

Z-Filter GmbH + Co. KG, Tuttlingen

**Leistungsstarke, abfallfreie Feinstfiltration
mit integrierter Schlammbrickettierung**

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert unter dem Az: 20702 von der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt

von

Zbigniew Combrowski, Ellen Oreskovic
und Prof. Dr. Bernd Wurster

Tuttlingen, Dezember 2004

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	20702	Referat	21/0	Fördersumme	145.000,00 €
Antragstitel	Leistungsstarke, abfallfreie Feinstfiltration mit integrierter Schleifschlammbrickettierung				
Stichworte	Abfall, Filter, Filtration, Metall				
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
16 Monate	29.08.2003	30.12.2004	Abschluss		
Zwischenberichte:	alle 6 Monate Kurzbericht				
Bewilligungsempfänger	Z-Filter GmbH + Co. KG			Tel	07462/9455-52
	Gänsäcker 38			Fax	07462/9455-98
	78532 Tuttlingen			Projektleitung	
				Herr Combrowski	
			Bearbeiter		
Kooperationspartner					

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Das Ziel dieses Projekts ist die Entwicklung einer Anlage zur abfallfreien Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung. Mit dieser Anlage sollen Arbeitsmedien regelmäßig mit hoher Feinheit filtriert und dadurch ihre Standzeit praktisch unbegrenzt verlängert werden. Durch die integrierte Schlammbrickettierung soll aus Abfall ein Wertstoff erzeugt und parallel dazu der Verlust von Arbeitsmedium auf ein Minimum begrenzt werden. Insgesamt soll diese Anlage die Abfallprobleme in metallbearbeitenden Betrieben vermindern.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Die Entwicklungsarbeit begann mit der Konstruktion eines Scheibenfilters mit Edelmetallgewebe und einer Vorrichtung zur Schlammverpressung mit Schlammauswurf. Mit diesen und weiteren Komponenten konstruierte man eine Technikumsanlage. Von besonderer Bedeutung war die Arbeitsweise der Rückspülvorrichtung, die Geometrie der Filteranströmung und die Positionierung des Filters relativ zum Schlammbehälter. Nach Prüfung verschiedener Rückspülverfahren entschied man sich für die zeitgesteuerte, pneumatische Rückspülung mit Luft. In der internen Testphase untersuchte man die Funktion der einzelnen Anlagenkomponenten und deren Zusammenwirken. Zunächst auftretende Probleme durch Schlammablagerungen im Filterraum wurden behoben und danach die Technikumsanlage in eine Pilotanlage umgebaut. Im Verlauf der internen Testphase aber auch in nachfolgenden Arbeitsschritten wurde das Filtrationsergebnis mikroskopisch und durch quantitative Partikelanalyse beurteilt. In der Pilotphase prüfte man die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Anlage unter Dauerbelastung in mehreren Industriebetrieben bei verschiedenen Anwendungsfällen. Dabei wurden verschiedene, kleinere Schwachstellen erkannt, die in dem abschließenden Arbeitspaket "Weiterentwicklung" verbessert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Das Ziel dieses Projekts, die Entwicklung einer leistungsstarken, hilfsmittelfreien Anlage zur Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung, die noch anfallenden Abfall in Wertstoff umwandelt, konnte mit sehr gutem Erfolg erreicht werden. Der Arbeitsplan wurde eingehalten und an verschiedenen Punkten durch zusätzliche Arbeiten ergänzt. Als Beispiel sei die Beschichtung von Edeltahlgewebe mit Kunststoffpulver und verschiedenen Fasern genannt, wodurch sich die Tiefenwirkung des Filters verbessern ließ, was zu einer sehr guten Filtrationsfeinheit von bis zu 1 Mikrometer bei hoher Durchsatzleistung führte. Durch das starke Interesse potentieller Kunden und Kooperationspartner waren wir dem Druck ausgesetzt, die Phase bis zur Erstellung einer funktionsfähigen Pilotanlage zu beschleunigen und den ursprünglichen Zeitplan zu verkürzen. Die für die Arbeitspakete vorgesehenen Arbeitsvolumen wurden in der Regel überschritten, wobei die zusätzlichen Personentage durch Eigenmittel finanziert wurden.

Aus ökologischer Sicht entsteht durch den Betrieb der neu entwickelten Filtrationsanlage bei den Arbeitsmedien kein **Abfall** zur Entsorgung. Damit verbunden sind geringere Emissionen sowie ein reduzierter Verbrauch von Ressourcen und Energie. **Emissionen** in Form von Ruß, Kohlendioxid und anderen Abgasbestandteilen werden vermieden, weil keine verschlammten Arbeitsmedien, verschmutzten Hilfsstoffe und verstopften Filter zur Verbrennungsanlage bzw. Deponie transportiert werden müssen. **Ressourcen** werden geschont, weil die Feinstreinigung der Arbeitsmedien zu einer praktisch unbegrenzten Verwendungsdauer und damit zur Einsparung von Öl und Ölprodukten führt. Der wegfallende Transport der Abfälle bewirkt auch eine Einsparung von **Energie**. Diesen fortwährenden Entlastungen stehen in geringerem Maße Belastungen durch die einmalige Erstellung und den Betrieb der Filtrationsanlage gegenüber. Ein Vergleich der neu entwickelten Filtrationsanlage mit einer bei Kern-Liebers, Schramberg, vorhandenen Anlagenkombination gleicher Kapazität zeigt sowohl aus ökologischer als auch aus ökonomischer Sicht herausragende Vorteile der neuen Anlage.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die erarbeiteten guten Ergebnisse wurden bereits auf einer internationalen Messe in China (vorgestellt) und sollen auf weiteren Messen präsentiert werden. Des Weiteren sollen die Ergebnisse in Fachzeitschriften publiziert werden

Fazit

Dieses Vorhaben konnte gemäß dem Arbeitsplan mit sehr gutem Erfolg umgesetzt werden. Die insbesondere in der internen Testphase und der Pilotphase auftretenden Probleme ließen sich zufriedenstellend lösen. Das Endprodukt ist eine ökologisch und ökonomisch herausragende Filtrationsanlage, die in der Industrie auf großes Interesse stößt.

