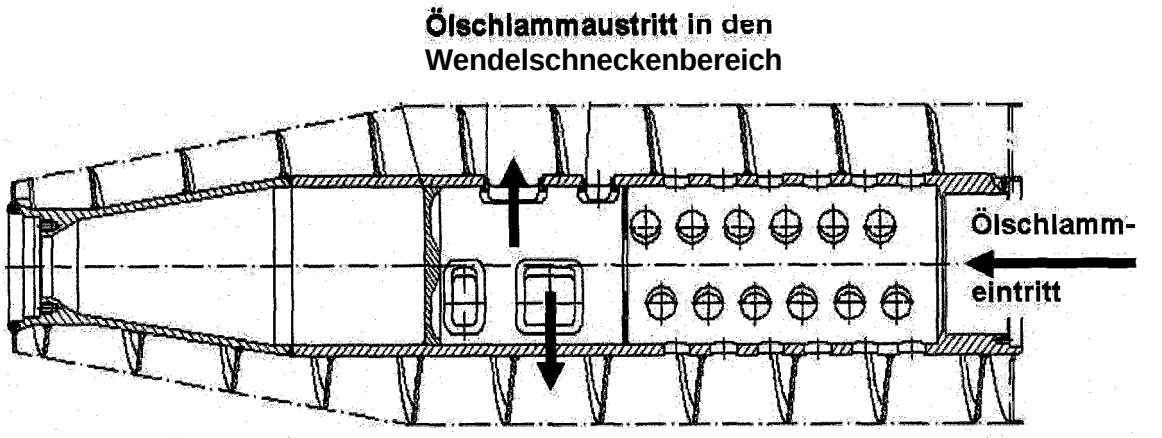


Abbildung 5-4 Hohlmantelschnecke in der Tricanter® - Trommel

Die Dicke der beiden Flüssigkeitsringe wird bestimmt durch die Einstellung des Überlaufwehrs und einer verstellbaren Schälscheibe. Der am Rotormantel anliegende Feststoff wird durch die konisch-zylindrische Transportschnecke über den Trommelkonus zu den Austragsöffnungen gefördert und in das Feststoffgehäuse nach unten geschleudert. Der Feuchtigkeitsgehalt der Feststoffe und die Reinheit der Flüssigkeiten können über die Einstellungen des Überlaufwehres und der Schälscheibe eingestellt werden.

Außerdem können noch die Decanterdrehzahl und die Schneckendifferenzdrehzahl verändert und optimiert werden. Je feiner die Feststoffe sind, desto höher muss die Decanterdrehzahl sein, denn die Zentrifugalkraft steigt natürlich mit der Drehzahl der Zentrifuge.

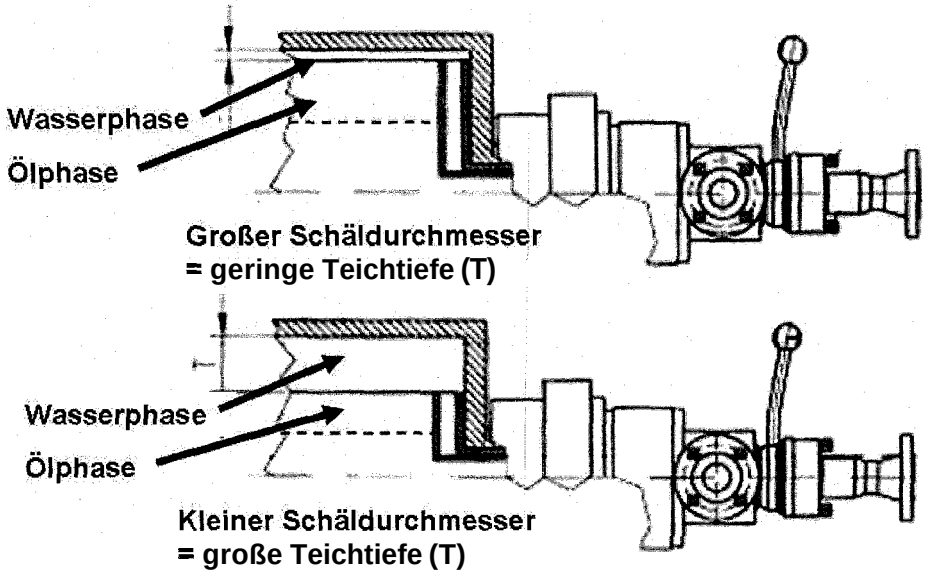


Abbildung 5-5 Arbeitsweise der Schälscheibe

Die Schnecke im Inneren der Zentrifuge dreht sich in gleichem Drehsinn wie die Zentrifuge und praktisch mit fast gleicher Umdrehungszahl. Damit die Schnecke aber den Feststoff, der sich innen am Mantel der Zentrifuge anlagert, abschälen und in den konischen Teil fördern kann, muss sie eine etwas höhere Umdrehungszahl aufweisen als die Zentrifuge selber. Je höher die Relativgeschwindigkeit der Schnecke gegenüber dem Zentrifugenmantel ist, desto schneller wird der Feststoff aus der Zentrifuge herausgefördert. Die Verweilzeit innerhalb der Zentrifuge und somit die Absetzzeit sind dann geringer. Je geringer die Absetzzeit ist, desto größer ist der Wasser- und Ölgehalt im Feststoff. Je geringer die Differenzdrehzahl gewählt wird, desto geringer ist die Restfeuchte des Feststoffes.

5.2.1 2. Inertisierung der Gesamtanlage

Die Schaffung einer Inertatmosphäre / Stickstoffatmosphäre für das Innere der Gesamtanlage, d.h. für das Innere von allen Anlagenteilen, ist zwingend erforderlich.
Da bei hohen Konzentrationen Erstickungsgefahr besteht, gilt Stickstoff als gefährlicher Stoff, so dass entsprechende Schutzmaßnahmen zu ergreifen sind:

Zu den Schutzmaßnahmen zählen u.a.:

- Stickstoffüberdrucksicherungenmit Ableitung nach außen
- Stickstoffdrucküberwachung mit Alarmierung
- Stickstoffmengenmessungenfür den Anfahrbetrieb
- Natürliche Belüftungseinrichtungen
- Personenbezogene Gasspürgeräte
- Gefahrenhinweise / Kennzeichnungen
- Persönliche Schutzausrüstungen
- Alarmierung / Fluchtpläne

Nur durch das zuverlässige Zusammenwirken aller o.g. Maßnahmen und Einrichtungen und der Überwachung der Anlage ist eine zuverlässige lnertisierung für die Gesamtanlage in Verbindung mit dem gefahrlosen Umgang mit Stickstoff gegeben.

5.2.12.1. Decanter – lnertisierung

Für die sichere Verarbeitung von Ölschlämmen, welche leichtentzündliche und krebserregende Stoffe enthalten können, muss der eingesetzte Tricanter® gasdicht und inertisiert sein. Die Gasdichtheit ist ebenso zur Verhinderung von unerwünschten und gefährlichen Gasen, Dämpfen und Gerüchen in der Umgebung des Tricanters ® erforderlich.

