

Kontamination und Dekontamination von Kraftstoffen mit Bakterien, Pilzen und Keimen

2.1.1 Kontamination und Dekontamination von Kraftstoffen mit Bakterien, Pilzen
und Keimen Seite 139

Dr. Karsten Hupe

Dr. Kai Heining

B. Wiese

Kontamination und Dekontamination von Kraftstoffen mit Bakterien, Pilzen und Keimen

Februar 2001

Gutachterliche Studie im Auftrag der Professor-Udo-Riemann-Stiftung. Erarbeitet durch Dr. Ing. Karsten Hupe, Ingenieurbüro für Abfallwirtschaft Prof. R. Stegmann und Partner, Nartenstraße 4a, 21079 Hamburg sowie Dr. Ing. Kai Heining und B. Wiese, Planung & Beratung in der Verfahrenstechnik, Thörlstraße 7, 21075 Hamburg

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Leiter: Dr. Hardwin Traulsen

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: www.rkl-info.de; E-mail: mail@rkl-info.de

Diese Arbeit wurde aus Mitteln der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung gefördert. Ziel der Prof.-Udo-Riemann-Stiftung ist es, angewandte Forschung und praktische Erfahrung auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Verfahrenstechnik zu unterstützen.

Gliederung

	Seite
1 Veranlassung	142
2 Problembeschreibung und Erfahrungen	143
2.1 Allgemeines	143
2.2 Landwirtschaft	146
2.3 Schifffahrt	148
2.4 Luftfahrt	149
2.5 Straßenverkehr	152
2.6 Stromaggregate	153
2.7 Heizungsanlagen	155
2.8 Treibstofflagerung/Mineralölindustrie	156
3 Untersuchungsverfahren	159
4 Ausblick und F&E-Bedarf	161
5 Zusammenfassung/Lösungsvorschläge	164
6 Literatur	167
7 Anhang	168
7.1 Liste der befragten potenziell Betroffenen und Fachleute	168
7.2 Kraftstofffilter und Wasserabscheider	171

1 **Veranlassung**

Im Bereich der technischen Nutzung von Dieselkraftstoffen kommt es aufgrund unterschiedlicher Ursachen zu Betriebsstörungen, die einen erhöhten Geräteverschleiß zur Folge haben. Dieser führt zu Stillstandszeiten und steigendem Wartungsaufwand und somit zu zusätzlichen Kosten. Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wird der Frage nachgegangen, inwiefern der mikrobielle Befall (Kontamination) des Dieselöles, der Lagerungs-, Treibstofftanks und der Motoren insbesondere in der Landwirtschaft ursächlich zu den Betriebsstörungen führt. Darüber hinaus werden Hinweise zu Probenahme- und Analyseverfahren gegeben. Einen Schwerpunkt stellt die Erarbeitung von Lösungsvorschlägen dar, wie ein mikrobieller Befall vermieden und auch beseitigt werden kann.

Umfangreiche Kenntnisse über die Problematik des mikrobiellen Befalls liegen der Mineralölindustrie vor. Auf Seiten der Verbraucher ist dieses Problem seit langer Zeit insbesondere in der Schiff- und Luftfahrt, im Bereich der Stromaggregate und bei Heizungsanlagen bekannt. Im Bereich der Landwirtschaft liegen diesbezüglich nur geringe Erfahrungen auch hinsichtlich der Relevanz vor.

Für die Erarbeitung des Gutachtens wurden folgende Quellen verwendet:

- Fachliteratur
- Internet
- Schriftliche, telefonische und persönliche Gespräche mit Fachleuten aus:
 - Mineralölindustrie,
 - Fahrzeug- und Motorenhersteller,
 - Hochschulen und Forschungsinstitute,
 - Behörden (z.B. Umweltbundesamt, Bundesforschungsministerium, Bundeswirtschaftsministerium, Landwirtschaftsministerium, Umweltministerium),
 - Landwirtschaft (Kammern, Verbände, Organisationen - z.B. Maschinenringe, Raiffeisen).

Dabei wurden auch Berichte und Erfahrungen aus Bereichen ausgewertet, in denen eine vergleichbare Problematik aufgetreten ist oder auftritt, um daraus für den landwirtschaftlichen Bereich Rückschlüsse zu ziehen und Lösungsvorschläge zu erarbeiten.

2 Problembeschreibung und Erfahrungen

2.1 Allgemeines

Aus verschiedenen Bereichen sind Störungen in der Dieselmotorkraftstoffzufuhr bekannt. Diese sind zum Teil

- auf Verunreinigungen im Dieselmotorkraftstoff,
- bei niedrigen Temperatur auf Paraffinausscheidungen
- aber auch auf Verstopfungen von Kraftstofffiltern, Einspritzdüsen, Pumpen und Kraftstoffleitungen durch mikrobiellen Befall

zurückzuführen.

Ebenfalls ist eine mikrobielle Korrosion zu beobachten, die durch korrosive Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen entsteht.

Mineralöl, Mineralölprodukte und somit auch Dieselmotorkraftstoffe sind mikrobiell gut abbaubare Substanzen. Dabei sind sowohl Bakterien als auch Pilze und Hefen in der Lage, Inhaltsstoffe des Kraftstoffes (Kohlenwasserstoffverbindungen) umzusetzen. Es wird davon ausgegangen, dass der mikrobielle Befall zu etwa 90 % durch Bakterien und zu ca. 10 % durch Pilze verursacht wird, wobei zuerst die Bakterien in Erscheinung treten und ein massiver Pilzbefall erst im Endstadium auftritt und als Zeichen einer starken Verschmutzung zu werten ist (BOER, 1994).

Da diese Mikroorganismen in der Umwelt allgegenwärtig sind, ist ein mikrobieller Befall kaum vermeidbar. Es kann in allen Bereichen der Versorgungskette von der

Raffinerie über die Transportwege und Lagertanks bis hin zum Endverbraucher zu „Infektionen“ kommen (BOER, 1994). Durch die mikrobielle Umsetzung werden einerseits Öl-/Kraftstoffinhaltsstoffe abgebaut oder strukturell verändert. Andererseits entstehen Umsetzungsprodukte und neue Biomasse (Wachstum und Vermehrung von Bakterien, Pilzen und Hefen). Grundvoraussetzung für eine solche mikrobielle Aktivität ist das Vorhandensein von Wasser, wobei geringe Mengen genügen. Die Grenzschicht zwischen der Wasser- und der Kraftstoffphase ist das Milieu für die Mikroorganismen, das für den Stoffwechsel und die Vermehrung die erforderlichen Voraussetzungen bietet. Neben dem Kohlenstoff benötigen die Mikroorganismen weitere Nähr- und Spurenstoffe, die entweder im reinen Kraftstoff mit seinen Additiven oder in vorhandenen Verunreinigungen enthalten sind.

Aufgrund der Dichteunterschiede zwischen Wasser, festen Verunreinigungen und dem Kraftstoff sinken das Wasser und die Verunreinigungen zu Boden. Daher gelangt kaum Sauerstoff in den Bereich der Grenzschicht zwischen der Wasser- und der Kraftstoffphase. Unter den anaeroben Bedingungen in dieser Grenzschicht sind vor allem sulfat- und nitratreduzierende Mikroorganismen zu finden und für die Problematik verantwortlich. An den Tankwandungen im oberen Bereich bildet sich ebenfalls ein mikrobieller Belag, da sich dort das Schwitzwasser niederschlägt. Die Problematik des mikrobiellen Befalls nimmt mit steigender Umgebungstemperatur zu, da das Biomassewachstum und die Umsatzgeschwindigkeiten steigen. Zur mikrobiellen Schleimbildung kommt es insbesondere durch Nährstoffmangel (MÜLLER, 2001).

Darüber hinaus wird bei der mikrobiellen Kraftstoffumsetzung auch Wasser als Nebenprodukt produziert, so dass auch ohne zusätzliche Wasserzufuhr von außen die „Verseuchung“ des Kraftstoffes ständig zunimmt. Unter idealen Bedingungen wäre die mikrobielle Verschmutzung in der Lage sich aufzuschaukeln, indem die Mikroben für die nächste Generation den Lebensraum (Wasser) bereitstellen. Die bei der mikrobiellen Umsetzung des Kraftstoffes freigesetzten organischen Säuren können in Kraftstofftanks und Leitungssystemen zu Korrosionsproblemen führen. Durch die Bildung von Schwefelverbindungen, wie z.B. H_2S durch sulfatreduzierende Bakterien, wird das Korrosionsproblem noch verstärkt (BOER, 1994).

Das beschriebene Problem kann dadurch verstärkt werden, dass

- ein Kraftstoff verwendet wird, der besonders gut mikrobiell umgesetzt werden kann - dieses gilt auch für Biodiesel (Rapsölmethylester RME) (WIESE und BLOTEVOGEL, 1996),
- die Kraftstoffqualität nur bedingt befriedigend ist und z.T. hohe Wasseranteile enthält (insbesondere in osteuropäischen Ländern) (MAN, 1998),
- mikrobielle Verunreinigungen des Kraftstoffes bereits ab Werk und/oder in der Versorgungskette (Lagerung, Transport, Lagertankbefüllung, Betankung) z.B. durch unsachgemäßen Umgang aufgetreten sind,
- der Diesel zu lange und falsch gelagert wird (WATKINSON, 1989) und
- die Porengröße der eingesetzten Kraftstofffilter zum Rückhalt von nicht mikrobiellen Verunreinigungen verkleinert wurden (WATKINSON, 1989).

Bisherige Untersuchungen haben ergeben, dass die Ursache für die Verstopfung aufgrund mikrobiellen Befalls der Kraftstofffilter, Kraftstoffleitungen etc. in erster Linie zurückzuführen ist auf

- einen aktiven Biofilm bzw. Mikroorganismenschleim, der sich dort im Verlauf längerer Standzeiten ausbildet und die Poren des Filters bzw. die Leitungen verschließt, d.h. der Filter und die Leitungen wachsen zu und der Kraftstoffkreislauf bzw. die Kraftstoffzufuhr wird deutlich verschlechtert oder sogar unterbunden
- oder auf abgestorbene Mikroorganismen, die im Kraftstoff verteilt vorkommen und die Filterporen mit den oben beschriebenen Folgen verstopfen.