Das Ziel dieses Projekts, die Entwicklung einer leistungsstarken, hilfsmittelfreien Anlage zur Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung, die noch anfallenden Abfall in Wertstoff umwandelt, konnte mit sehr gutem Erfolg erreicht werden. Aus ökologischer Sicht entsteht durch den Betrieb der neu entwickelten Filtrationsanlage kein Abfall zur Entsorgung. Damit verbunden sind geringere Emissionen sowie ein reduzierter Verbrauch von Ressourcen und Energie. Auch die ökonomische Seite, die Betrachtung von Betriebs- und Investitionskosten, fällt positiv aus.

Der Abschlussbericht kann bei

Z-Filter GmbH + Co. KG
Industriegebiet Gänsäcker 38
78532 Tuttlingen
Telefon: 07462-9455-51
Telefax: 07462-9455-98

bezogen werden.

Inhaltsverzeichnis

Seitenzahl

1. Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen	7
2. Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen	8
3. Zusammenfassung	9
4. Einleitung	10
5. Hauptteil	14
5.1 Konstruktion eines Scheibenfilters zur Feinstreinigung	14
5.2 Konstruktion der Schlammverpressung und des Schlammauswurfs	14
5.3 Konstruktion und Erstellung einer Technikums- und Pilotanlage	15
5.4 Rückspülung der Filtermembranen	15
5.5 Interne Testphase	16
5.6 Analyse des Filtrationsergebnisses	16
5.7 Zwischenberichte	17
5.8 Pilotierung in Betrieben	17
5.9 Weiterentwicklung	18
6. Fazit	19
7. Literaturverzeichnis	22

1. Verzeichnis von Bildern, Zeichnungen, Grafiken und Tabellen

	<u>Seitenzahl</u>
Bild 1: Scheibenfilter und Kissenfilter	12
Bild 2: Rückhalteraten von zwei Edelstahlgewebearten in Abhängigkeit von der Partikelgröße	17
Tabelle 1: Vergleich verschiedener Vorrichtungen und Anlagen zur Reinigung von Kühlschmierstoffen	11
Tabelle 2: Vergleich der bestehenden Anlage bei Kern-Liebers mit der neu entwickelten Anlage von Z-Filter	20

2. Verzeichnis von Begriffen, Abkürzungen und Definitionen

KSS = Kühlschmierstoff

kW = Kilowatt

3. Zusammenfassung

Das Ziel dieses Projekts, die Entwicklung einer Anlage zur abfallfreien Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung, konnte mit sehr gutem Erfolg erreicht werden. Mit dieser Anlage können Arbeitsmedien wie Kühlschmiermittel, Bearbeitungsöle, Gleitschleifwässer, Waschwässer und Waschbäder regelmäßig mit hoher Feinheit filtriert und dadurch ihre Standzeit praktisch unbegrenzt verlängert werden. Durch die integrierte Schlammbrickettierung wird aus Abfall ein Wertstoff erzeugt und parallel dazu der Verlust von Arbeitsmedium auf ein Minimum begrenzt. Damit bewirkt diese Anlage die Verminderung der Abfallprobleme in metallbearbeitenden Betrieben. Der Erfolg wird belegt durch die guten Ergebnisse von Pilotversuche in Betrieben.

Die Entwicklung begann mit der Konstruktion eines Scheibenfilters und einer Vorrichtung zur Schlammverpressung mit Schlammauswurf. Zur Ausführung der Scheibenfilter wurden Edelstahlgewebemembranen (Y-Max, GKD - Gebr. Kufferath AG) mit einer Abscheidegrenze von 5 Mikrometer verwendet. Durch die Beschichtung von Edelstahlgeweben mit Kunststoffpulver und verschiedenen Fasern (Glas, Carbon, Zellulose) ließ sich die Tiefenwirkung des Filters verbessern, was zu einer sehr guten Filtrationsfeinheit von bis zu 1 Mikrometer bei hoher Durchsatzleistung führte. Als robust und dicht bleibend erwies sich eine Verschraubung der Filtermembranen auf Spannringen.

Eine in die Filteranlage integrierbare Schlammverpressung mit automatischem Schlammauswurf konnte unter Verwendung einer Kolbenvorrichtung mit Pneumatikzylinder (Festo AG) erstellt werden. Mit Hilfe der Kolbenvorrichtung wurde der sich im Schlammbehälter ansammelnde Schlamm in die Presskammer gebracht und dort zu einem nicht nachtropfenden Brikett verdichtet.

Mit den Komponenten Scheibenfilter und Schlammverpressung sowie weiteren Komponenten konstruierte man eine Technikumsanlage. Dabei gestaltete man die Arbeitsweise der Rückspülvorrichtung sowie die Geometrie der Filteranströmung und die Positionierung des Filters relativ zum Schlammbehälter zunächst veränderbar. Nach Prüfung verschiedener Rückspülverfahren entschied man sich für die zeitgesteuerte, pneumatische Rückspülung mit Luft. Durch diese Technik ließ sich die Verstopfung weitgehend unterdrücken und eine konstant hohe Durchflussleistung erreichen.

In der internen Testphase untersuchte man die Funktion der einzelnen Anlagenkomponenten und deren Zusammenwirken. Zunächst auftretende Probleme durch Schlammablagerungen im Filterraum und ein Zuwachsen der Filterzwischenräume mit Schlamm konnten durch Änderung der Geometrie des Filterraums und des Anströmwinkels (unter Verwendung eines Leitblechs) behoben werden. In Abhängigkeit von Pressdruck, Pressdauer und Gestaltung des Presskolbens konnten Schlämme verschiedener Werkstoffe wie Edelstahl, Stahl, Grauguss, Aluminiumguss und Carbon zu nicht nachtropfenden Presslingen verdichtet werden. Basierend auf den Ergebnissen dieser Testphase wurde die Technikumsanlage in eine Pilotanlage umgebaut.

Die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Anlage prüfte man unter Dauerbelastung in mehreren Industriebetrieben bei Anwendungsfällen, die hinsichtlich Material und Bearbeitungsprozess verschieden waren. Dabei wurden verschiedene, kleinere Schwachstellen erkannt und in der Folge behoben. Insgesamt gesehen wurde die neue Filtrationsanlage von der Industrie mit großem Interesse aufgenommen.

Aus ökologischer Sicht entsteht durch den Betrieb der neu entwickelten Filtrationsanlage bei den Arbeitsmedien kein Abfall zur Entsorgung. Damit verbunden sind geringere Emissionen sowie ein reduzierter Verbrauch von Ressourcen und Energie. Auch die ökonomische Seite, die Betrachtung von Betriebs- und Investitionskosten, fällt positiv aus. Mehrere Bestellungen für diese Anlage liegen bereits vor.