Die Gasdichtheit wird durch eine gasdichte Einhausung der rotierenden Trommel und der innenliegenden Schnecke gewährleistet. Diese Einhausung ist feststehend und gegenüber der rotierenden Trommel durch mehrere Wellendichtringe und Dichtspalte abgedichtet. Zwischen den Dichtringen wird Stickstoff zugeführt. Der Stickstoff strömt wegen des leichten Überdruckes durch die Dichtspalte in das Innere der Einhausung und von dort ins Innere der Tricanter® -Trommel. Ein vernachlässigbarer Teil des Stickstoffes gelangt über die nach außen wirkenden Dichtungen ins Freie.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Detailansicht der Tricanterabdichtung mit den erforderlichen Stickstoffeintritten.

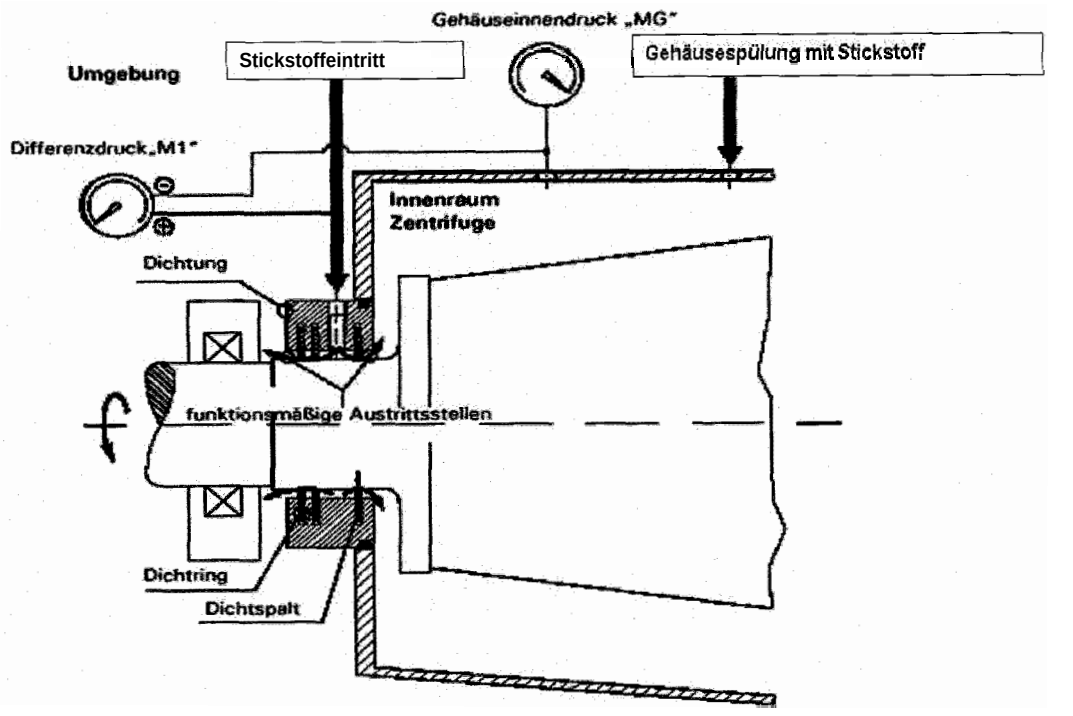


Abbildung 5-6 Tricanter® - Inertisierung Detailansicht

5.2.12.2. Überwachung der Inertisierung des Tricanter®

Der aufgegebene Stickstoffdruck, die Stickstoffmenge, der Druck des Stickstoffes im Inneren der Einhausung der Zentrifuge und der Stickstoffdifferenzdruck zwischen dem Inneren der Einhausung und dem aufgegebenen Stickstoff werden kontinuierlich alarmierend gemessen. Dadurch werden eventuelle gefährliche Stickstoffverluste ins Freie sofort entdeckt und abgestellt.

Zur Sicherstellung und Überwachung der Inertisierung des Tricanters® werden folgende Parameter überwacht:

Innendruck der gasdichten Einhausung

- Differenzdrücke zwischen Innenraum der Tricanter®-Einhausung und den Stickstoffaufgabestellen

Stickstoffmengenstrom in den Spülleitungen

Luftsauerstoffanteil im produzierten Stickstoff

Die rechts abgebildete Inertisierungseinheit ist das zentrale Bauteil zur Überwachung des Inertisierungszustandes der Gesamtanlage

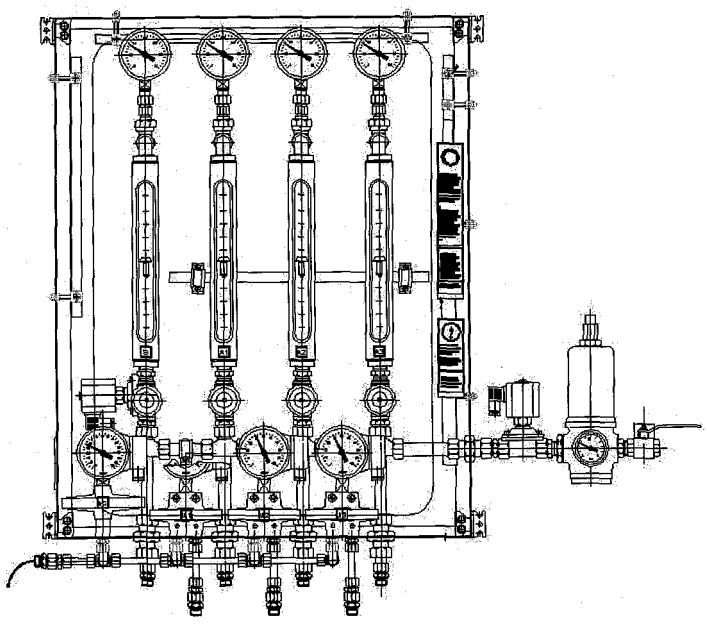


Abbildung 5-7 Inertisierungseinheit

5.2.12.3. Inertisierung der Baugruppen

Für die Regelung und Aufrechterhaltung des Stickstoffdruckes innerhalb der zu inertisierenden Baugruppen wurden Schnellausgleichventile verwendet.
Die zu inertisierenden Baugruppen sind insbesondere die Feststoffbehälter in den gasdichten Boxen und der Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter für Ölschlamm, Öl- und Wasserfraktion.

Beim Befüllen und Entleeren dieser Behälter ändert sich ständig das zu inertisierende Inhaltsvolumen. Außerdem müssen die gasdichten Boxen für die Feststoffbehälter in regelmäßigen Abständen gefahrlos geöffnet werden können, z.B. um die Feststoffbehälter zu entleeren. Beim Öffnen dieser Boxen entweicht Inertisierungsstickstoff in die freie Atmosphäre. Dabei darf aber der Stickstoffdruck innerhalb der übrigen zu inertisierenden Bauteile nicht abfallen. Die Schnellausgleichsventile vereinigen in einem Bauteil die Funktionen eines Steuerventils und eines Überdruckventils. Das Überdruckventil verhindert unnötige Stickstoffgasverluste und das Steuerventil regelt automatisch die Stickstoffgaszufuhr und den Stickstoffdruck im Behälter.
Der Drei-Kammer-Flüssigkeitsbehälter sowie jede Box für die Feststoffbehälter haben für die Inertisierung jeweils ein Schnellausgleichsventil (siehe Abbildung).