Durch die Verstopfung der Kraftstofffilter und Kraftstoffleitungen wird einerseits die Kraftstoffversorgung für den Betrieb des Motors beeinträchtigt. Andererseits wird durch die mikrobielle Umsetzung des Kraftstoffes bzw. seiner Inhaltsstoffe die Schmierwirkung vermindert, was zum Verschleiß und zu Korrosionsproblemen in der Einspritzpumpe führen kann.

Da die genannten Probleme nicht notwendigerweise nur durch einen mikrobiellen Befall erklärt werden können, ist dieses eine mögliche Erklärung dafür, dass die mikrobielle Problematik in vielen Bereichen kaum bekannt ist bzw. erkannt wird.

2.2 Landwirtschaft

Befragungen von potenziell Betroffenen in der Landwirtschaft (z.B. landwirtschaftliche Verbände und Kammern, Maschinenringe und Raiffeisen - im Anhang sind die Befragten aufgeführt) zeigen deutlich, dass hier eine entsprechende Problematik kaum auftritt oder aber auftretende Probleme nicht auf eine mikrobielle Kontamination zurückgeführt werden. So antworteten von den acht schriftlich kontaktierten Landmaschinenherstellern nur drei. Drei weitere Hersteller wurden telefonisch befragt. Die meisten Hersteller hatten bisher nur vereinzelt Probleme mit mikrobiell verunreinigten Dieselmotorkraftstoffen in ihren Fahrzeugen. Auch an den drei Universitäten mit Instituten für Landmaschinentechnik und der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft FAL wurde diese Problematik bisher nicht untersucht.

Dieser Umstand ist aufgrund der betrieblichen Situation in der Landwirtschaft erstaunlich, da gerade dieser Bereich für die Problematik prädestiniert ist:

- Treibstoffvorrattanks werden auf dem Gelände des landwirtschaftlichen Betriebes z.T. an ungünstigen Standorten platziert, z.B. oberirdisch und der Sonne ausgesetzt: erhöhte Temperatur steigern das mikrobielle Wachstum und die Abbauaktivität.
- Vorhandene Vorrattanks bieten häufig keine Möglichkeit, Wasser oder andere Verunreinigungen im Sumpf des Tanks mit geringem Aufwand zu entfernen.
- Die Gefahr der mikrobiellen Kontamination ist situationsbedingt besonders hoch.
- Eine notwendige Tankpflege wird aus Unkenntnis, Zeit- und Kostengründen vernachlässigt.
- Die Schlepper und landwirtschaftlichen Maschinen werden z.T. nur saisonal genutzt. Durch die erhöhten Standzeiten kann es vor allem in Verbindung mit den

oben beschriebenen Bedingungen zu einer Verstärkung der Problematik kommen. Die Landmaschinenhersteller geben unterschiedliche Hinweise für die Stillstandzeiten. So schreibt Same Deutz-Fahr die Konservierung des Motors und des Tanks vor. Andere Hersteller geben keine Empfehlungen.

Für die Problemvermeidung und -behebung werden unterschiedliche Möglichkeiten vorgeschlagen (TRAULSEN, 1996; DGMK, 1999, DEA, 2000; ALTENBACH, 2000):

Problemvermeidung

- Versorgungskette wasserfrei halten.
 - Vermeidung des Eintrages von Wasser und anderen Verunreinigungen bei der Tankbefüllung
 - Einhaltung bestimmter Entwässerungszyklen für die Vorrattanks (z.B. jährliche Kontrolle und ggf. Entwässerung)
 - Einsatz von Vorrattanks mit einfacher Entwässerungsmöglichkeit
 - Volltanken aller kraftstoffbetriebenen Fahrzeuge und Maschinen sollte abends nach dem Betrieb erfolgen, um Kondensatbildung in dem leeren, warmen Tank beim Abkühlen der darin enthaltenen Luft zu vermeiden
- Standort des Vorrattanks möglichst an einer kühlen Stelle ohne Sonnen- bzw. Wärmeeinwirkungen wählen
- Sorgfältige Tankpflege: Reinigung des Tanks alle 4-5 Jahre (durch Fachfirmen).
- weitgehende Vermeidung von Billigprodukten ungewisser Herkunft und Zusammensetzung

Problembehebung

- physikalisch: absetzen des biologischen Materials, filtrieren, zentrifugieren
- Entleerung und Reinigung des Tanks
- Einsatz von Bioziden und Systemreinigern zur Dekontamination von entleerten Tankanlagen und den Leitungssystemen darf **nur** durch ausgewiesene Fachkräfte erfolgen. Der Einsatz sollte möglichst vermieden werden.

2.3 Schifffahrt

In der Schifffahrt ist das Problem der mikrobiellen Kontamination seit langem bekannt. Die mikrobielle Kontamination in Lagertanks, Rohrleitungen, im Sumpftank etc. führte zu zahlreichen Problemen (RUNGE, 1993):

- Verstopfung von Treibstoff-Filtern
- Schleimablagerungen
- Korrosion von Lager- und Treibstofftanks
- Veränderung der chemisch-physikalischen Eigenschaften der Mineralölprodukte mit den damit verbundenen Folgen wie z.B. Korrosionsschäden an Lagern und Kurbelwellen

Der Schiffsbetrieb bietet ideale Voraussetzungen für die mikrobielle Kontamination von Öl- und Kraftstoffsystemen (RUNGE, 1993):

- Es fällt Kondens-, Schwitz- und Leckwasser an.
- Die Öltemperaturen z.B. im Kurbelwellenraum sind mit 40-50°C optimal.

Das Problem wird noch dadurch verstärkt, dass Treibstoffe stark unterschiedlicher Qualität gebunkert und getankt werden. Insbesondere werden zur Reduzierung der Betriebskosten vielfach Billigprodukte verwendet, deren Qualität ungewiss ist. Vielfach werden bereits auf diesem Wege mikrobiell kontaminierte Treibstoffe oder Treibstoffe mit erhöhten Wassergehalten und Verschmutzungsgrad eingeschleppt, wodurch das ohnehin hohe Gefährdungspotenzial noch erheblich gesteigert wird.

Als Beispiel für die Auswirkungen von schlechter Dieselqualität soll folgender Fall kurz dargestellt werden (HAMBURGER ABENDBLATT; 30. September 2000): *Im September 2000 fuhr eine griechische Fähre auf eine Sandbank. Vorher waren die Motoren ausgefallen. Der Kapitän führte dies auf die schlechte Qualität des Diesels zurück, den er zuvor getankt hatte.*

Auch im Bereich der Schifffahrt wird die Entwässerung der Mineralölprodukte bzw. des gesamten Öl- und Kraftstoffsystems als entscheidend für die Vermeidung des Problems erkannt. Der Einsatz von Wasserabscheidern in Verbindung mit Tiefenfiltern gewährleistet zusätzlich die Abtrennung des für den mechanischen Verschleiß in Schiffsantriebsmaschinen verantwortlichen Schmutzes (RUNGE, 1993). Darüber hinaus kommen auch Biozide (z.B. GrotamAR 71 oder Bakzid) zum Einsatz. Doch auch hier wird vor einem unsachgemäßen Umgang mit Bioziden gewarnt. Für die Wasserabscheidung sind unterschiedliche Kraftstoffvorfilter mit Wasserabscheider erhältlich. Diese werden im Anhang näher beschrieben.

2.4 Luftfahrt

Der mikrobielle Befall von Kerosin ist bereits seit den 30er Jahren bekannt und wird seit dem untersucht (THAYSEN, 1939). Wegen der fatalen Folgen, die infolge von Veränderungen an Flugtreibstoffen entstehen können, werden an die Herstellung, Lagerung und Verwendung der Treibstoffe hohe Anforderungen gestellt. Im Folgenden soll hier nur auf Treibstoffe für turbinengetriebene Flugzeuge eingegangen werden, da diese durch ihre Ähnlichkeit zum Diesel (Kerosin bzw. Petroleum) auch ähnliche Eigenschaften bezüglich des mikrobiellen Befalls aufweisen.

Korrosionen metallischer Tanks bzw. Tankinnenbeschichtungen aufgrund eines mikrobiellen Befalls des Treibstoffes führten genauso zu spektakulären Flugzeugunfällen wie Pilzwachstum in den Treibstofftanks, der Verstopfungen von Treibstoffleitungen und -filtern hervorrief (PARBERY, 1971).

In den 60er und 70er Jahren mussten Turbinenkraftstoffe für militärische Zwecke aufgrund von mikrobiell bedingten Motorausfällen gemäß von NATO-Spezifikationen mit Bioziden ausgerüstet werden. Durch Maßnahmen der Tankreinheit und durch regelmäßige Tankreinigung konnte seit den 80er Jahren in diesem Bereich auf Biozidzusätze verzichtet werden (PAHLKE, 2000). Diese Aussage wurde von Mitarbeitern der DEA (2000) bestätigt. Zur Verhinderung eines mikrobiellen Befalls wird

bei Herstellung und Lagerung der Flugtreibstoffe sehr darauf geachtet, dass in den unterschiedlichen Tanks praktisch kein Wasser vorhanden ist und so auf den Einsatz von Bioziden verzichtet werden kann (DEA, 2000).

Die Wachstumsbedingungen für Keime im Treibstoff sind während des Betriebes eines Flugzeuges sehr begrenzt, da im Allgemeinen Temperaturen um die -40 °C in den Tanks herrschen. Die niedrigen Temperaturen erfordern auch den Einsatz spezieller Frostschutzmittel im Kraftstoff, da sonst bei Eisbildung Verstopfungen der Anlagen zu erwarten sind. Die Frostschutzmittel wirken gleichzeitig gegen die Keime, da sie für geringe Wassermengen als Lösungsvermittler wirken (das Wasser wird verstärkt im Kraftstoff gelöst) und in der Wasserphase bei größeren Wasserkonzentrationen biozid wirken (FRANCE ORGANO CHIMIQUE, 2000).