4. Einleitung

Zur Metallbearbeitung werden Kühlschmierstoffe (KSS), Waschöle, wässrige Waschbäder und Gleitschleifwässer in großen Mengen als Arbeitsmedien verwendet. Bei den Bearbeitungsprozessen werden partikelförmige Verunreinigungen wie Späne, Metallfeinstaub, Schmutz und Staub in die Arbeitsmedien eingetragen. Dadurch ergibt sich für metallbearbeitende Betriebe das folgende Problemfeld: Das Bearbeitungsergebnis hängt stark von der Reinheit der Arbeitsmedien ab, weshalb dieselben ab einem bestimmten Verschmutzungsgrad auszutauschen und zu entsorgen sind. Die Entsorgung verbrauchter Arbeitsmedien und die Beschaffung neuer Arbeitsmedien ist mit relativ hohen Kosten verbunden. Zur teilweisen Lösung dieser Probleme versuchen Betriebe, die Arbeitsmedien durch Filtration oder Zentrifugation regelmäßig zu reinigen und dadurch deren Standzeit zu verlängern [Lan2000]. Auf diese Weise sind die Arbeitsmedien als Ganzes seltener zu entsorgen, wodurch Abfall vermieden wird. Als neuer Abfall fallen jedoch die bei der Reinigung abgetrennten Feststoffe an, und zwar in Form flüssiger Schlämme. Angaben über die Mengen solcher Abfälle liegen vom Bundesamt für Wirtschaft vor: Für die BRD wurde die Menge zu entsorgender Kühlschmiermittel im Jahr 1993 mit 69.200 Tonnen beziffert, die sich aus 27.700 t wassermischbaren KSS und 41.500 t nicht wassermischbaren KSS (Öle) zusammensetzten.

Bei verschiedenen herkömmlichen Verfahren zur reinigenden Pflege von Arbeitsmedien entsteht ein weiteres Abfallproblem. Häufig werden noch Bandfilter und Vakuumbandfilter eingesetzt. Ein anderes Filtersystem sind Anschwemmfilter mit Filtrationshilfsmitteln wie Bleichtonerde. Auch Filtertürme mit Tiefenfiltern werden verwendet. Der gemeinsame Nachteil dieser Verfahren und Vorrichtungen ist die Erzeugung von zusätzlichem Abfall in Form von Filtermaterialien und Hilfsstoffen [DOS93].

Im Gegensatz zu den genannten Filtertechniken arbeiten Filtrationsanlagen der Firmen Z-Filter und Faudi mit rückspülbaren Filtern, d. h. ohne abfallerzeugende Hilfsstoffe und Wegwerffilter. Auch Zentrifugen produzieren keine zusätzlichen Abfälle, werden jedoch bei großen Volumenströmen von Arbeitsmedien nicht eingesetzt. Die Anlagen der Firma Z-Filter enthalten Edelstahlgewebefilter und können relativ klein und kompakt gebaut werden. Bei den Filtrationsanlagen der Firma Faudi handelt es sich jedoch um aufwändige Großanlagen, die mit Hilfe von großflächigen Kunststofffiltern partikelförmige Verunreinigungen in zwei Schritten (Vorfiltration und Hauptfiltration) eliminieren.

Die verschiedenen Vorrichtungen und Anlagen sind mit ihren Eigenschaften in Tabelle 1 zusammengestellt. Bei allen diesen Typen ist der Schlammauswurf flüssig. Der Schlamm wird zum Teil nachbehandelt oder direkt entsorgt. Die Nachbehandlung umfasst in vielen Fällen die Abtrennung der Flüssigphase mittels Bandfiltern und die Verpressung der festen Phase. Aus Gründen der Produktionssicherheit wird die abgetrennte Flüssigphase in der Regel jedoch nicht zurückgeführt sondern als Abfall entsorgt.

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Vorrichtungen und Anlagen zur Reinigung von Kühlschmierstoffen

Vorrichtung	Durchsatzleistung Liter / Minute	Abscheidegrenze nominal µm	Abfallerzeugende Filter / Hilfsstoffe	Investitionskosten (€) Endkunde	Platzbedarf
Papierfilter	1.000	50 – 100	ja	7.000,-	4 m ²
Endlosbandfilter	1.000	50 – 100	(ja)	10.000,-	4 m ²
Vakuumbandfilter	1.000	10 – 60	(ja)	20.000,-	4 m ²
Tiefenfilter	100	5 – 30	ja	20.000,-	2 – 4 m ²
Zentrifugen	50	5 – 20	nein	50.000,-	4 m ²
Anschwemmfilter	1.000	5 – 10	ja	400.000,-	30 m ²
CT-250 / D-250 (Z-Filter)	70	5 – 10	nein	15.000,-	0,8 m ²
Scheibenfilteranlage (Z-Filter)	1.000	15 – 20	nein	120.000,-	3 m ²
Filteranlage (Faudi)	900	5 – 10	nein	350.000,-	30 m ²
Anlage mit Brikettierung (Z-Filter) Ziel:	1.000	5 – 10	nein	60.000,-	2 m ²

Durch die neu zu entwickelnde Anlage sollen die bei den Arbeitsmedien der Metallbearbeitung entstehenden Abfälle vollständig vermieden werden:

- Die Anlage soll mit pneumatisch rückspülbaren Edelstahlfiltern arbeiten und keine zusätzlichen Abfall erzeugende Filter und Hilfsstoffe verwenden.
- Durch eine verbesserte Filtrationsfeinheit sollen auch feinste Partikel aus den Arbeitsmedien entfernt werden. Dadurch soll die Verschlammung verhindert und die Standzeit praktisch unbegrenzt verlängert werden. Die verbesserte Filtrationsfeinheit betrifft insbesondere Anlagen für die Automobilindustrie mit großen Filtrationsleistungen von bis zu 3.000 Liter/Minute.
- Durch die integrierte Verpressung des Schlammes zu einem nicht nachtropfenden Metallbrikett soll Sonderabfall in einen Wertstoff umgewandelt werden. Dabei bleibt die abgepresste Flüssigkeit als Arbeitsmedium im Kreislauf und wird nicht zu Abfall.