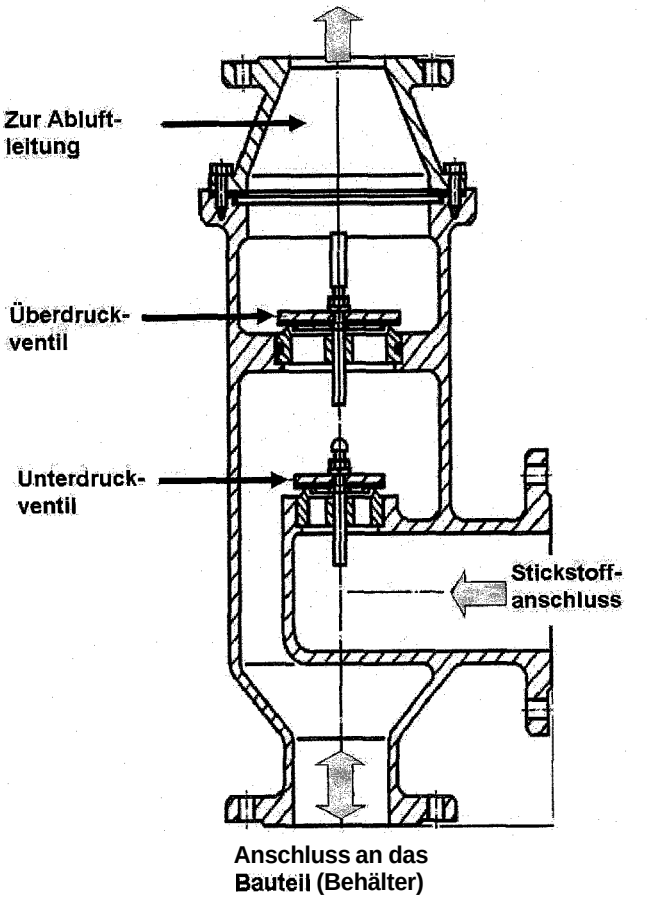


Abbildung 5-8 Schnellausgleichsventil für die Inertisierung

6. Auswertung und Evaluierung des Vorhabens

Die auf innovativen Ideen beruhende Anlage, die hier beispielhaft geplant und gebaut wurde, nutzt neue umweltentlastende / umweltschonende Technologien und grenzt sich klar vom gegenwärtigen Stand der Technik ab. Zudem stellt die Anlage für den mobilen Dienstleistungsbereich eine Weiterentwicklung mit großem Nutzen dar.

Mit dieser Anlage können nun erstmals auch Ölgemische oberhalb ihres Flammpunktes verarbeitet werden, was sich positiv auf das Trennverhalten und somit auf die Reinheit der einzelnen Phasen auswirkt.

6.1. Umweltentlastung durch den innovativen Prozess

6.1.1. Auswirkungen auf die entstehenden Emissionen

Verbunden mit der gasdichten Ausführung der Tricanter® -Anlage sowie einer konsequent geschlossenen Verfahrenstechnik konnten die diffusen Emissionen der Anlage nahezu eliminiert werden. Die einzelnen Behälter für Ölschlamm, Öl- und Wasserphase sind so ausgeführt, dass die Gasphasen bei Befüllung und Entleerung zwischen den Behältern pendeln können, so dass auch hier die entstehende Abluft deutlich reduziert wurde. Die Verwendung von Stickstoff zur Inertisierung der Gesamtanlage war wesentlicher Bestandteil des Explosionsschutzkonzeptes. Die Verwendung von Stickstoff ist naturbedingt mit Gefahren verbunden, da Stickstoff sauerstoffverdrängend ist und für den

Menschen erstickende Wirkung hat. Daher ist eine geschlossene Bauweise der Anlage obligatorisch und zwingend, was sich als Nebeneffekt auch emissionsmindernd auswirkte. Eine gänzliche Abluftvermeidung jedoch ist bei einer Anlage, in der emissionsrelevante Stoffe verarbeitet werden, unmöglich!

Die gasdichte mobile **Tricanter®-Anlage** produziert, bedingt durch die Inertisierung mit Stickstoff, nur **ca.** 15 bis 25 **m³/h** Abgas ohne Luftanteil und kann damit in die vorhandenen Gaspendelleitungen des Kunden eingebunden werden.

Lediglich beim Auswechseln der Feststoffbehälter, welches jedoch unvermeidbar ist, entstehen im **Regelfall** lediglich **ca.** 3 **m³/h** reale, nicht zu erfassende Abluft!

Nachfolgendes Fließbild der Gesamtanlage verdeutlicht das verwirklichte Konzept.