Das Londoner Institute of Petroleum hat einen Grenzwert von 10 Bakterien pro Liter Kerosin und 100 Pilzen bzw. Hefen pro Liter herausgegeben. Bei Überschreitung dieser Werte wird der Einsatz von Bioziden empfohlen (FRANCE ORGANO CHIMIQUE, 2000). Als Handelsnamen werden z.B. Biobor JF, Kathon FP 1.5 und Kerocide D 1.5 erwähnt. Die Biozide werden von praktisch allen Herstellern von Turbinen bzw. Flugzeugen zugelassen.

Nach Aussage der DEA (2000) wird vom Gebrauch von Bioziden abgeraten. Diese sind durch die besonders sorgfältige Herstellung und Lagerung der Flugtreibstoffe nicht notwendig, um den Befall zu vermeiden. Auch die Bedingungen während des Fluges (niedrige Temperaturen und Frostschutz) lassen Mikroorganismen keine Wachstumsbedingungen.

Der Biozideinsatz bei Flugtreibstoffen ist auch insofern kritisch, da in bestimmten Fällen vor dem Landen des Flugzeuges die Kerosintanks entleert und auf diese Weise Biozide unkontrolliert in der Umwelt verteilt werden.

2.5 Straßenverkehr

Es sind keine Probleme mit mikrobiell befallenen Diesel in Deutschland bekannt, wenn an den kommerziellen Tankstellen getankt wurde. Schwierigkeiten bereitete Anfang der neunziger Jahre der Wassergehalt im Diesel in Ostdeutschland. Diese Probleme gelten aber als gelöst (WINKLER, 2000). In Osteuropa hat der Diesel allerdings nicht den westeuropäischen Standard. So empfehlen Fahrzeughersteller wie MAN (1998), dass Lastkraftwagen mit dem „Reiseziel“ Osteuropa mit zusätzlichen Filtersystemen ausgestattet werden sollten.

Im Gegensatz dazu werden Diesel/Wasser-Gemische als stabile Emulsionen für den innerstädtischen Busverkehr hergestellt. Hintergrund sind die verschärften Abgasrichtlinien, die ältere Fahrzeuge nicht einhalten können. Durch den Einsatz dieser Diesel/Wasser-Gemische entstehen geringere Abgasemissionen. So versetzt die französische Ölgesellschaft Elf herkömmliches Dieselöl mit über 10 % Wasser und mit speziellen Zusätzen. Das Produkt „Aquazole“ ist eine homogene Emulsion, die wie Milch aussieht und die ebenso wie Diesel transportiert, gelagert und verwendet werden kann. Das Gemisch ist über 3 Monate stabil (ELF AQUITAINE, 2000). Probleme mit einem mikrobiellen Befall gibt es laut Elf-Deutschland nicht, da Aquazole nur in den betriebseigenen Tanks der Verkehrsgesellschaften gelagert wird. Ob ein Biozid als Zusatz verwendet wird, konnte der Produktmanager von Elf nicht mitteilen. Erprobt wird dieser Kraftstoff zur Zeit in Frankreich, Großbritannien und in Berlin. Es entstehen 15-30 % weniger Stickoxide, 30-80 % weniger Rauch und Ruß und 10-50 % weniger Partikelemissionen (ELF AQUITAINE, 2000).

Auch in Italien stellt die Mailänder Firma CamTec ein Diesel/Wasser-Gemisch für den Betrieb von Bussen her. Das Absatzpotenzial gilt als sehr hoch, da 80 % der italienischen Busse als veraltet gelten (JUNG, 2000).

Nach Aussagen eines Motoren- und Einspritzpumpeninstandsetzungsunternehmens (Firma Eggers, Osterrönnfeld) traten innerhalb der vergangenen Jahre wenige Fälle eines mikrobiellen Befalls von Dieseldieselkraftstoff auf, die zu einer Störung der Fahrzeuge führten. Der Betrieb setzt in einem Jahr über 1.000 Einspritzpumpen von

Fahrzeugen aller Art (Schlepper, LKW, Baumaschinen...) instand. Die Häufigkeit ließ sich aber nicht mehr nachvollziehen. Die Mehrzahl der Fälle ist auf gute Wachstumsbedingungen im Kraftstoff oder auf eine Verschleppung von Keimen in unterschiedliche Tanks („Ansteckung/Infektion“) bedingt durch unsachgemäßen Umgang zurückzuführen.

2.6 Stromaggregate

Während in den USA die Probleme des mikrobiellen Befalls von Diesel- und Notstromaggregaten bekannt sind, ergab eine Umfrage bei deutschen Herstellern solcher Aggregate (Kagama Industrieausrüstungen, Best Power Technology und Ferk Aggregatebau), dass hier die Problematik nicht bekannt ist. Es wurde auf die monatlichen Testläufe der Notstromaggregate verwiesen. Aus diesem Grund wird nachfolgend nur auf den Erkenntnisstand aus den USA eingegangen, die aus gutachterlicher Sicht auf die deutschen Verhältnisse übertragbar sind.

Die Ernsthaftigkeit des mikrobiellen Befalls von Diesel- und Notstromaggregaten und der damit verbundenen Probleme wird besonders deutlich durch die Tatsache, dass die Thematik von der US-Energiebehörde, Amt für Nuklear- und Anlagensicherheit, Washington, DC, in einer offiziellen Veröffentlichung problematisiert wurde (ONS, 1994). Hier werden einerseits unterschiedliche Problemfälle aus der Praxis beschrieben und darüber hinaus Lösungsvorschläge erarbeitet, die denen in den bisherigen Kapiteln gleichen (ONS, 1994):

- Das Ansaugrohr des Dieseltanks zum Generator sollte soweit über dem Tankboden angebracht werden, dass Wasser und Sedimente, die sich im normalen Maße am Tankboden angesammelt haben, nicht in die Versorgungsleitung gelangen.
- Kommt es bei längeren Lagerungszeiten im Tank zu einer Anreicherung von Wasser und zu einem verstärkten mikrobiellen Befall, der sich am Tankboden absetzt, so sind diese weitestgehend zu entfernen.

- Sind die Dieselfilter durch mikrobiellen Befall verstopft, so ist das gesamte System zu entleeren, und die verschmutzten Teile der Versorgungsleitung und Filter sind zu reinigen.
- Neben der mikrobiellen Umsetzung von Diesel an der Phasengrenzfläche zwischen Diesel und Wasser kann es insbesondere bei längeren Lagerungszeiten nach 2 bis 3 Monaten zu Oxidations- und Polymerisationsprozessen kommen. Dabei können hohe Konzentrationen feiner Partikel entstehen, die zu Verstopfungen der Filter und zu Störungen der Einspritzpumpe führen. Im Allgemeinen wird dieser sogenannte Alterungsprozess werksseitig durch Zugabe von Additiven limitiert.
- Vor dem Betanken der Lagerungs- oder Vorratstanks mit neuen Dieselölchargen sollten diese insbesondere dann geprüft werden, wenn die Herkunft zweifelhaft ist. Dabei ist auf Klarheit und Helligkeit der Probe zu achten. Es werden auch eine Reihe weiterer Tests bzw. Untersuchungen empfohlen. Folgende Parameter sind relevant: spezifisches Gewicht, kinematische Viskosität, Wasser- und Sedimentgehalt, Flammpunkt.
- Monatlich oder vierteljährlich sollte Kondensat entfernt werden. Am Tankboden angesammeltes Wasser sollte unmittelbar entfernt werden.
- In einem 10-Jahres-Intervall sollte das gelagerte Öl ersetzt, am Tankboden angesammelte Sedimente entfernt und der Tank gereinigt werden. Für die Tankreinigung wird die Verwendung einer Lösung mit Natronlauge empfohlen. Bei der Inspektion des Tanks sollte dieser auf Korrosionsschäden untersucht werden. Rost oder andere Korrosionsprodukte müssen unbedingt entfernt werden.

Der Wartungsaufwand für Diesel- und Notstromaggregate ist im Allgemeinen höher als in der Landwirtschaft erforderlich, da hier i.A. eine höhere Betriebssicherheit gefordert ist.

Um die verschärften Abgaswerte, die auch bei Stromaggregaten gelten, einzuhalten, betreibt die Firma MTU-Friedrichshafen ein Diesellagregat mit einem Diesel/Wasser-Gemisch. Durch die Wasserbeigabe werden die Spitzentemperaturen im Motor herabgesetzt und dadurch die NO_x - und die Rußbildung reduziert. Im Gegen-

satz zu den beim Straßenverkehr (Kap. 2.5) genannten Beispielen wird die Emulsion erst vor der Einspritzung hergestellt (MTU, 2000). Dieses Verfahren ist somit günstiger, da dadurch keine zusätzlichen Probleme mit der Lagerung entstehen und den Zusatz von Bioziden und anderen Additiven verringert bzw. überflüssig macht.

2.7 Heizungsanlagen

Bei der Lagerung von Heizöl bestehen die gleichen Probleme wie beim Diesel. So werden von den Heizungs- und Tankherstellern regelmäßige Reinigungen der Öltanks empfohlen. Neben Verstopfungen der Ölleitungen, Brennerstörungen und Korrosionsproblemen der Behälterwände und der Tankinnenbeschichtungen gab es auch Probleme mit den Grenzwertgebern. Diese werden in die Tanks eingebaut, um ein Überfüllen zu vermeiden. Bei auftretenden Betriebsstörungen überzogen Mikroorganismen die gesamte Schutzhülse des Grenzwertgebers mit einem schwarz/braunen, schmierigen, zähen Film. Davon können auch die Öffnungen derart betroffen sein, dass der Grenzwertgeber versagt (PANTKE und PASTUSKA, 1984). Die Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM) in Berlin hat bei einer Untersuchung vornehmlich die Pilzarten „Cladosporium“ und „Penicillium“ festgestellt. Auf Veranlassung der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB, Braunschweig) wurde den Herstellern von Grenzwertgebern empfohlen, die Schutzhülsen mit einem 5 mm breitem Schlitz zu versehen, der nachweislich von dem Überzug nicht mehr verschlossen werden kann (DIEHLE, 2000).