Zur Erläuterung sei hinzugefügt, dass eine Auffrischung der kontinuierlich im Kreislauf verwendeten Arbeitsmedien dadurch erfolgt, dass Arbeitsmedium, das mit den Werkstücken ausgetragen wird, durch frisches Arbeitsmedium ersetzt wird.

Eine Anlage zur Feinstfiltration mit integrierter Schlamm-Brikettierung, die bei den Arbeitsmedien der Metallbearbeitung eine vollständige Vermeidung von Abfällen bewirkt und dabei den Sonderabfall Schlamm in den Wertstoff Metallbrikett umwandelt, geht über gesetzliche Vorgaben oder bisher übliche Praxis weit hinaus und führt zu vielschichtigen Umweltentlastungen. Durch den Betrieb der neu zu entwickelnden Filtrationsanlage soll bei den Arbeitsmedien kein Abfall zur Entsorgung entstehen. Damit verbunden sind geringere Emissionen sowie ein reduzierter Verbrauch von Ressourcen und Energie [Wur02].

Durch das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderte Projekt "Standzeitverlängerung von Kühlschmierölen durch Feinstreinigung" (Az: 12679) wurde von

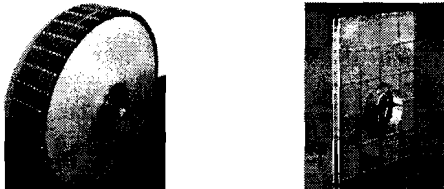
der C&H Werkzeugmaschinen GmbH, dem Vorgänger der Z-Filter GmbH + Co. KG, 1998/1999 eine Filtrationsanlage unter Verwendung von Membranen aus Edelstahlgewebe und Anwendung einer Vakuumtechnik für die metallbearbeitende mittelständische Industrie entwickelt. Diese Clean Tower CT 250 genannte Anlage besitzt zwei Filterstufen.

Die erste Stufe besteht aus einem pneumatisch rückspülbaren Edelstahlgewebefilter, der Späne, Schlamm und andere partikuläre Verschmutzungen abtrennt. Als zweite Stufe wird eine Koaleszenzkassette eingesetzt, mit der sich je nach Koaleszenzmaterial Öl aus Wasser oder Wasser aus Öl abtrennen lässt.

Die Filtrationsanlage CT 250 arbeitet - wie auch alle anderen Geräte und Anlagen von Z-Filter - ohne zusätzlichen Abfall erzeugende Filter und Hilfsstoffe und erfüllt damit eine wesentliche Forderung von Industriebetrieben. Der CT 250 hat eine Durchsatzleistung von bis zu 70 Liter/Minute bei einer Abscheidegrenze von 5 bis 10 μm . Seit der Fertigstellung Ende 1999 wurden von diesem Anlagentyp ca. 250 Exemplare verkauft.

Die Filtrationsanlage CT 250 ist für die Automobilindustrie und andere Großbetriebe zu klein. Von diesen Unternehmen werden Anlagen mit Filtrationsleistungen von bis zu 3000 Liter/Minute benötigt. Um diesen Forderungen nachzukommen, wurde seit Ende 1999 eine mit Eigenmitteln finanzierte Entwicklung von größeren Filtrationsanlagen durchgeführt. Dazu war eine Neukonstruktion der Filter von den in Filtrationsrichtung angeströmten Kissenfiltern des CT 250 zu tangential zur Filtrationsrichtung angeströmten Scheibenfiltern notwendig.

Bild 1: Scheibenfilter und Kissenfilter



Von diesen großen Scheibenfilteranlagen konnten im Jahr 2001 einige Exemplare an Automobilhersteller wie Ford Köln, verschiedene VW-Werke, Opel und andere entweder direkt durch C&H oder indirekt über renommierte Anlagenlieferanten der Automobilindustrie wie Dürr, CEA Beyss, Köbo und BMF geliefert werden. Die Filtrationsfeinheit der Scheibenfilteranlagen beträgt derzeit 15 bis 25 μm . Der Schlamm wird derzeit in flüssiger Form ausgeworfen.

Von der Industrie kamen nach und nach weitere Forderungen und Wünsche insbesondere nach besseren Filtrationsfeinheiten und einem Schlammauswurf in möglichst trockener Form als Brikett. Um die Produktqualität und Produktionssicherheit zu verbessern, sollte die Filtrationsfeinheit auch bei hohen Filtrationsleistungen auf mindestens 5 bis 10 μm gesenkt werden. Versuche zeigten, dass eine verbesserte Filtrationsfeinheit nicht mit Hilfe eines feinmaschigeren Edelstahlgewebes erreichbar ist. Zur Erzielung der gleichen Durchflussleistung pro Filterfläche müsste bei dem feinmaschigeren Filter der Druck erhöht werden. Die Schweißnähte der herkömmlichen Edelstahlgewebemembranen sind gegen Druckerhöhungen relativ empfindlich, weshalb Brüche und undichte Stellen entstehen

können. Auch die mit höherer Frequenz erfolgenden pneumatischen Rückspülvorgänge können zu solchen Brüchen beitragen. Derartige Brüche verschlechtern drastisch das Filtrationsergebnis und die Prozesssicherheit.

Da bessere Filterfeinheiten bei hohen Durchsatzleistungen mit den Edelstahlgewebefiltern nicht erreichbar sind, muss ein neuer Filter entwickelt werden, bei dem im Vergleich mit Edelstahlgeweben stabilere Materialien wie beispielsweise gesinterte Edelstahlgewebe und Edelstahlvliese eingesetzt werden. Diese lassen sich mechanisch bearbeiten und mit Fügetechniken dicht schließen.

Die Filterflächen sollen von der Seite fächerförmig angeströmt und in bestimmten (über den Druckabfall gesteuerten) Intervallen durch pneumatisch Rückspülung von dem sich bildenden Filterkuchen befreit werden. Durch eine konstruktive Verbesserung der Geometrie der Filter und der Anströmung soll eine möglichst große Durchsatzleistung erreicht werden.

Zur Erzielung eines möglichst trockenen Schlammes ist eine Vorrichtung zu entwickeln, die geeignet ist, um den sich in einem Schlammbehälter ansammelnden Schlamm mit Hilfe einer Kolbenvorrichtung in eine Presskammer zu transportieren und dort mit einem Druck von bis zu 100 bar zu einem nicht nachtropfenden Brikett mit einem Ölanteil von weniger als 8 % zu verdichten. An die Presskammer schließt sich direkt der Brikettauswurf an. Die abgepresste Flüssigkeit soll als Arbeitsmedium im Kreislauf bleiben und nicht zu Abfall werden.