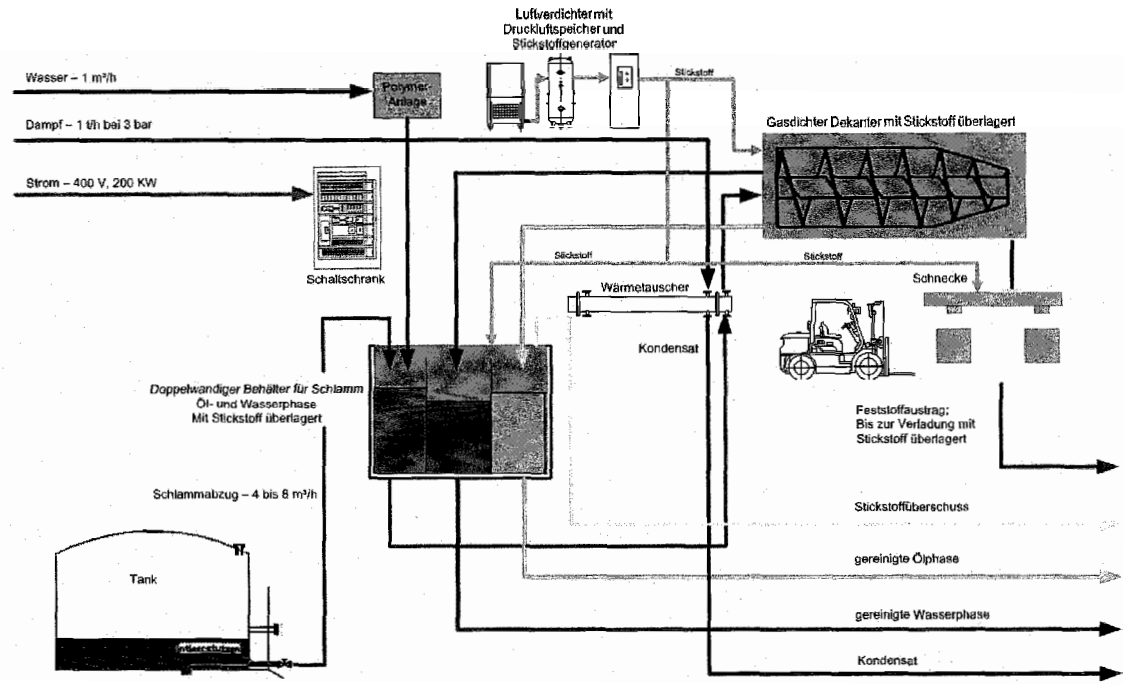


Abbildung 6-1 Fließbild der Anlage

6.1.2. Darstellung der Umweltauswirkungen / -entlastungen

Beim direkten Vergleich zwischen den konventionellen Verfahren (Entsorgung oder nicht gasdichte Anlage) und dem innovativen Verfahren der gasdichten Tricanter®-Anlage ist folgendes zu beachten:
Nicht gasdichte Decanter–Anlagen können aufgrund der ATEX-Richtlinien zukünftig nicht mehr eingesetzt werden, so dass der direkte Emissionsvergleich zur gasdichten Anlage hier zwar zu Anschauungszwecken aufgeführt ist, aber eigentlich unrealistisch ist.
Sofern die Ölschlämme vollständig extern entsorgt werden, fallen selbstverständlich keinerlei Emissionen durch den Einsatz der mobilen Tricanter®-Anlage an, jedoch die Emissionen zur Verbrennung der wenig energiereichen, wasserhaltigen Ölschlämme sind erheblich. In der nachfolgenden Tabelle ist der Vergleich im Wesentlichen auf die entstehenden Emission an CO_2 und an Kohlenwasserstoffen beschränkt.

Zur Darstellung der mit der Anlage erzielten Umweltentlastungen bzw. durch die Anlage verursachten Umweltbelastungen sind einige Voraussetzungen / Annahmen erforderlich, welche nachfolgend aufgeführt sind:

Die anfallenden Ölschlammgemische müssen nicht mehr an externe Anlagen zur Entsorgung / Verwertung abgegeben werden, was bei Nichtvorhandensein von Aufbereitungsanlagen vor Ort (mobil oder stationär) erforderlich wäre.

- Die Fahrstrecke zur nächsten externen Anlage zur Entsorgung / Verwertung beträgt im Mittel 200 km.

- Bei der Trennung der Ölschlämme können sowohl die Wasserphase als auch die abgetrennte Ölphase in den Raffinerien schadlos weiter verwendet werden. Als Rückstand verbleibt im Mittel ca. 10 % als nicht weiter einsetzbare Feststofffraktion, welche extern entsorgt werden muss.
- Die Entleerung von Tanks, welche gereinigt werden, würde mit Saugwagen erfolgen, welche aufgrund ihrer Vakuumförderanlage einen Abluftvolumenstrom von ca. 1400 m³/h und eine Abluftkonzentration von ca. 250 g/m^3 Kohlenwasserstoffe erzeugen.
  Quelle: (Erfahrungswerte der BUCHEN UmweltService GmbH)
- Ein standardisiertes Berechnungsverfahren zur sicheren Abschätzung der Emissionen bei der Reinigung von Rohöltanks existiert derzeit nicht. Lt. DGMK beträgt die Konzentration zwischen 100 g/m^3 und 700 g/m^3
  Quelle: (DGMK-Forschungsbericht 499-01)
  Nachfolgend wird mit einer durchschnittlichen Konzentration an Kohlenwasserstoffen in der Gasphase von ca. 250 g/m^3 gerechnet.
  Für die Durchsatzleistung der gasdichten Tricanter®-Anlage wurde eine mittlere Leistung von 15.000 m³/Jahr entsprechend ca. 15.000 t/Jahr bzw. 3 bis 8 m^3/h, d.h. im Mittel 5 m^3/h angenommen. Die Durchsatzleistung ist im Wesentlichen von der Schlammkonsistenz abhängig, so dass durchaus größere Leistungen erzielt werden könnten.
  Der Abluftvolumenstrom einer nicht gasdichten Anlage beträgt ca. 200 m^3/h, bei der gasdichten Tricanter®-Anlage hingegen lediglich 18 m^3/h.
  Der Ausstoß an CO_2 beträgt 158 g pro transportierter Tonne je Kilometer (t/km) entsprechend 632 kg pro Fahrt bei 200 km Fahrweg und 20 t Nutzlast.
  Quelle: NABU Naturschutzbund Deutschland
  (http://www.nabu.de/m07/m07_04/04636.html)

- Die Tricanter^{B}-Anlage mit einem Gesamtgewicht von ca. 35 t wird pro Jahr an 10 verschiedenen Standorten mit einer jeweiligen Transportentfernung von gesamt 300 km eingesetzt und entsprechend transportiert.
- Die CO_2-Emission bei der Stromherstellung beträgt im Mittel bezogen auf Heizölkraftwerke ca. 800 g/kWh_{el}
  (Quelle: http://www.bhkws.de/bhkw_co2.htm)
- Die Tricanter^{B}-Anlage benötigt beim Betrieb im Mittel 75 kW elektrische Leistung, eine konventionelle nicht gasdichte Decanter–Anlage im Mittel 50 kW elektrische Leistung.

Emissionsverursachender Vorgang / Art der Umweltbelastung:	Emission-/ Umweltbelastung bei externer Entsorgung: [pro Jahr]	Emission-/ Umweltbelastung bei konv. Decanter -Anlage: [pro Jahr]	Emission-/ Umweltbelastung bei gasd. Tricanter® - Anlage: [pro Jahr]
CO Emissionen aufgrund Tr t von 15 000 t Öl hl t 1.500 t Rückständen zur externen Entsorgungs-/ Verwertungsanlage im Umkreis von ca. 200 km	474 t CO_2	47 t CO_2	47 t CO_2
CO_2-Emissionen aufgrund des Elektrizitätsbedarfs der mobilen Tricanter®-Anlage (75 kW/h x 3000 h x 800 g CO_2) bzw. einer konventionellen Decanter-Anlage (50 kW/h x 3000h x 800 g CO_2)	Keine	120 t CO_2	180 t CO_2
CO_2-Emissionen aufgrund Transport der Tricanter®-Anlage bzw. einer konv. Anlage zum Kunden und zurück (158 g CO_2 x 300 km x 35 t x 10 Touren)	keine	48 t CO_2	48 t CO_2
Summe CO_2-Emissionen:	**472 t**	**215 t**	**275 t**
Kohlenwasserstoff-Emissionen durch Saugwagen beim Fördern von ölhaltigen Schlämmen bzw. Kohlenwasserstoff-Emissionen der neuen gasdichten Tricanter®-Anlage (18 m^3/h) und der konventionellen Decanter-Anlage (200 m^3/h)	131 t Kohlenwasserstoffe	150 t Kohlenwasserstoffe	13,5 t Kohlenwasserstoffe
Behandlung der Ölschlämme bzw. Rückstände in externen Entsorgungs-/Verwertungsanlagen (Verbrennung)	15.000 t	1.500 t	1.500 t

6.1.2.1. Diskussion der Ergebnisse

Die Tabelle zeigt, dass ein ganz wesentlicher Umwelteffekt in der Trennung der Ölschlämme in drei Phasen liegt, d.h. in der Rückgewinnung der Ölfraktion, welche als nahezu vollwertiger Rohstoff wieder eingesetzt werden kann und der Rückgewinnung einer gereinigten Wasserfraktion, welche mit deutlich weniger Aufwand und Umweltbelastung weiter verarbeitet werden kann. Der verbleibende Anteil an zu entsorgendem Produkt ist auf ein Minimum (10 %) reduziert. Gerade unter Berücksichtigung des stark steigenden Ölverbrauchs in den Wachstumsmärkten China und Indien in naher Zukunft trägt dieses zur globalen Ressourcenschonung wesentlich bei.