PANTKE (2000) berichtete über Lochfraßkorrosionen an der Phasengrenzfläche (Heizöl-Kondensat) in Heizöllagertanks, wenn der Tank erst im Herbst und nicht bereits im Frühjahr wieder vollständig befüllt wurde.

Ein besonderes Heizöl vertreibt die Firma Heizoelvertrieb GesmbH. Das „MAGMA Umweltheizöl“ zeichnet sich laut TÜV-Gutachten durch einen geringeren Rußausstoß und eine höhere Betriebssicherheit als ein normales Heizöl aus. Dies wird durch die Zugabe eines Verbrennungskatalysators und eines Biozids erreicht (HEIZOELVERTRIEB GESMBH, 2000).

2.8 Treibstofflagerung/Mineralölindustrie

Laut Mineralölwirtschaftsverband kam es Anfang der 90-iger Jahre zu einem größeren mikrobiellen Befall von Mineralöltankanlagen (WINKLER, 2000). Auch Mitarbeiter der DEA-Forschungsabteilung Hamburg (DEA, 2000) bestätigten diesen Vorfall. Dafür verantwortlich gemacht wurden Kraftstoffe und Öle, die aus ehemaligen Ostblockstaaten importiert wurden. Diese wurden damals vermutlich aus Restlagerbeständen entnommen, welche durch lange Lagerzeiten und ungünstige Lagerungsbedingungen (in Kavernen, in denen eine Wasserkontrolle schwierig ist; WATKINSON, 1989) hohe Wassergehalte und damit eine erhöhte Empfindlichkeit für mikrobiellen Befall aufwiesen.

Da Mikroorganismen nicht ohne Wasser leben, wachsen und sich vermehren können, kann aus Sicht der Mineralölindustrie der mikrobielle Befall am wirkungsvollsten dadurch verhindert werden, indem die gesamte Versorgungskette wasserfrei gehalten wird. Somit müssen konsequenterweise Lagertanks für Mineralölprodukte regelmäßig entwässert werden. Welche Entwässerungszyklen einzuhalten sind, ist abhängig von den Erfahrungen, die für den jeweiligen Tank vorliegen. Die Einflüsse durch die Produktzufuhren (Schiff, Pipeline, Umschlagshäufigkeit etc.), die Tankkonstruktion (Festdach, Schwimmdach, horizontale oder vertikale Ausdehnung, Tankeinbauten, etc.) und der Ausführung des Tankbodens (flach, konisch mit tiefstem Entwässerungspunkt, ein oder mehrere Drainpunkte) sind hierbei zu berücksichtigen. Deshalb empfiehlt die DGMK (1999) ein Wassermonitoring von mindestens einmal pro Monat. Darüber hinaus wird für den ungünstigsten Fall (Schiffszufuhr, Schwimmdachtank, flacher Tankboden, Tankeinbauten, nur ein Entwässerungspunkt) eine Wasserprüfung in deutlich kürzeren Zeitabständen empfohlen, um die Gefahr einer massiven Verkeimung zu verhindern (DGMK, 1999).

Bei Befall großer Lagertanks (z.B. in Raffinerien) mit Mikroorganismen wird folgendes Vorgehen empfohlen: Da das Absetzverhalten der Mikroorganismen u.a. von ihrem Durchmesser und dem Dichteunterschied abhängig ist, kann der Absetzvorgang für Lagertanks einige Tage bis 4 Wochen in Anspruch nehmen. Um nicht

den gesamt gelagerten Treibstoff entsorgen zu müssen, kann der Bodenschlamm nach erfolgter Sedimentation z.B. mittels Filtration über einen Anschwemmfilter weiter behandelt werden. Der Tank ist anschließend zu entleeren und zu reinigen. Der Treibstoff ist nach erfolgter Kontrolle und ggf. Aufbereitung wieder verwendbar.

Der Einsatz von Bioziden in Mitteldestillaten zur Dekontamination oder als vorbeugende Maßnahme wird nicht empfohlen, da folgende negative Effekte und Unsicherheiten auftreten können:

- Die abgestorbenen Mikroorganismen können die Produktqualität zunächst verschlechtern.
- Bei Verwendung von Bioziden können die Mikroorganismen in den oberen Teil des Tanks aufschwimmen oder aber auch zu Boden sinken - sie verbleiben ohne weitere Maßnahmen in jedem Fall im Tank. Das biologische Material muss deshalb abfiltriert und fachgerecht entsorgt werden.
- Die Verträglichkeit von Bioziden mit den Mitteldestillaten und Additiven ist in der Regel nicht zu gewährleisten.
- Einsatz und Entsorgung der Biozide müssen den gesetzlichen Bestimmungen entsprechen.

Alle genannten physikalischen Verfahren (siehe auch Kap. 2.2) können zwar das Produkt, nicht aber den Tank und die produktführenden Leitungen von Mikroorganismen befreien. Bei der Sanierung mikrobiell befallener Tankanlagen ist der Einsatz von Bioziden oder Systemreinigern eine durchaus sinnvolle Ergänzung zur mechanischen Reinigung. Als Voraussetzung für einen effektiven Einsatz des Produktes müssen Rost und Ablagerungen von den Anlagenteilen entfernt werden. Es ist wichtig, die Produkte in den empfohlenen Konzentrationen einzusetzen und für die Reinigungsarbeiten den Rat und die Unterstützung des Herstellers zu nutzen. Es ist darauf zu achten, dass keine Reinigungs- und Lösungsmittelreste im Tank verbleiben.

Sowohl die Teilnehmer der DGMK-Untersuchung (DGMK, 1999), die Mitarbeiter der DEA-Forschungsabteilung Hamburg (DEA, 2000) als auch die Fachleute aus den unterschiedlichen Forschungseinrichtungen und Umweltinstitutionen wie dem Forschungszentrum Jülich, der Bundesanstalt für Materialprüfung Berlin oder dem Umweltbundesamt Berlin lehnen den Einsatz von Bioziden zur Vorsorge z.T. strikt ab. Sie stellen die Tankpflege und Transport- und Lagerhygiene in den Vordergrund.

Die Meinungen über die antibakterielle Wirkung des Schwefels im Diesel gehen auseinander. Die Forschungsabteilung der DEA Hamburg erklärte, dass der Schwefelgehalt keinen Einfluss auf das mikrobielle Wachstum hat (DEA, 2000). John Hubert, Vize Präsident der Petroleum Marketers Association of America, behauptet wiederum, dass der Schwefel einen natürlichen antibakteriellen Zusatz darstellt (McNAMARA, 1997). Von Seiten der Mikrobiologen wie z.B. Prof. Müller aus dem Arbeitsbereich Biotechnologie II der Technischen Universität Hamburg-Harburg (MÜLLER, 2001) wird hingegen davon ausgegangen, dass unter anaeroben Bedingungen der Schwefel eher positive Wirkung auf den mikrobiellen Befall haben kann, da unter diesen Milieubedingungen vor allem sulfatreduzierende Mikroorganismen für die mikrobielle Umsetzung von Kraftstoff-/Dieselinhaltsstoffen verantwortlich sind (siehe auch Kap. 2.1).

3 Untersuchungsverfahren

Zur Untersuchung des mikrobiellen Befalls sind unterschiedliche Methoden verfügbar. So wird z.B. von der Fa. Merck ein Schnelltester angeboten, mit dem innerhalb von 72 Stunden ein Ergebnis ermittelt werden kann (10 Teststreifen für ca. 35,- DM). Die Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein empfiehlt auch diesen Test.

Weitere Schnelltester für diesen Zweck sind z.B.:

- „Total Microbe Test Kit“, Teststreifen von FuelDynamics
- Microbial Incubator Analyser 2000, ein automatisches Mikroben-Analysegerät von FuelDynamics.
- „Microtest“, eine temperierte Box mit der Möglichkeit 23 Agar-Platten zu brüten.

Ferner besteht laut Firma Eggers (Osterröfeld) die Möglichkeit, einen mikrobiellen Befall des Diesels über den Geruch zu erkennen. So ist bei einer Kontamination des Diesel mit Bakterien ein Teergeruch und für den Befall mit Hefen ein Geruch nach Benzin wahrnehmbar.

Spezielle Untersuchungsmethoden sind für Flugkraftstoffe bekannt. So wird von FRANCE ORGANO CHIMIQUE (2000) der Microtest P, das HUM-Bug detector Kit und die Auszählung in Petrischalen beschrieben. Microtest P wird speziell für Kerosin angeboten und erlaubt sowohl für die Kohlenwasserstoffphase als auch für die Wasserphase die Bestimmung sehr niedriger Mikroorganismenkonzentrationen. Das Produkt HUM-Bug besteht aus einem Nährmedium, das mit dem Kraftstoff gemischt wird und dann nach einer bestimmten Zeit durch Rot- oder Rosafärbung einen mikrobiellen Befall anzeigt. Die Auszählung auf Nährmedien entspricht den mikrobiologischen Standardtests.

Alle beschriebenen Schnelltests weisen zwar Mikroorganismen nach, treffen aber keine deutliche Aussage, ob der Kraftstoff noch gebrauchsfähig ist. Im Rahmen des gemeinsamen Untersuchungsprogrammes unterschiedlicher Mineralölgesellschaften

wurde festgestellt, dass in Abhängigkeit der gewählten Analysemethode deutlich abweichende Resultate erzeugt wurden (DGMK, 1999). Um eine Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit von Ergebnissen zu gewährleisten, wurde als Konsequenz die Auswahl auf zwei etablierte Bestimmungsmethoden eingeschränkt. Die Methoden und die Ergebnisse der vergleichenden Untersuchungen werden in dem DGMK Forschungsbericht 540 „Mikrobiologische Kontamination von Mitteldestillaten - Problemerkfassung und Problembeseitigung“ detailliert beschrieben. Sowohl die Probenahme als auch die Untersuchungen sind danach von geschultem Personal durchzuführen.