Mit den neu entwickelten Komponenten ist eine industrietaugliche Anlage zu erstellen. Durch eine Modulbauweise mit kompakten Edelstahlfiltern wird die zu entwickelnde Feinstfiltrationsanlage relativ klein und kostengünstig herzustellen sein.

Zielgruppe der Ergebnisse dieses Vorhabens ist die gesamte metallbearbeitende Industrie, wobei durch die vorgesehene modulare Bauweise mit variabler Anzahl von Filterscheiben sowohl mittelständische Betriebe als auch Automobilkonzerne bedient werden können. Z-Filter ist mit anderen Recyclinggeräten in der metallbearbeitenden Industrie bereits vertreten. Ergebnisse von Gesprächen mit Betriebsleitern und Werkmeistern wurden in den Plan für die neu zu entwickelnde Filtrationsanlage aufgenommen.

Innovatives Merkmal dieses Vorhabens ist in erster Linie das Gesamtkonzept einer leistungsstarken Anlage zur Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung, die noch anfallenden Abfall in Wertstoff umwandelt. Dieses Gesamtkonzept wurde als Patent angemeldet (Patentanmeldenummer 102004 052 098.4). Zur Anlagenentwicklung notwendige innovative Teilschritte betreffen einen neuartigen Filter zur Feinstfiltration bei hoher Durchflussleistung und eine neuartige Vorrichtung zur integrierten Schlammbrickettierung. Weitere vorteilhafte Eigenschaften dieser Anlage sind eine modulare Bauweise, ein geringer Platzbedarf und ein vernünftiges Preis-Leistungs-Verhältnis.

5. Hauptteil

In den ersten Schritten erfolgte die Konstruktion und Erstellung

- eines neuartigen Filters zur Feinstfiltration bei hoher Durchflussleistung und
- einer neuartigen Vorrichtung zur integrierten Schlammbrickettierung

sowie die Konstruktion und Erstellung einer Technikumsanlage mit diesen Komponenten.

Darauf folgte als zweiter Abschnitt eine umfangreiche interne Testphase der einzelnen Komponenten und deren Zusammenwirken. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse flossen im dritten Abschnitt in Entwicklung und Bau einer Pilotanlage ein. Als vierter Abschnitt erfolgte eine Pilotphase in Betrieben, auf Grund deren Ergebnisse die Anlage optimiert und an die Bedürfnisse der Anwender angepaßt wurde.

5.1 Konstruktion eines Scheibefilters zur Feinstreinigung (Arbeitspaket 1)

Verschiedene Edelstahlgewebemembranen (Y-Max 300 Aramid, Y-Max 300 Glasfaser, Y-Max 300 Edelstahlfaser) mit unterschiedlichen Webabständen und Webarten, sowie solche Edelstahlgewebe gesintert mit Edelstahlfasern und Edelstahlstücken wurden von der Firma GKD - Gebr. Kufferath AG, Düren (www.gkd.de) bezogen. Die Abscheidegrenze dieser Materialien liegt bei 5 Mikrometer. Parallel dazu wurden Edelstahlgewebe mit Kunststoffpulver und verschiedenen Fasern (Glas, Carbon, Zellulose) beschichtet und bei 180°C eingebrannt. Dadurch ließ sich die Tiefenwirkung des Filters verbessern, was zu einer sehr guten Filtrationsfeinheit von bis zu 1 Mikrometer bei hoher Durchsatzleistung führte.

In weiteren Versuchen wurde Kunststoffpulver durch UV-Lack ausgetauscht und das Edelstahlgewebe mit UV-Lack und Fasern beschichtet und mit UV-Licht gehärtet. Das Ergebnis war jedoch nicht zufriedenstellend, weil der Lack nur an der Oberfläche fest wurde, in tieferen Schichten jedoch flüssig blieb.

Die mechanische Bearbeitung der genannten Filtermaterialien wurde mittels Fügetechnik und Plasmaschweißen versucht. Es zeigte sich jedoch bei den Testversuchen (Arbeitspaket 5), dass durch die Ausdehnung bei der Rückspülung und der damit einhergehenden dynamischen Belastung Risse entstehen können. Als robuster und dicht bleibend erwies sich eine Verschraubung der Filtermembranen auf Spannringen. Zur Druckstabilität des Filters wurden Berechnungen durchgeführt, auf deren Grundlage der aus Spannringen bestehende Stützapparat ausgelegt wurde. Des weiteren wurde eine Aufnahmevorrichtung für die Filterscheiben konstruiert und gefertigt. Aus den Komponenten Edelstahlgewebemembran (beschichtet), Stützapparat und Aufnahmevorrichtung fertigte man einen Scheibefilter, der die vorgesehenen Ziele bezüglich Filterfeinheit, Dichtheit und Stabilität erreichte.

5.2 Konstruktion der Schlammverpressung und des Schlammauswurfs

(Arbeitspaket 2)

Unter Verwendung einer Kolbenvorrichtung mit Pneumatikzylinder (Festo AG) wurde eine in die Filteranlage integrierbare Schlammverpressung mit automatischem Schlammauswurf konstruiert und erstellt.

Die dazu vorgesehenen Teilschritte

- Konstruktion eines Schlammbehälters mit Presskammer
- Verbindung der Presskammer mit dem Brikettauswurf
- Dichter Abschluss des Brikettauswurfs zum Filterraum, damit das Brikett bei laufendem Filtrationsbetrieb (ohne erforderliche Nebenzeiten) ausgeworfen werden kann.
- Erstellung des Schlammbehälters mit Presskammer und Schlammauswurf wurden erfolgreich bearbeitet. Der sich im Schlammbehälter ansammelnde Schlamm wurde mit Hilfe der Kolbenvorrichtung in die Presskammer gebracht und dort zu einem nicht nachtropfenden Brikett verdichtet. Bei einem Druck von 60 bar ließ sich Schleifschlamm mit KSS-Ölen zu einem Brikett verpressen, dessen Ölgehalt gemäß dem Analysenbericht der Firma KÖBO unter 8% lag (siehe Zwischenbericht vom 1.3.2004).