Ein Abfallstoff, welcher nicht decantiert wird, hat als Gemisch mit Wasser keinen nennenswerten Heizwert, so dass eine Abfallverbrennung ohne Wärme-/ Energieertrag stattfindet. Um Wärme / Energie aus dem Abfall gewinnen zu können, ist eine vorherige Decantierung unumgänglich.

Aber auch die CO_2-Emissionen, welche nicht außer Acht gelassen werden dürfen, werden gegenüber einer Verbrennung der Ölschlämme nachhaltig reduziert. Die dargestellten Reduzierungen in der Tabelle beziehen sich jedoch ausschließlich auf CO_n-Emissionen hervorgerufen durch die anfallenden Transporte bzw. hervorgerufen durch den benötigten Elektrizitätsbedarf der Anlagen. Gänzlich unberücksichtigt blieben die CO_2-Emissionen, welche durch den eigentlichen Verbrennungsprozess in der Entsorgungsanlage entstehen, da eine verlässliche Abschätzung nur mit erheblichem Aufwand durchzuführen ist. Diesbezüglich existieren weitläufige Studien zu verschiedenen abfallwirtschaftlichen Verfahren, insbesondere im Hinblick auf die CO_2-Emissionen und die damit verbundene globale Treibhausgasproblematik, auf die hier nicht näher eingegangen wurde.

6.2. Wirtschaftliche Betrachtung

6.2.1. Einhaltung des Finanz- und Zeitplans

Der ursprüngliche Finanzplan sah Selbstkosten / Gesamtausgaben in Höhe von 500.000,00 € vor. Ferner war für die Realisierung ein Zeitraum von 6 bis 7 Monaten eingeplant. Sowohl den ursprünglichen Finanzplan als auch den geplanten Realisierungszeitraum konnten wir nicht einhalten, was uns zu einem nachträglichen Antrag auf Erhöhung des Investitionsplans und einer Vorhabensverlängerung zwang. Die Gründe dafür lagen vor allem in drastischen Preissteigerungen bei Rohstoffen und Materialien am Weltmarkt, Kapazitätsengpässen im eigenen Hause und damit verbunden erhöhten externen Kosten sowie in diversen technischen Details, welche ebenfalls zu Zeitverzögerungen und Kostensteigerungen geführt haben. Dem Antrag wurde stattgegeben, der modifizierte Zeit- und Kostenplan wurde eingehalten.

7. Empfehlungen

7.1. Erfahrungen aus der Praxiseinführung (Aufbau)

Die gesamte gasdichte Tricanter®-Anlage konnte in zwei übereinander stapelbare „high cube" 40-ft-Seecontainer untergebracht werden. Dieses war jedoch nur durch massive Veränderungen an den Containern mit erheblichen Eingriffen in die Containerstatik möglich. Insbesondere beim unteren Container, bei dem u.a. die großen Gewichte und die uneingeschränkte Zugänglichkeit zu den Aggregaten und Bedienelementen ausschlaggebend waren, mussten erhebliche Veränderungen vorgenommen werden. Die veränderte Statik war in ihrer Ausführung geprägt von fachwerkartigen Aussteifungen und Abstützungen, welche teilweise in geschraubter Form ausgeführt werden mussten, weil die Zugänglichkeit für zukünftige Wartungen und Reparaturen dieses erforderte.

Der untere Container ist praktisch an beiden Längsseiten völlig offen und kann für den Transport mit in Schienen geführten Planen verschlossen werden.

Beim oberen Container wurden zur Sicherstellung einer ausreichenden natürlichen Lüftung großflächige Öffnungen mit Wetterschutzgittern sowie zahlreiche Bodenöffnungen für Verbindungsschläuche und Elektrokabel vorgesehen.

Nachfolgende Abbildung zeigt die auf Basis der Ursprungsvariante weiterentwickelte Aufstellung als Innenansicht.

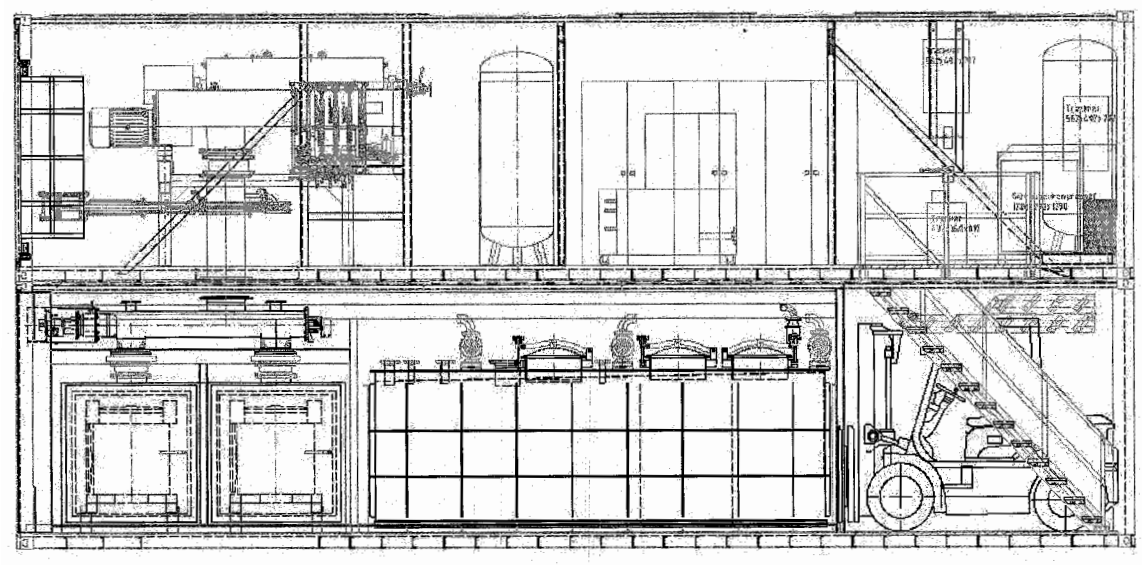


Abbildung 7-1 Zeichnerischer Blick in die Anlage

Dadurch, dass beim Betrieb der Anlage der obere Container auf den unteren Container aufgesetzt ist, befindet sich der obere Container damit außerhalb explosionsgefährdeter Bereiche.

Vorraussetzung dafür war natürlich die technische Gasdichtheit der Tricanter® - Anlage und sämtlicher Produkt-, Zu- und Abführungsleitungen.