Vertreter der DEA-Forschung (DEA, 2000) empfehlen eine Filtration der Kraftstoffprobe und eine anschließende mikroskopische Untersuchung auf Pilze oder Bakterien, die in Form von Fasern bzw. Fäden zu erkennen sein müssen. Diese Untersuchungsmethode setzt genau dort an, wo die **Probleme** für den Erzeuger bzw. Verbraucher von Kraftstoffen **erst entstehen**, nämlich bei der Verstopfung der Filter, Pumpen etc. durch die Fasern/Fäden mikrobiellen Ursprungs.

4 Ausblick und F&E-Bedarf

Als Diskussionsgrundlage für das weitere Vorgehen und als Ausblick für einen aus gutachterlicher Sicht möglichen Forschungs- und Entwicklungs-(F&E-)Bedarf werden nachfolgend einige Aspekte aufgeführt.

Zusätzliche Vorfilter

Um die Auswirkungen von befallenen Kraftstoffen zu minimieren, werden unterschiedliche Vorfilter und Abscheider angeboten. Der vergleichende Test derartiger Produkte im praktischen Betrieb oder auch in Motorenprüfständen könnte zur Erstellung von Anwendungsempfehlungen dienen. In diesem Zusammenhang könnte auch die Wirkung des DE-BUG-Systems untersucht werden. Hierbei handelt es sich um ein Treibstoff-Aufbereitungssystem, in dem Mikroorganismen in einem Magnetfeld zerstört werden sollen (Fa. DE-BUG worldwide limited, Wellington, New Zealand). Die magnetfeldbedingte Wirkung wird von allen befragten Fachleuten und den Gutachtern bezweifelt. Inwiefern ein anderweitiger Effekt dieses Systems für die von DE-BUG gezeigten Auswirkungen verantwortlich ist, könnte im Rahmen der vergleichenden Untersuchungen geprüft werden.

Biozide

Der Nutzen von Bioziden sollte gründlich untersucht werden. So ist von der Problematik durch die Antibiotika bekannt, dass Resistenzbildungen der Keime zu erwarten sind. Außerdem sind Biozide genau das, was ihre Bezeichnung sagt: auf Lebewesen schädlich wirkende Substanzen. Dazu gehört auch der Anwender. Die Empfehlungen z.B. den Tank generell mit Bioziden zu dekontaminieren, wird deshalb nicht unterstützt, da eine mechanische Reinigung ausreichen sollte. Darüber hinaus kann ein prophylaktischer Einsatz von Bioziden beim Endverbraucher bzw. in der Öffentlichkeit zu negativen Reaktionen führen, insbesondere da deren Umweltrelevanz weitgehend unbekannt ist.

Im Rahmen eines Projektes wäre zu prüfen, inwiefern der Einsatz von Frostschutzmitteln, ähnlich wie sie in der Luftfahrt eingesetzt werden, auch in anderen Bereichen

zielführend sein kann (siehe Kap. 2.4). In diesem Zusammenhang könnten auch andere weniger bedenkliche und kostengünstigere Additive auf ihre Wirksamkeit untersucht werden. Dabei ist auch die notwendige Additivkonzentration in Abhängigkeit des Problemfalls (Art und Umfang der mikrobiellen Kontamination) und der Milieu- und Betriebsbedingungen zu betrachten.

Ansteckung

Die Frage, ob es eine „Ansteckung“ gibt und ob diese mit Bioziden wirksam bekämpft werden kann, ist bisher nicht geklärt. Eine „Ansteckung/Infektion“ als Folge des unsachgemäßen Umgangs scheint möglich. Es ist jedoch zu prüfen,

- auf welche Weise eine problematische „Ansteckung“ erfolgen kann,
- wie lange es dauert, bis es zu Problemen kommt,
 - erkennbarer mikrobieller Befall
 - Verstopfung von Filtern und Leitungen
 - Korrosion durch Säurebildung
- welche Hygienemaßnahmen für welchen Problemfall wirksam sind.

Erkennung von Problemen durch mikrobiellen Befall/Testmöglichkeiten

Test auf mikrobiellen Befall von Kraftstoffen werden in zahlreicher Form angeboten. Im Bericht der DGMK (1999) wird zwar eine Empfehlung ausgesprochen, welche wie eingesetzt werden können, aber es wird auch darauf hingewiesen, dass die Aussagekraft beschränkt ist. Daher ist es nur verständlich, dass Laien mit kommerziell erhältlichen Tests eher überfordert sind und dann durchaus zur Vorbeugung Biozide einsetzen könnten. Ein Test, wie er bei der Hamburger Forschungsabteilung der DEA (2000) angewendet wird, verspricht eher eine Aufklärung des mikrobiellen Befalls zu erbringen. Der Kraftstoff bzw. die wässrige Phase wird abfiltriert und der Rückstand mikroskopisch auf Fasern/Fäden von Bakterien bzw. Pilzen untersucht. Damit wird eine belastbare Aussage über den Zustand des Kraftstoffes bezüglich einer Verstopfungsgefahr getroffen. Ein derartiger Test könnte z.B. auch für den Gebrauch durch Laien weiterentwickelt werden.

Um aufwendige (Zeit, Komplexität) mikrobielle Tests ggf. zu vermeiden, sind als erste Kontrollmöglichkeit ggf. einfachere Tests zu entwickeln und zu standardisieren:

- Färbung
- Geruch
- Einsatz von Schaugläsern im Sumpfbereich, um Sedimente und Wasser zu erkennen
- ggf. kostengünstige und schnelle pH-Wert-Überprüfungen mit Teststreifen, da durch die mikrobielle Umsetzung organische Säuren freigesetzt werden, die den pH-Wert verändern

Innovationen in der Tanktechnik

Möglichkeiten der Entwässerung von Treibstoff und -tanks.

Einfluss des Schwefels

Zum Einfluss des Schwefelgehaltes im Diesel wurden widersprüchliche Meinungen laut. Es sind keine abgesicherten Untersuchungen bekannt aber ggf. erforderlich.

RME und Pflanzenöle

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Diesel auf RME, Pflanzenöle und ähnliche alternative Produkte ist näher zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wäre auch zu prüfen, inwiefern die Herkunft eines entsprechenden Produktes dessen Zusammensetzung bestimmt und wie sich diese auf die Produktqualität auch hinsichtlich eines möglichen mikrobiellen Befalls auswirkt.

5 Zusammenfassung/Lösungsvorschläge

Der mikrobielle Befall von Dieselmotoren kann zu Verstopfungen der Filtersysteme, zur Beschädigung von Einspritzpumpen und zu Korrosionsproblemen führen. Diese Betriebsstörungen führen zu Stillstandszeiten der betroffenen Geräte und Maschinen mit z.T. fatalen Folgen (z.B. Flugzeugabsturz, Schiffshavarien), zu steigendem Wartungsaufwand und vor allem auch zu zusätzlichen Kosten. Dies hat für den gewerblichen Betrieb in der Landwirtschaft erhebliche Auswirkungen.

Es ist festzuhalten, dass ein mikrobieller Befall von Kraftstoffen zwar eher selten auftritt, aufgrund seiner möglichen Folgen aber eine qualitativ hohe Relevanz besitzt. Von den 60 Institutionen oder Firmen, die im Rahmen der Studie telefonisch oder schriftlich befragt wurden, kannten sechs das Problem des mikrobiellen Befalls von Kraftstoffen bei Kraftfahrzeugen (PKW, LKW, Schlepper, Baumaschinen...), sieben kannten das Problem aus anderen Bereichen (Schiff- und Luftfahrt, Schienenverkehr), 29 kannten das Problem überhaupt nicht und von 18 Institutionen kam keine Antwort. Eine ausführliche Tabelle mit den befragten Institutionen befindet sich im Anhang.

Tabelle 1: Ergebnis der Befragung

insgesamt	Problem bekannt		Problem nicht bekannt	keine Rückmeldung
	bei Kfz, LKW, Schleppern und Baumaschinen	bei Schiffen, Flugzeugen und Schienenfahrzeugen		
60	6	7	29	18

Genauere Angaben zu Einzelfällen konnte nur wenige machen. Es war daher nicht zu ermitteln, wie viele Fälle in welchem Zeitraum auftraten.

Als die wichtigste Einflussgröße für den mikrobiellen Befall wird von allen Seiten der Wassergehalt im Kraftstoff hervorgehoben. Daher sind alle Möglichkeiten zur Tankpflege (good housekeeping) auszuschöpfen.

Auf der Grundlage der ausgewerteten Ergebnisse und Erkenntnisse in den unterschiedlichen Einsatzbereichen von Diesel und ähnlichen Mineralölprodukten werden nachfolgend Vorschläge zur praktischen Lösung der beschriebenen Problematik aufgezeigt.

Prophylaxe

beim Bezug des Treibstoffes:

- weitgehende Vermeidung von Billigprodukten ungewisser Herkunft und Zusammensetzung

bei der Lagerung des Treibstoffes und bei der Betankung:

- kühler Standort des Vorrattanks ohne Sonnen- bzw. Wärmeeinwirkungen
- sorgfältige Tankpflege:
 - Reinigung des Tanks alle 4-5 Jahre (durch Fachfirmen)
 - regelmäßiges Ablassen und fachgerechte Entsorgung des Bodensatzes
 - Wasser aus dem Tank entfernen:
 - den Diesel im Kreislauf durch einen Filter/Wasserabscheider fließen lassen - mögliche Filter sind mit Abbildungen im Anhang aufgeführt
 - Adsorption des Wassers z.B. mit dem „WaterMagnet“ (dies ist kein Magnet!) von Aqua-Sorb Products, LLC, USA
- Installation des Ansaugstutzens/Tankabzugs oberhalb des Tankbodens, damit am Tankboden gesammeltes Wasser und Sedimente nicht in die Versorgungsleitung gelangen
- hoher Durchsatz bzw. kurze Lagerungszeiten durch klein gehaltene Vorrattanks
- freie Tankfläche als Kondensationsfläche klein halten
- mit einem Schauglas tanken, um Verunreinigungen zu erkennen
- Verwendung von Einweg-Wischlappen bei der Betankung, da nach bisherigen Erkenntnissen mehrfach eingesetzte Lappen eine „Ansteckung“ bewirken können

Speziell für landwirtschaftliche Maschinen:

- Einsatz eines zusätzlichen Filters/Wasserabscheiders hinter dem Maschinentank (siehe Anhang), um eine Entwässerung vorzunehmen und somit Partikel bzw. Mikroorganismen abzuscheiden. Die Vergrößerung der Filterfläche mindert auch die Gefahr des Zusetzens mit Pilz- bzw. Bakterienfasern/-fäden.
- Bei langem Stillstand der Maschine sollte der Tank gefüllt sein. Bei sehr langem Stillstand kann der Treibstoff austauscht werden. Der neu getankte Treibstoff kann mit einem Konservierungsmittel versetzt werden.
- Unmittelbar nach der Arbeit (am Ende des Arbeitstages) sollte der Tank wieder vollgefüllt werden, um eine Kondensation an den Tankwänden während der Nacht zu verhindern.