5.3 Konstruktion und Erstellung einer Technikums- und Pilotanlage

(Arbeitspakete 3 und 8)

Mit den in den vorhergehenden Arbeitspaketen entwickelten Anlagenkomponenten wurde eine Technikums- und Pilotanlage konstruiert und gefertigt. Die durchgeführten Arbeiten umfassten:

- Konstruktion der Anlage
- Auslegung der Pumpen, Ventile, Zylinder und Druckwächter
- Auslegung der Rückspülvorrichtung
- Auslegung der Filteranströmung und Positionierung des Filters relativ zum Schlammbehälter
- Achse mit variabler Gestaltung des Abstands zwischen zwei Scheibenfiltern
- Erstellung einer Technikumsanlage

Dabei wurden die Arbeitsweise der Rückspülvorrichtung sowie die Geometrie der Filteranströmung und die Positionierung des Filters relativ zum Schlammbehälter zunächst veränderbar gestaltet.

5.4 Rückspülung der Filtermembranen (Arbeitspaket 4)

Durch die Verwendung von Filtermembranen mit engeren Poren und den dadurch bedingten höheren Drücken kommt der Rückspülung der Membranen eine besondere Bedeutung zu. Die Ablösung des Filterkuchens sollte möglichst schonend aber dennoch effizient erfolgen.

Nach Prüfung verschiedener Rückspülverfahren (hydraulisch mit Filtrat, pneumatisch mit Filtrat, pneumatisch mit Luft, zeitgesteuert oder druckgesteuert) entschied man sich für die zeitgesteuerte, pneumatische Rückspülung mit Luft. Durch diese Technik ließ sich die Verstopfung der Filter auch bei Porenweiten von 5 Mikrometer weitgehend unterdrücken. Es zeigte sich, dass durch die Optimierung der Rückspülung die Durchflussleistung hoch gehalten werden kann.

Bei der Filtration von Medien aus Schleifprozessen erwies es sich als vorteilhaft, in

relativ kurzen Zeitintervallen zurückzuspülen, da sonst der Filterkuchen zu dick wird. Der dicke Filterkuchen wird bei der Rückspülung in großen Platten abgesprengt, und diese können die Filterzwischenräume verstopfen. Durch die Rückspülung in kürzeren Zeitintervallen konnten die Abstände zwischen den Scheibenfiltern kürzer gehalten und mehr Scheibenfilter in dem vorhandenen Raum angeordnet werden.

Durch eine im Filtratausgang angebrachte Prallscheibe konnte der Rückspüldruck länger aufrecht erhalten werden. Dies bewirkte eine gleichmäßigere Abreinigung der Filter.

Die Düsen der Rückspülvorrichtung wurden so angeordnet, dass der Rückspülstrom radial zu der Filterinnenseite verlief. Eine mögliche Verklebung der Poren durch organischen Schmutz wurde nicht beobachtet.

5.5 Interne Testphase (Arbeitspaket 5)

In diesem Schritt untersuchte man die Funktion der einzelnen Anlagenkomponenten und deren Zusammenwirken. Mit verschiedenen Filtermembranen wurde die erreichbare Filtrationsleistung in Abhängigkeit von Durchflussleistung, Druck und Strömungsgeschwindigkeit für verschiedene Bearbeitungsprozesse untersucht. Zunächst auftretende Probleme durch Schlammablagerungen im Filterraum und ein Zuwachsen der Filterzwischenräume mit Schlamm konnten durch Änderung der Geometrie des Filterraums und des Anströmwinkels (unter Verwendung eines Leitblechs) behoben werden. Die Dichtheit der Filter bei Drücken bis 12 bar erreichte man durch Verschraubung unter Verwendung von Dichtlippen. Die Sedimentation im Schlammbehälter war auch bei Kunststoff- und Carbonschlämmen gut.

In Abhängigkeit von Pressdruck, Pressdauer und Gestaltung des Presskolbens konnten Schlämme verschiedener Werkstoffe wie Edelstahl, Stahl, Grauguss, Aluminiumguss und Carbon zu nicht nachtropfenden Briketts verdichtet werden. Der Presszyklus wurde so gestaltet, dass während des Filtrationsprozesses je nach Art und Menge des Schlamms bis zu zehn Minuten gepresst werden kann. Auf diese Weise konnten selbst bei feinen Schleifschlämmen aus der Hartmetallbearbeitung Presslinge mit einem Ölgehalt von weniger als 8% erzielt werden.

Basierend auf den Ergebnissen dieser Testphase wurde die Technikumsanlage in eine Pilotanlage umgebaut.

5.6 Analyse des Filtrationsergebnisses (Arbeitspaket 6)

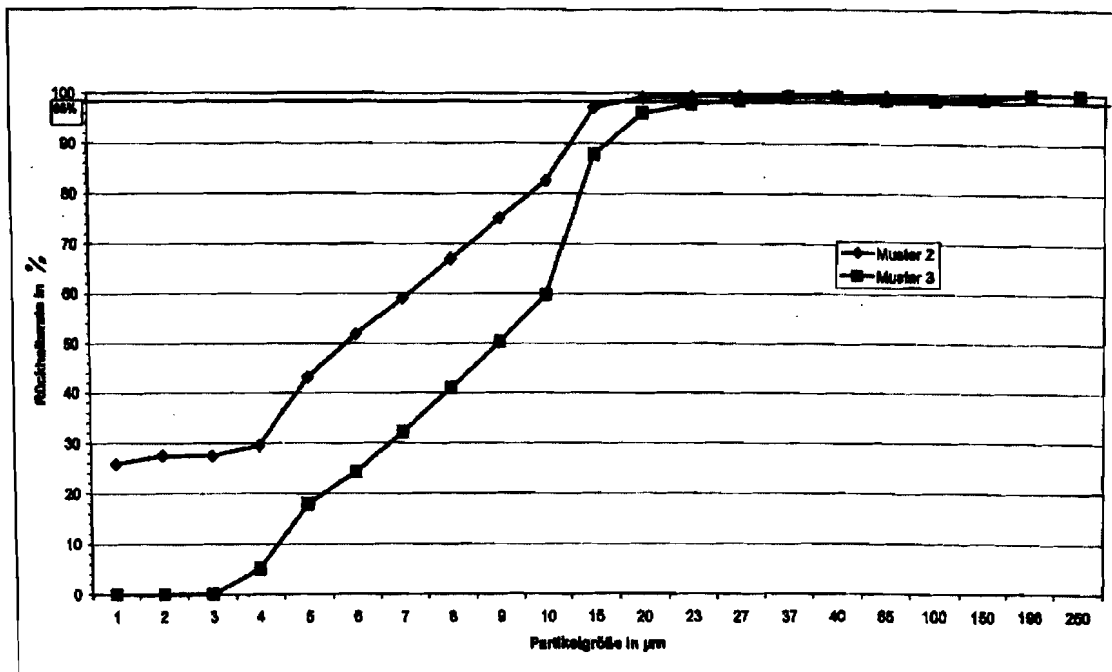
Im Verlauf der internen Testphase aber auch in nachfolgenden Arbeitsschritten wurde das Filtrationsergebnis analysiert und beurteilt. Mit Hilfe eines Stereomikroskops wurden Filtratproben begutachtet und die Größe der darin befindlichen Partikel bestimmt. Zur quantitativen Partikelanalyse wurden Proben an die Firma GKD gesandt.