Diese Maßnahme hatte erhebliche Auswirkungen auf die elektrische Installation im oberen Container und dort insbesondere auf die Schaltschränke und Nebenaggregate.

Eine Installation nach ExRL war fortan im oberen Container nicht mehr erforderlich. Im unteren Container konnte aufgrund des Inertisierungskonzeptes aller Anlagenteile und der Verfahrenstechnik eine Herabsetzung des Ex–Bereiches auf Zone 2 erreicht werden.

7.2. Verbreitung und weitere Anwendung der Anlage

Die vorliegende verwirklichte Anlage stellt für den mobilen Dienstleistungsbereich eine große Weiterentwicklung dar. Mit Anlagen dieser Art können fortan brennbare ölhaltige Schlämme und Suspensionen nicht nur im Inland, sondern auch im benachbarten Ausland sicher, emissionsoptimiert aber vor allem gesetzeskonform bei Tankreinigungen, Slopölverarbeitungen und auch bei Öl-Havarien mobil verarbeitet werden. Auch Einsätze in Übersee sind jeder Zeit möglich, da die Mobilität dieser Anlage durch die Transportmöglichkeiten auch per Schiff und Bahn weltweit gegeben ist.

Aber auch andere, weitere Aufgabenstellungen sind denkbar, da die Anlage grundsätzlich dazu geeignet ist, brennbare und nichtbrennbare Zwei- oder Dreiphasengemische zu verarbeiten, sofern sich diese physikalisch unter Verwendung von Zentrifugalkräften trennen lassen. Hier wäre insbesondere die Pharma- und Lackindustrie zu nennen. Aber auch die gesamte chemische Industrie bietet weltweit vielfältige Einsatzmöglichkeiten für eine mobile ex-geschützte gasdichte Tricanter® -Anlage nach den ATEX-Richtlinien.

7.3. Zusammenfassung

Das Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit fördert Projekte im großtechnischen Maßstab, die das Ziel haben, Umweltbelastungen zu vermeiden oder zu verringern.

Die förderpolitischen Ziele wurden mit der realisierten Anlage klar erreicht. Die Anlage verringert Emissionen an krebserregenden und umweltbelastenden Kohlenwasserstoffen, gleichzeitig wird bei der Verarbeitung der brennbaren Flüssigkeiten die Gefahr einer möglichen Explosion nicht nur extrem verringert, sondern nahezu ausgeschlossen. Beides kommt nicht nur der Umwelt zugute, sondern vor allem den Menschen.

Ferner kann durch den Einsatz der Anlage vor Ort das LKW-Aufkommen für Transporte der Ölschlämme zu möglichen Verwertungsanlagen auf ein Minimum reduziert werden, da fortan „nur noch" die Festsstofffraktionen einer Verwertung oder Beseitigung zugeführt werden müssen. Dadurch kann die Menge an zu entsorgenden Stoffen um 90 % reduziert werden. Die Flüssigphasen können im Werk verbleiben, wobei die Olphase als Rohstoff wieder eingesetzt und die Wasserphase in die Abwasserbehandlungsanlage eingeleitet werden kann.
Durch den Wegfall von LKW-Transporten kann der CO_2-Ausstoß ebenfalls deutlich reduziert werden.

8. Literatur

Gesetze, Verordnungen, techn. Regeln, Normen und andere Vorschriften

[8- 1] Richtlinie 89/391IEWG des Rates über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit – Rahmenrichtlinie Arbeitsschutz

[8- 2] Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit – Arbeitsschutzgesetz – (ArbSchG)

[8- 3] Verordnung über Arbeitsstätten – Arbeitsstättenverordnung

[8- 4] Richtlinie 1999/92/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zur Verbesserung des Gesundheitsschutzes und der Sicherheit der Arbeitnehmer, die durch explosionsfähige Atmosphären gefährdet werden können (Fünfzehnte Einzelrichtlinie im Sinne von Artikel 16 Absatz 1 der Richtlinie 891391/EWG)

[8- 5] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes – Betriebssicherheitsverordnung – (BetrSichV)

[8- 6] Richtlinie 67/548/EWG des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften für die Einstufung, Verpackung und

Kennzeichnung gefährlicher Stoffe – Stoffrichtlinie – (Konsolidierte Fassung)

[8- 7] Richtlinie 98/24/EG des Rates zum Schutz der Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit (vierzehnte Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG)

[8- 8] Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen – Chemikaliengesetz – (ChemG)

[8- 9] Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen – Gefahrstoffverordnung – (GefStoffV)

[8- 10] Technische Richtlinien für brennbare Flüssigkeiten (TRbF)

[8- 11] Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (WHG – Wasserhaushaltsgesetz)

[8- 12] Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe (VAwS - NRW)

[8- 13] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift (BGV)

[8- 14] Berufsgenossenschaftliche Regel für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGR)

[8- 15] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen – Maschinenrichtlinie

[8- 16] Gesetz über technische Arbeitsmittel – Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – (GPSG)

[8- 17] Neunte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – Maschinenverordnung – (9. GPSGV)

[8- 18] Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen – : Explosionsschutzrichtlinie

[8- 19] Elfte Verordnung zum Geräte- und Produktsicherheitsgesetz – Explosionsschutzverordnung– (11. GPSGV)

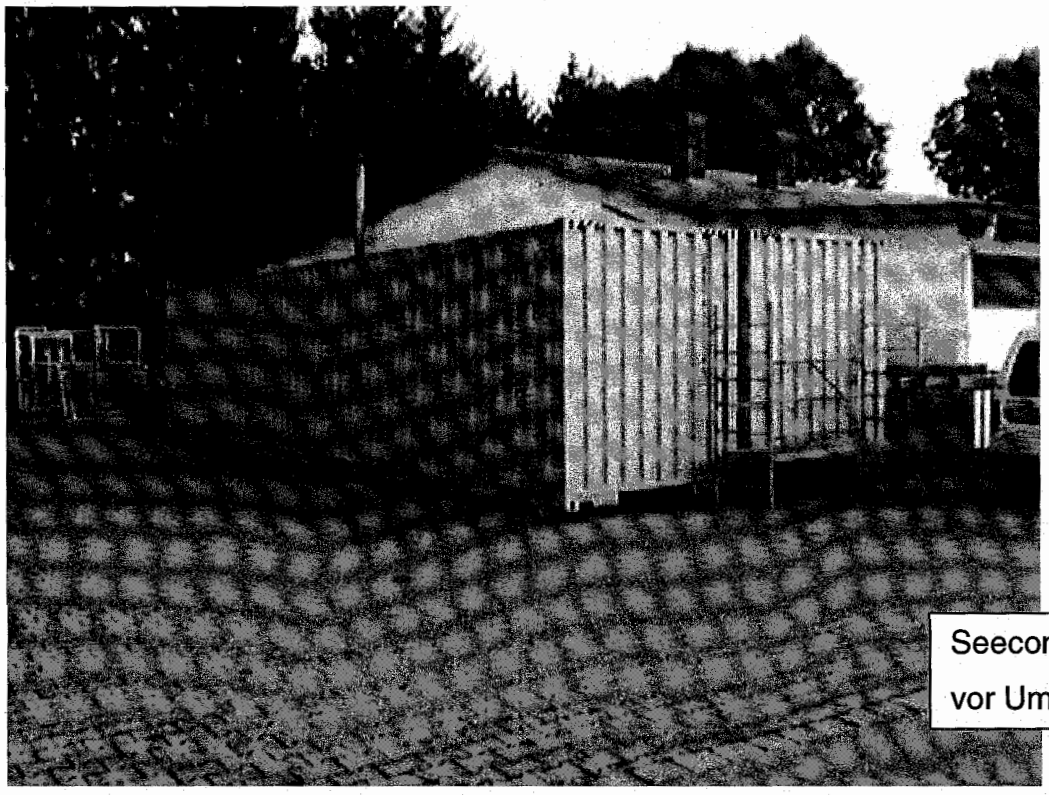
Datenbanken

[8- 20] Gefahrstoffinformationssystem der gewerblichen Berufsgenossenschaften (GESTIS-Stoffdatenbank)