Schadensbehebung

- Die Entleerung und mechanische Reinigung des Tanks steht an erster Stelle. Hier ist es wichtig, dass der mikrobielle Film von den Tankwandungen tatsächlich auch mechanisch entfernt wird. Eine alleinige „Spülung“ mit Bioziden wird hier keinen Erfolg bringen! Auch für die Entfernung von anderen Ablagerungen und Rost ist die Tankpflege dienlich.
- Der befallene Kraftstoff sollte zunächst physikalisch behandelt werden. Um die Mikroorganismen zu entfernen, kann das biologische Material abgesetzt, abfiltriert oder abzentrifugiert werden.
- Raffinerien können durch die Erwärmung des Kraftstoffes auf über 70 °C den Befall entfernen - für den Endverbraucher kommen thermische Verfahren aus Sicherheitsgründen nicht in Betracht.
- Der Einsatz von Bioziden und Systemreinigern zur Dekontamination von entleerten Tankanlagen und den Leitungssystemen darf **nur** durch ausgewiesene Fachkräfte erfolgen. Nach der gründlichen mechanischen Reinigung der Tankanlagen sollte keine Veranlassung mehr bestehen, Biozide zu verwenden.

6 Literatur

- BOER, R. de (1994): Schäden in Schiffsanlagen durch mikrobielle Verschmutzung. Seminarvortrag an der Technischen Universität Hamburg-Harburg am 13.01.1994.
- CRAMPEN, M., SCHNEIDER, W. (1988): Erfahrungen mit Dieselmotoren beim Linienbusbetrieb. Der Nahverkehr, (6), 3-10.
- DEA (2000): Persönliche Mitteilungen von leitenden Mitarbeitern der Forschungsabteilung DEA-Hamburg.
- DGMK (1999): Mikrobiologische Kontamination von Mitteldestillaten - Problemerkennung und -beseitigung. Forschungsbericht 540, Deutsche Wissenschaftliche Gesellschaft für Erdöl, Erdgas und Kohle e.V. (DGMK), Hamburg.
- DIEHLE, J. (2000): Grenzwertgeber - Teil der Sicherheitseinrichtung "Abfüllsicherung" an der Heizölverbraucher-Tankanlage. In: http://www.ikz.de/art_0495/9504042.htm
- ELF AQUITAINE (2000): Die Elf - Garant für Innovation. http://www.elf-oil.de/main/inno_aquazole
- FRANCE ORGANO CHIMIQUE – Industrial Microbiology (2000): Jet Fuel Biodeterioration - Kerosine prevention against microorganisms. France Organo Chimique – Industrial Microbiology - <http://www.perso.club-internet.fr/focmicro/fet-fuel.html>
- HILL, E.C., HILL, G.C. (1992): Microbiological problems in distillate fuels. The Institute of Marine Engineers, London.
- JUNG, H. (2000): Italiens Busse sollen sauberer werden. VDI-Nachrichten vom 20.10.2000
- MAN (1998): Service Information vom 09.07.1998, MAN Nutzfahrzeuge AG.
- MCNAMARA, J. (1997): The Enemy within; Bacteria's Appetite for Fuel Tanks. Transport Topics Trucking's elektronische Newspaper. <http://www.ttnews.com/members/printEdition/weekly.archive/06.23.97.tw5.html>; 23.06.97.
- MTU: MTU Produkte & Systeme - Neue Technologien - Kraftstoff-Wasser Einspritzung. <http://www.mtu-friedrichshafen.com/de/pr/prnrfw.htm>
- MÜLLER, R. (2001): Persönliches Gespräch vom 09.01.01 (AB Biotechnologie II, TU Hamburg-Harburg)
- PAHLKE, G. (2000): Schriftliche persönliche Mitteilung vom 22.11.00 (UBA Umweltbundesamt, Berlin)
- PANKTE, M. (2000): Persönliches Telefongespräch vom 17.11.00 (BAM Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin)
- PANTKE, M., PASTUSKA, G. (1984): Mikrobiologische Schadensanalyse an Grenzwertgebern für Heizöllagertanks. Amts- und Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Materialprüfung (BAM), 14 (4), 329-332.
- PARBERY, D.G. (1971): Biological problems in jet aviation fuel and the biology of *Amorphotheca resinae*. Material und Organismen, 6, 161-208.
- RUNGE, E. (1993): Mikrobielle Materialzerstörung = Korrosion in Schiffsantriebsmaschinen. Schiff & Hafen/SEEWIRTSCHAFT, Heft 9, 55-56.
- THAYSEN, A.C. (1939): On the gas evolution in petrol storage-tanks caused by the activity of micro-organisms. Journal of the Institute of Petroleum, 25 (189), 411-415.
- TRAULSEN, H. (1996): Schwefelarmer Diesel: Tankpflege wird wieder wichtig. Bauernblatt vom 31.08.1996, 26-27.
- WATKINSON, R. (1989): Microbiological contamination of fuels (Report from the IP Microbiology Task Force on Fuels). Petroleum review, Institute of Petroleum, London, 240-242.
- WIESE, J., BLOTEVOGEL, K.-H. (1996): Bestimmung der Anfälligkeit von Pflanzenmethylester (PME; Biodiesel) gegen mikrobiologisches Wachstum bei Einsatz als Dieselmotorenkraftstoff. Abschlussbericht, AG Allgemeine Mikrobiologie, Carl-von-Ossietzky Universität, Oldenburg.

7 ANHANG

7.1 Liste der befragten potenziell Betroffenen und Fachleute:

Institution oder Firma	Ansprechpartner	Problem mit mikrobiellem Befall bekannt?
@grar.de, Informationen aus Landwirtschaft, Natur- und Umweltschutz	Herr Deitermann	nein
Amazonen-Werke		keine Rückmeldung
ARAL Mineralölforschung	Herr Simon	Problem bekannt
BAM Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin	Herr Pantke	Problem bekannt: Heizöltanks, Luftfahrt, "Saisonfahrzeuge (Ernte-, Campingfahrzeuge)"
Best Power Technology GmbH, Stromaggregatebau		nein
BIOTEX, Hamburg	Herr Dr. Prowe	nein
BMBF Bundesministerium für Bildung und Forschung	Frau Macherey	nein
BMWi Bundeswirtschaftsministerium	Frau Modrow	nein
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Frankfurt	Herr Philip	nein
Bundesverband der Maschinenringe e.V., Neuburg		nein
Bundesverband Lohnunternehmen e.V.		nein
Claas KGaA		keine Rückmeldung
DaimlerChrysler	Herr Altenbach	1 Fall
DEA Mineralöl AG, Hamburg	Herr Dr. Hagenow, Herr Dipl.-Ing. Appelbaum	Problem bekannt in allen Bereichen (1 Fall von 1 Mio. Nutzern)
Deutsche BP AG, Hamburg		keine Rückmeldung
Deutsche SHELL AG, Hamburg		keine Rückmeldung
Deutz-Fahr Agrartechnik GmbH		keine Rückmeldung
DRÄGER, Lübeck		nein
EGGERS Dieseltechnik, Osterrönhof	Herr Eggers	Problem bekannt - keine Statistik
ELF Oil Deutschland GmbH	Herr Schwübel	nein, keine Probleme mit Diesel/Wasser-Gemisch
Erdöl Bevorratungsverband		nein
ESSO AG, Hamburg		keine Rückmeldung

Fachhochschule Flensburg, Institut für Schiffsbetriebsforschung	Herr Kehm	ja, Untersuchungen durchgeführt zur Problembehebung
Ferk Aggregatebau GmbH, Stromaggregate	Herr Pfeiffer	nein
Forschungszentrum Jülich, Institut für Biotechnologie	Herr Prof. Sahm	nein, Problem nicht vorstellbar bei hohem Standard und Wasserfreiheit
Holborn Europa Raffinerie GmbH, Hamburg		keine Rückmeldung
Humboldt-Universität Berlin, Institut für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaus, FG Ressourcenökonomie	Herr Prof. Hagedorn	nein
Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (FAL)		nein, Forschung mit Biodiesel
Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik, Braunschweig		keine Rückmeldung
John Deere - Vertrieb	Herr Möhrer	nein, Probleme wg Schwefelverringerung vor 2 Jahren
KAGEMA Industrieausrüstungen GmbH, Stromaggregatebau		nein
Kuratorium Bayerische Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V., Neuburg		nein
Landesarbeitsgemeinschaft der Landtechnischen Fördergemeinschaften Maschinenringe Hessen e.V., Wölfersheim		keine Rückmeldung
Landesverband der Maschinen- und Betriebshilfsringe e.V. Rheinland-Pfalz/ Saarland, Bad Kreuznach		keine Rückmeldung
Landesverband der Maschinenringe Niedersachsen e.V., Hannover		nein
MAN Nutzfahrzeuge AG	Herr Boront	nein, bei Schienenfahrzeugen in südl. Ländern bekannt
Maschinenring des Landkreises Harburg	Herr Drope	nein
Maschinenring Wetterau, Wölfersheim	Herr Dierschke	keine Rückmeldung
Mineralölwirtschaftsverband	Herr Dr. Winkler	Pumpen in Raffinerien
NEW HOLLAND Deutschland GmbH		keine Rückmeldung
Niedersächsische Erzeugergemeinschaft für Nachwachsende Rohstoffe, Gifhorn	Herr Böse	nein