Abbildung 2 zeigt beispielhaft Partikelanalysen und daraus berechnete Rückhalteraten für zwei verschiedene Gewebearten Y-Max Glasfaser (Muster 2) und Y-Max Aramid (Muster 3). Aus den Messdaten folgt als Ergebnis, dass mit dem Edstahlgewebe Y-Max Glasfaser bei einer Passage bereits 25,9 % der Partikel mit 1 Mikrometer und 82,6 % der Partikel mit 10

Mikrometer Größe abgeschieden werden können. In diesem Größenbereich ist Y-Max Glasfaser dem Gewebe Y-Max Aramid deutlich überlegen.

Bild 2: Rückhalteraten von zwei Edeltstahlgewebearten in Abhängigkeit von der Partikelgröße

Partikelzahlen (kum)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	15,0	20,0	23,0	27,0	37,0	40,0	65,0	
Muster 2	25,0	27,0	27,0	29,0	43,3	51,0	60,0	66,0	75,2	82,0	87,2	90,2	90,5	90,6	90,7	90,8		
Muster 3	0,0	0,0	0,0	5,1	17,0	24,5	32,1	41,0	50,3	59,8	67,8	76,0	87,8	90,0	97,8	98,7	99,3	99,8



Labor
Eiko Kaiser

5.7 Zwischenbericht (Arbeitspaket 7)

Zwischenberichte wurden zum 1.3.2004 und zum 31.5.2004 erstellt.

5.8 Pilotierung in Betrieben (Arbeitspaket 9)

Die Leistungsfähigkeit der neu entwickelten Anlage prüfte man in mehreren Industriebetrieben bei Anwendungsfällen, die hinsichtlich Material und Bearbeitungsprozess verschieden sind. Um mögliche Anfangsprobleme mit der neu entwickelten Pilotanlage nicht in den ausgewählten Betrieben bewältigen zu müssen, wurden in jedem Anwendungsfall Vorversuche mit dem Arbeitsmedium des ausgewählten Betriebs beim Antragsteller durchgeführt.

1. Bei Heidelberger Druck wurde in der Herstellung von Druckmaschinen die Pilotanlage zur Reinigung von KSS-Öl beim Schleifen von Stahl und Guss eingesetzt. Das erzielte Reinigungsergebnis war so gut, dass Heidelberger Druck bei neuen Schleifmaschinen von der derzeit angewandten Anschwemmfiltration auf unsere hilfsmittelfreie Filtrationsanlage umsteigen will. Die erste Anlage wurde für Mai 2005 in Auftrag gegeben.
2. Bei Albert Weber, Markdorf, wurde in Zusammenarbeit mit der Firma Gehring

Honmaschinen unsere Pilotanlage in der Motorenfertigung zur Reinigung von KSS-Öl beim Honen von Guss und Aluminium verwendet. Auf Grund des guten Ergebnisses wurde von der Firma Alfred Weber direkt eine Filtrationsanlage bestellt. Die Firma Gehring beabsichtigt unsere Filtrationsanlage zusammen mit ihren Honmaschinen als Komplettlösung anzubieten.

3. Bei Kern-Liebers, Schramberg, einem Hersteller von Einspritzdüsen, kam unsere Pilotanlage zur Reinigung von KSS-Öl beim Läppen von Stahlteilen zur Anwendung. Kern-Liebers hat Filtrationsanlagen verschiedener Hersteller im Einsatz. Von keiner dieser Anlagen wird jedoch das angestrebte, für die Produktionssicherheit notwendige Filtrationsergebnis konstant erreicht.

Ein konstant gutes Ergebnis konnte mit unserer Filtrationsanlage erzielt werden, weshalb die Firma Kern-Liebers nach Beendigung der Pilotphase eine Filtrationsanlage kaufte.

5.9 Weiterentwicklung (Arbeitspaket 10)

Mit den Erfahrungen aus der Pilotphase wurde die Pilotanlage zu einer marktfähigen Anlage verbessert. Folgende konstruktive Schwachstellen ließen sich beheben:

Um die Sedimentation zu verbessern und Ablagerungen zu minimieren, verschob man den Zulauftrichter zum Pressraum näher zum Mittelpunkt des Filters.

Damit der Schlamm in die Presskammer geleitet wird, ordnete man den gesamten Pressraum schräg an.

Beim Honen und Schleifen in Öl trat hin und wieder das Problem auf, dass der Spänepressling nicht ausgeworfen wurde sondern am Kolben haften blieb und zurück gezogen wurde. Dieses Problem löste man durch eine Veränderung des Absperrschiebers. Der neue Schieber streift beim Schließen die Presslinge automatisch ab.

6. Fazit

Wie die Ergebnisse der Pilotphase (5.8) und die nachfolgende Weiterentwicklung (5.9) zeigen, konnte das Ziel dieses Projekts, die Entwicklung einer leistungsstarken, hilfsmittelfreien Anlage zur Feinstfiltration mit integrierter Schlammbrickettierung, die noch anfallenden Abfall in Wertstoff umwandelt, mit sehr gutem Erfolg erreicht werden.