[8- 21] Umwelt-Online Datenbank der UWS Umweltmanagement GmbH

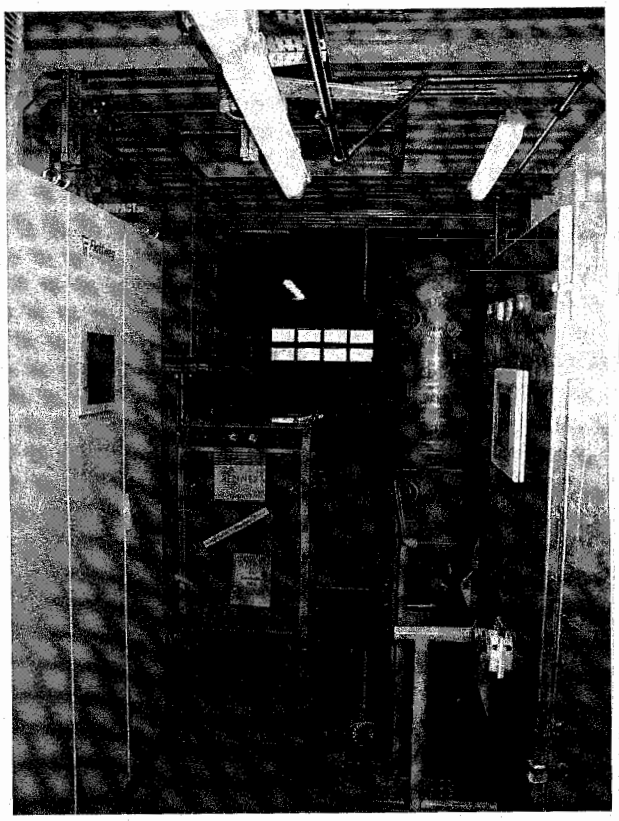
[8- 22] Gefahrstoffinformationssystem der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie (GisChem)

9. Anhang, Fotodokumentation



Seecontainer vor Umbau

Umbau der Seecontainer



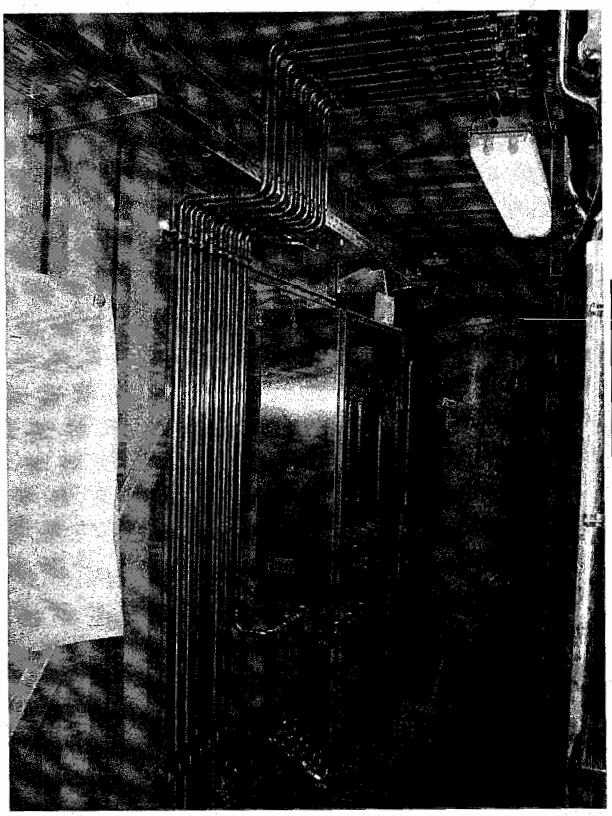
Blick in den oberen Container:

-Schaltanlage

-Drucklufterzeugung mit Speicher und Kältetrockner

-Treppenaufgang

-Polymeranlage

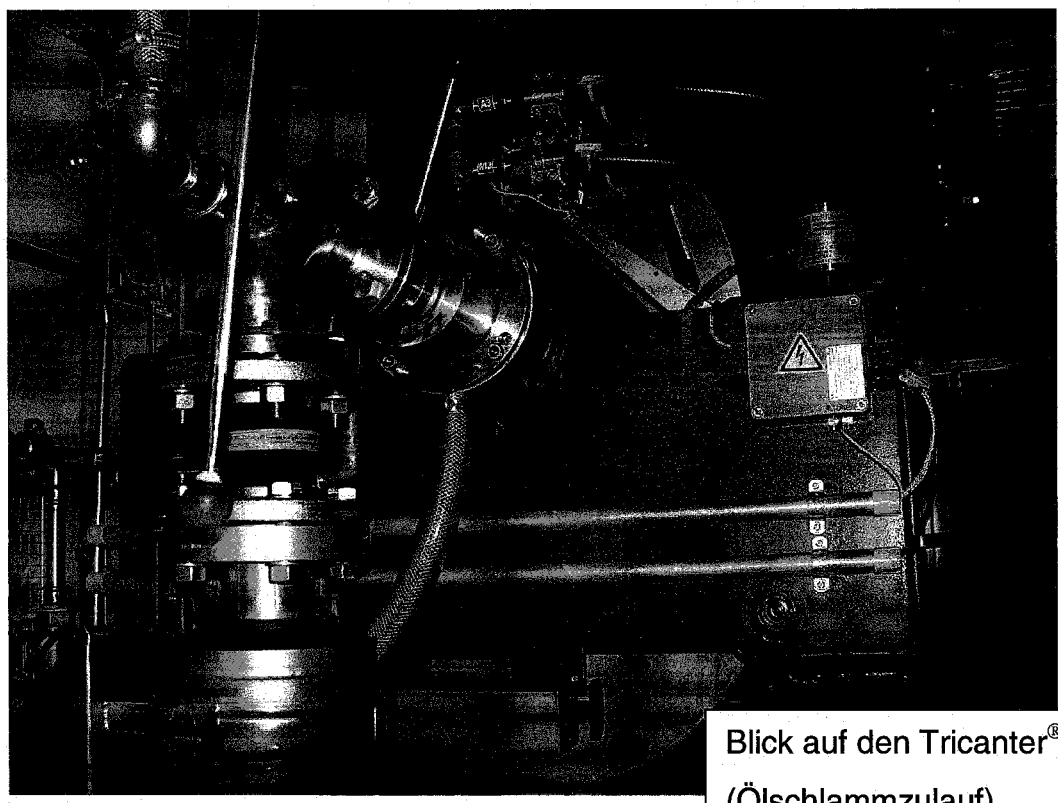


Blick in den oberen Container:

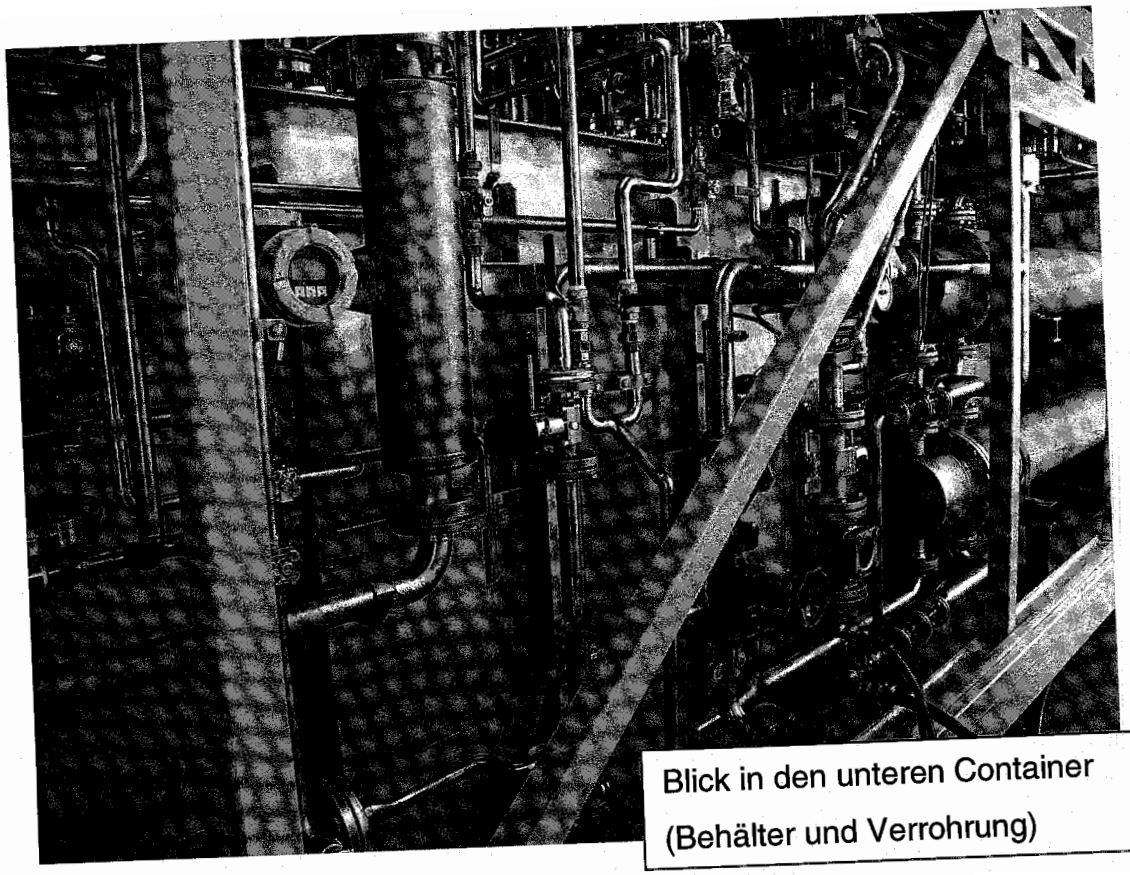
-Stickstoffverteilung

-Stickstoffspeicher

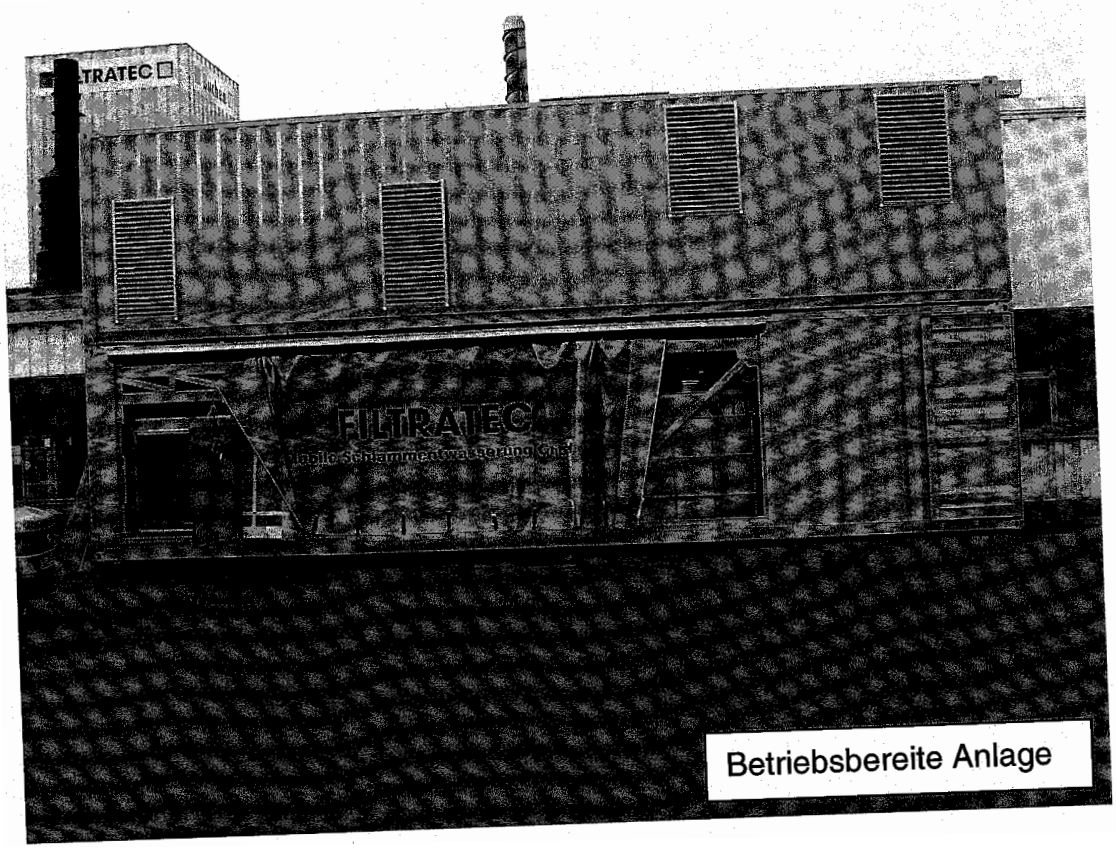
Blick vom oberen Container auf die Treppe



Blick auf den Tricanter® (Ölschlammzulauf)



Blick in den unteren Container
(Behälter und Verrohrung)



Betriebsbereite Anlage