Raiffeisen Mineralölhandel GmbH, Kiel	Herr Schlünz	keine Rückmeldung
RENAULT AGRICULTURE GmbH		keine Rückmeldung
RHG, Hannover		keine Rückmeldung
SAME DEUTZ-FAHR		nein
TAK Tank- und Korrosionsschutz GmbH, Norderstedt		keine Rückmeldung
Technische Universität Berlin, FG Hygiene	Herr Dr. Steiof	Problem bekannt: Luftfahrt
Technische Universität Braunschweig, Institut für Landmaschinen und Fluidtechnik	Herr Prof. Harms	nein, keine Forschung in dieser Richtung
Technische Universität Dresden, Lehrstuhl Landmaschinen	Sekretariat	nein, keine Forschung in dieser Richtung
Technische Universität Hamburg- Harburg, Arbeitsbereich Biotechnologie	Herr Prof. Müller	Problem bekannt: Schifffahrt
Technische Universität München, Landtechnik Weihenstephan	Herr Dr. Strehle	nein, stellt Qualitätsstandards für Biodiesel auf
TerraTech Redaktion, Mainz	Herr Schmitz	nein
TZW Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe	Herr Dr. rer. nat. A. Tiehm	nein
UBA Umweltbundesamt, Berlin	Herr Dr.-Ing. Kacsóh, wiss. Mitarbeiter des Umweltrates	nein
UBA Umweltbundesamt, Berlin	Herr Pahlke	Problem bekannt: Luftfahrt
Umwelttechnisches Büro und Labor, Hamburg	Herr Dr. Wienberg	nein
Universität Bremen, Zentrum für Umweltforschung und Umwelt- technologie Abt. Marine Mikro- biologie	Herr Prof. Dr. Blotevogel	Problem bekannt: Lagerhaltung; Untersuchungen mit Biodiesel, bzw. mit Mischungen Diesel/Biodiesel
UfZ Umweltforschungszentrum Halle-Leipzig	Herr Dr. habil. Kästner	Problem bekannt: Luftfahrt, Schifffahrt (eigene Untersuchungen Anfang der 90er Jahre)
Wehrwissenschaftliches Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe, Wilhelmhaven		keine Rückmeldung
Xaver Fendt GmbH & Co	Herr Parzinger	nein

7.2 Kraftstofffilter und Wasserabscheider

„RACOR“ Kraftstofffilter/Wasserabscheider Spin-On von Parker

(Vertrieb: GEMO in Travemünde)

Durch eine Mehrstufen-Wasserabscheidung plus Kraftstofffilterung wird der Treibstoff nahezu vollständig gereinigt.

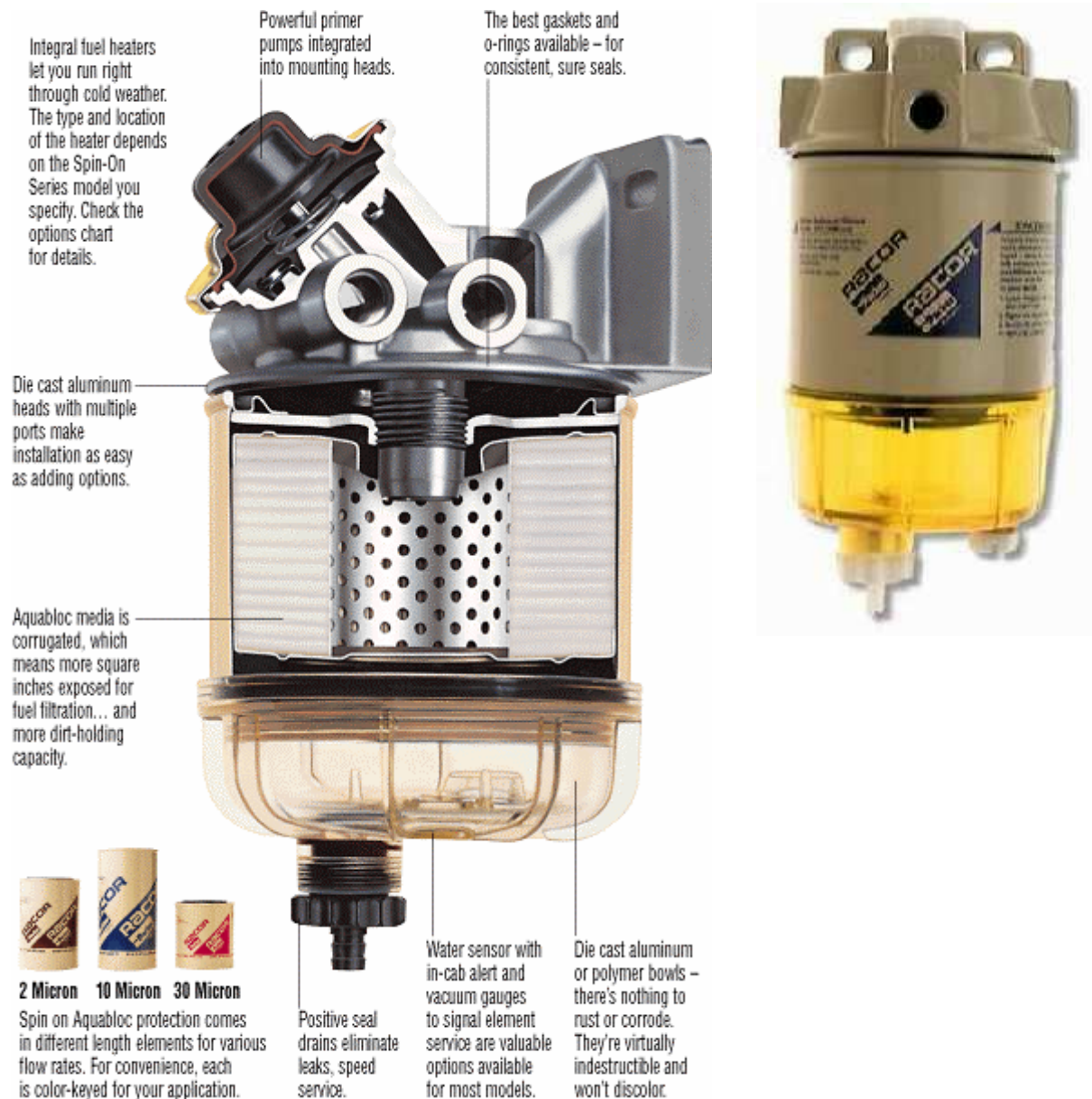


Abb. 1: „RACOR“-Kraftstofffilter/Wasserabscheider *Spin-On* von Parker (links)
Typ 120 / *Spin-On* (rechts)

- Größere Wassertropfen und feste Bestandteile werden in der ersten Stufe herausgefiltert und fallen in das Auffangbecken.
- Kleinere Wasserbestandteile verschmelzen am Aquabloc Filtereinsatz mit der Zeit zu immer größer werdenden Wassertropfen und werden letztendlich so groß und schwer, dass auch sie in das Auffangbecken fallen.
- In der letzten Stufe filtert der Aquabloc Filtereinsatz auch emulgiertes Wasser und kleinste Verunreinigungen an Rost, Schmutz und Algen heraus. Die *Spin-On* Modelle können bis zu einem Dieseldurchfluss von 954 l/h verwendet werden.

Der kleinste Filter (Spin-On 100er Serie) hat einen maximalen Durchfluss von 57 l/h und kostet ca. 200,- DM.

Für einen Dieseldurchfluss bis 2044 l/h stehen Racor Kraftstofffilter/Wasserabscheider der Baureihe *Turbine* zur Verfügung.