Aus ökologischer Sicht entsteht durch den Betrieb der neu entwickelten Filtrationsanlage bei den Arbeitsmedien kein **Abfall** zur Entsorgung. Damit verbunden sind geringere Emissionen sowie ein reduzierter Verbrauch von Ressourcen und Energie. **Emissionen** in Form von Ruß, Kohlendioxid und anderen Abgasbestandteilen werden vermieden, weil keine verschlammten Arbeitsmedien, verschmutzten Hilfsstoffe und verstopften Filter zur Verbrennungsanlage bzw. Deponie transportiert werden müssen. Des Weiteren werden Emissionen vermieden, weil keine Abfälle verbrannt werden müssen. Auch die bei der Erstellung von Anlagenkapazität zur Verbrennung (Stahlproduktion) und bei der Gewinnung und Raffination von Erdöl zur Herstellung der Ölprodukte entstehenden Emissionen können vermieden werden. **Ressourcen** werden geschont, weil die Feinstreinigung der Arbeitsmedien zu einer praktisch unbegrenzten Verwendungsdauer und damit zur Einsparung von Öl und Ölprodukten führen wird. Weitere Ressourcenschonung ergibt sich durch die Einsparung von Dieselkraftstoff, der für den Transport der Abfälle benötigt wird. Der wegfallende Transport der Abfälle bewirkt auch eine Einsparung von **Energie**. Weitere Energieeinsparungen ergeben sich, weil weniger Verbrennungskapazität erstellt werden muss und weniger Ölprodukte durch Raffination von Erdöl zu erzeugen sind.

Diesen fortwährenden Entlastungen stehen in geringerem Maße Belastungen durch die einmalige Erstellung und den Betrieb der Filtrationsanlage gegenüber. So entsteht bei der Produktion der Materialien für die neu zu entwickelnde Filtrationsanlage eine nicht zu vernachlässigende **Abfallmenge**. Eine Großanlage hat eine Masse im Bereich von einer Tonne und besteht vornehmlich aus Stahl und Edelstahl. Nach einem Bericht von G. Möller, Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung, Hessen, fallen bei der Erzeugung von 1 Tonne Rohstahl etwa 5 Tonnen Abraum und 2 Tonnen Schlacke an [Möl96]. Die Stahlproduktion und die Metallbearbeitung im Rahmen der Herstellung der Anlage werden zu **Emissionen** führen. Bei der Stahlproduktion werden **Ressourcen** in Form von Eisenerz und Kohle verbraucht. Bei der Edelstahlproduktion kommt ein Verbrauch von Chrom- und Nickelerzen hinzu. Man muss hier jedoch darauf hinweisen, dass Edelstahl wertvoll ist und deshalb weitgehend der Wiederverwendung zugeführt wird. Beim Betrieb der Anlage wird elektrische **Energie** verbraucht. Die Filtrationsanlage erreicht jedoch durch strömungstechnische Maßnahmen eine hohe Durchflussleistung bei relativ geringem Energieverbrauch. Weiterer Energieverbrauch entsteht bei der Materialerzeugung für die Filtrationsanlage (Stahlproduktion) und bei der Fertigung (Metallbearbeitung).

Zur ökologischen und ökonomischen Bilanzierung der neu entwickelten Filtrationsanlage wollen wir die bei Kern-Liebers, Schramberg, erzielten Ergebnisse betrachten.

Tabelle 2: Vergleich der bestehenden Anlage bei Kern-Liebers mit der Anlage von Z-Filter

<u>Parameter</u>	<u>Bestehende Anlage</u>	<u>Anlage Z-Filter</u>
Anlagenart	Kantenspaltfilter in Kombination mit Magnetabscheider und Papierfilter	Edelstahlgewebefilter mit Schlammbrickettierung
Kapazität	500 L/min	500 L/min
Abfall / Tag	140 L Ölschlamm mit Papier	20 kg Presslinge, als Wertstoff in den Stoffkreislauf zurückführbar
Ölverbrauch / Tag	ca. 100 Liter	2 Liter
Hilfsmittelverbrauch	Papierfilter, Nylonfilter zur Schlammentwässerung	keine
Energieverbrauch	8 kW	2,6 kW
Raumbedarf	60 Kubikmeter	4,5 Kubikmeter
Filtrationsergebnis	40 mg/L Schmutz im Saubertank während Produktion	< 20 mg/L
Investitionskosten	180.000 EURO	100.000 EURO

Aus ökologischen Gesichtspunkten ist die neu entwickelte Anlage von Z-Filter der bestehenden Anlage weit überlegen.

Die Vorteile bei den Betriebskosten werden durch den Kostenvergleich der relativ genau bezifferbaren Parameter Abfall und Ölverbrauch deutlich. Auf der Grundlage von Entsorgungskosten in Höhe von 100 EURO pro 1.000 kg Abfall und Beschaffungskosten von 1.500 EURO pro 1.000 kg Neuöl sowie der Annahme, dass 1 Liter Öl einer Masse von 0,8 kg entspricht, fallen bei der bestehenden Anlage pro Tag Entsorgungskosten in Höhe von $0,14 \times 0,8 \times 100 = 11,20$ EURO und Ölkosten in Höhe von $0,1 \times 0,8 \times 1.500 = 120,00$ EURO an. Zusammen genommen sind das bei 240 Arbeitstagen Jahreskosten von 31.488,00 EURO.

Bei der neu entwickelten Anlage entstehen keine Entsorgungskosten; je nach Material und Menge kann mit dem Abfall als Wertstoff ein Erlös erzielt werden. Die Ölkosten belaufen sich auf $0,002 \times 0,8 \times 1.500 = 2,40$ EURO pro Tag oder 576,00 EURO pro Jahr. Das sind 2 % der Kosten der bestehenden Anlage.

Diese guten Ergebnisse wurden bereits auf einer internationalen Messe in China vorgestellt und sollen auf weiteren Messen präsentiert werden. Des weiteren sollen die Ergebnisse in Fachzeitschriften publiziert werden.

Durch die guten Ergebnisse bei der Reinigung von Kühlschmierölen erachten wir als zukünftige, nützliche Innovation die Entwicklung einer Anlage zur Getränkefiltration.

7. Literaturverzeichnis

- [DOS93] DOPATKA, J., M. OBST und S. SIEGFRIED: *Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Kühlschmierstoffe in mittleren und Kleinbetrieben*. ABAG im Auftrag des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart, Mai 1993.
- [Lan2000] Landesgewerbeamt Baden-Württemberg (Autorenkollektiv): *Metallbe- und -verarbeitung*, Betrieblicher Umweltschutz Nr. 14, Stuttgart, 2000.
- [Möl96] MÖLLER, G.: *Demontierte Altautos haben geringen Anteil.*, UmweltMagazin, Seite 112, April 1996.
- [Wur02] WURSTER, B.: *Einsparpotenziale bei Entsorgungskosten*, Umweltpraxis 3, 2002, S. 26-28.