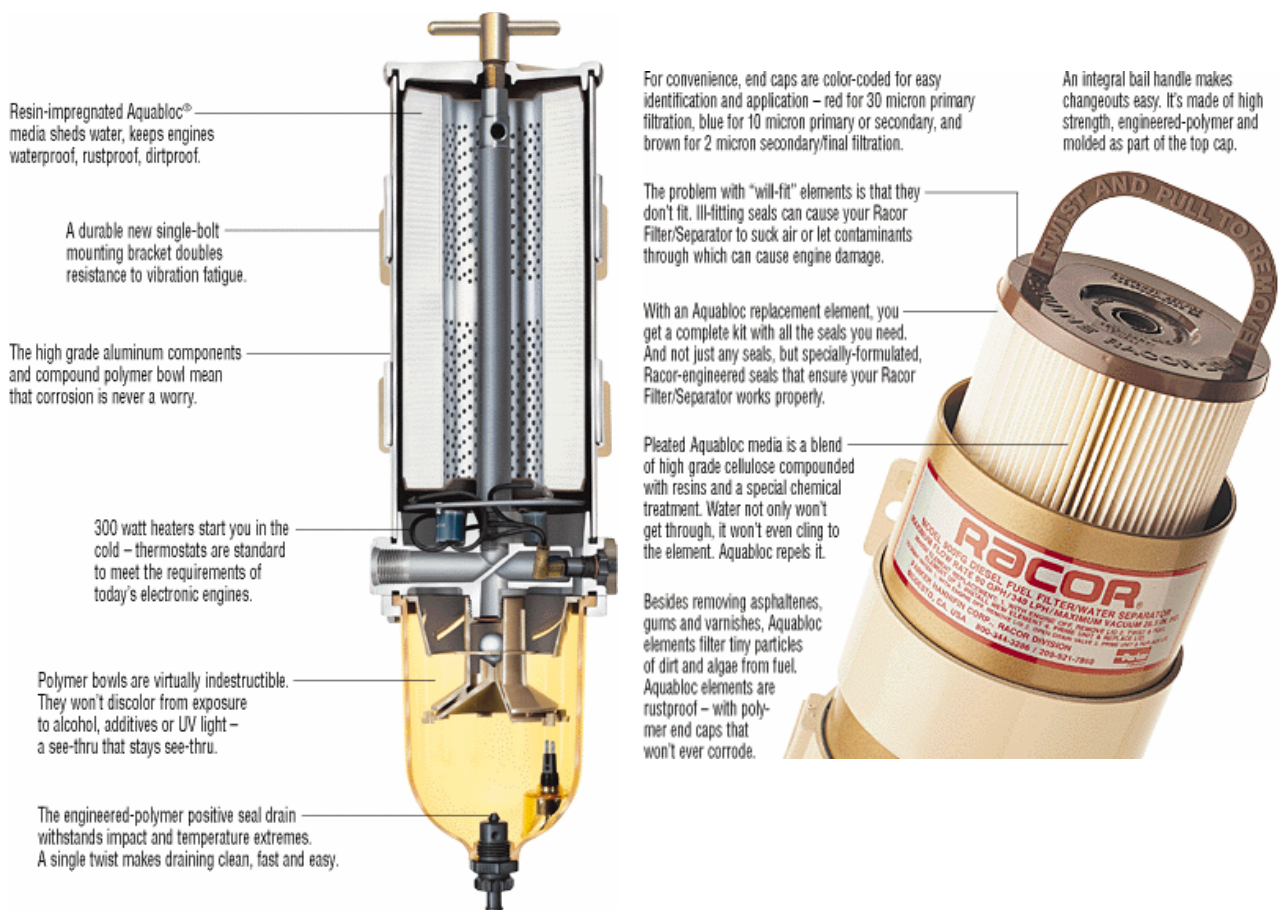


Abb. 2: "RACOR"-Kraftstofffilter/Wasserabscheider Turbine von Parker (links)
Austauschfilterelement für "RACOR"-Filter/Wasserabscheider (rechts)

Weiterhin stehen ein Wassersensor mit eingebautem Alarm und eine Zusatzheizung zur Verfügung.

„Separ 2000“ Kraftstofffilter/Wasserabscheider

Der Separ 2000 wird im Vakuumteil des Kraftstoffsystems, d.h. zwischen Tank und Kraftstoffförderpumpe installiert.

Der Kraftstoff gelangt durch die Öffnung A oder B, wobei die nicht genutzte Öffnung verschlossen wird.

Stufe 1

Von der Einlassöffnung strömt der Kraftstoff über ein inneres Leitflügelssystem und wird in eine intensive Drehbewegung versetzt.

Stufe 2

In der Drehbewegung gelangt der Kraftstoff in die Bowlensektion, wo sich durch die Fliehkraft Wassertropfen und schwere Partikel an der Bowlenwandung sammeln und sich auf dem Bowlenboden ablagern.

Stufe 3

Im weiteren Fluss muss der Kraftstoff das auf dem Außengehäuse positionierte Leitflügelssystem passieren. Durch die unterschiedliche Länge der Umlenkflügel und eine zweifache vollständige Änderung der Flussrichtung lagern sich auf diesen Leitflügeln kleine Wassertröpfchen und feine Partikel ab. Diese Ablagerungen vereinigen sich zu größeren Ansammlungen und sinken auf den Bowlenboden ab. Schon zum jetzigen Zeitpunkt wurde der überwiegende Teil aller Verunreinigungen des Kraftstoffs abgeschieden.

Stufe 4

Unterhalb des Filterelementes wird der Fließquerschnitt des Kraftstoffes erheblich vergrößert, wodurch eine Beruhigung des Kraftstoffes eintritt. Hierdurch wird auch feinsten Wassertröpfchen und Partikeln ein Ausfallen ermöglicht.

Durch diese Vorabscheidung setzt sich der überwiegende Teil des Wassers und der Schmutzpartikel in der Bowle ab und verlängert erheblich die Standzeit des Filterelementes.

Stufe 5

Die abschließende Filtration der restlichen noch im Kraftstoff befindlichen Partikel und des Wassers wird durch ein auswechselbares Filterelement vorgenommen, welches aus einem speziellen Filtermedium besteht. Diese Elemente sind in verschiedenen Filterfeinheiten verfügbar. Der gereinigte Kraftstoff verlässt den Filter durch die Auslassöffnung.

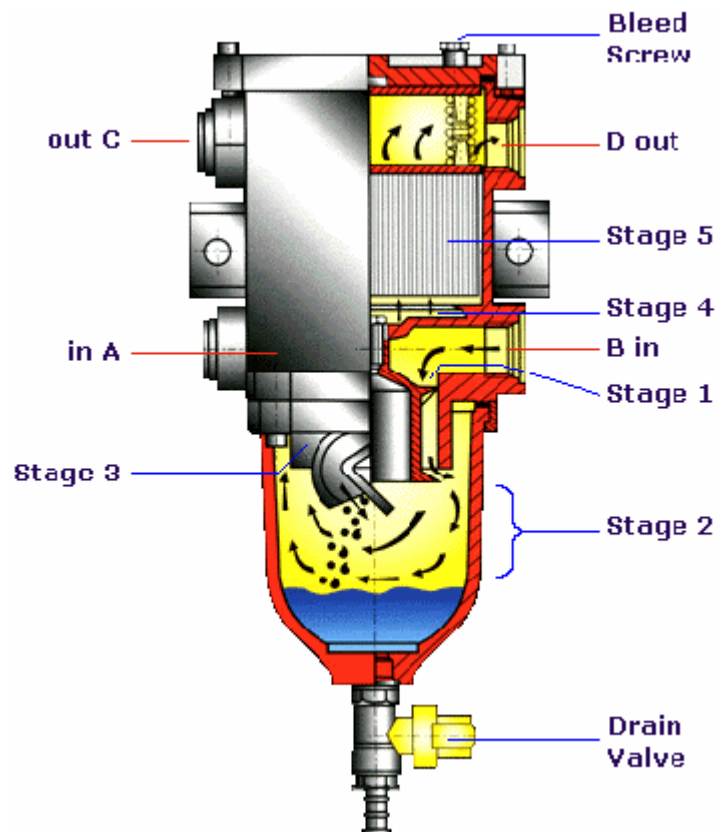


Abb. 3: Separ 2000

Von den folgenden Filtern bzw. Wasserabscheidern fehlen detaillierte Funktionsbeschreibungen. Das Funktionsprinzip ist aber den oben genannten gleich.

„RCI Diesel Fuel Purifier“



„PETRO-PURE“ von FuelDynamics



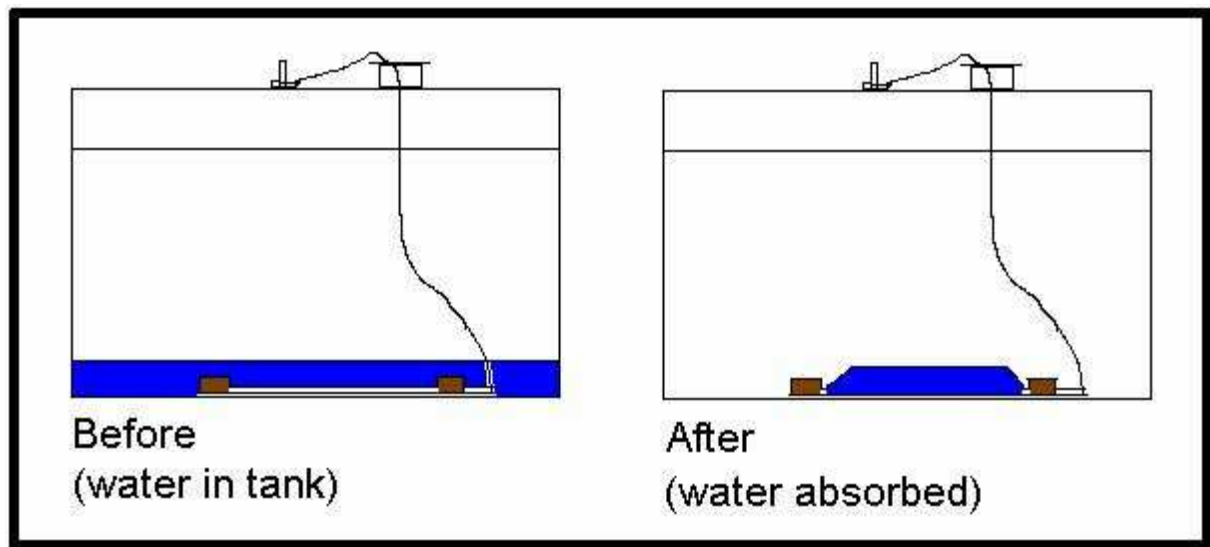
„ALXZKA“ Filter



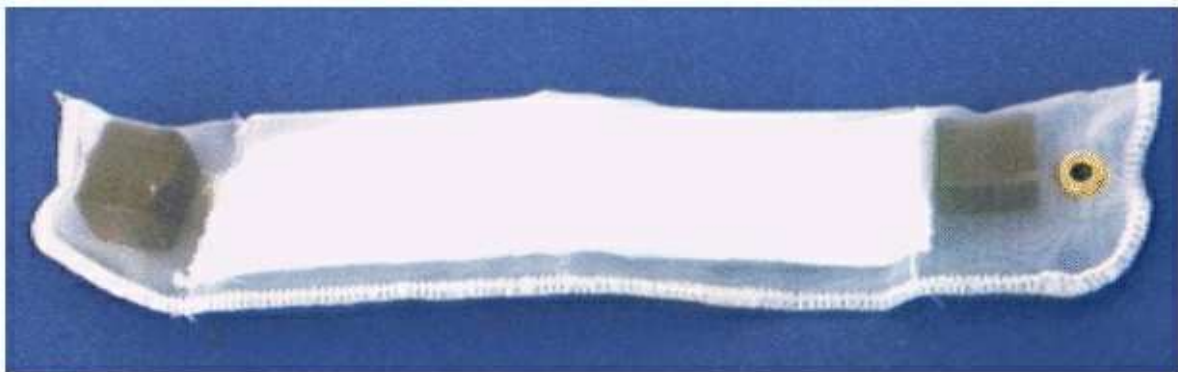
Spin-On Filter der Firma Pall



Eine weitere Möglichkeit ist die Adsorption des Wassers mit dem „WaterMagnet“ (kein Magnet). Zwei Modelle stehen zur Auswahl:



Rigid Model



Flexible Model