



United Air Specialists, Inc.



**„Lebenszykluskosten industrieller
Luftfiltersysteme zur Abscheidung
von Kühlschmierstoffen“**

***Ein Vergleich zwischen mechanischen
und elektrostatischen Abscheidern***

INDUSTRIELLE LUFTREINHALTUNG

**„Lebenszykluskosten industrieller Luftfiltersysteme
zur Abscheidung von Kühlschmierstoffen“**

1. Auflage 08-2008

Impressum

Autor: Carlo Saling, Produktmanager, UAS United Air Specialists Inc.

Herausgeber:

UAS United Air Specialists Inc., Niederlassung Deutschland

Otto-Hahn-Str. 6 | 65520 Bad Camberg

Tel. +49 (0) 64 34 / 94 22-0 | Telefax -99

www.uas-inc.de

Layout:

IHW Jörn Jacobs & Co.

Otto-Hahn-Str. 15 | 65520 Bad Camberg

www.ihw-marketing.eu

Reproduktion, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers.

„Lebenszykluskosten industrieller Luftfiltersysteme zur Abscheidung von Kühlschmierstoffen

Ein Vergleich zwischen mechanischen und elektrostatischen Abscheidern“

von Carlo Saling

Die Globalisierung und das starke Wachstum der Schwellenländer haben den Wettbewerbsdruck auf die europäische Industrie in den letzten Jahren deutlich gesteigert. Ebenso hat uns dieser Zeitraum deutlich vor Augen geführt, dass das Zeitalter der „billigen“ Energie vorbei sein dürfte. Eine Entspannung bei den Rohstoffkosten – egal ob Öl, Erdgas, Strom oder Industriemetalle – ist langfristig angesichts der Rohstoffverknappung nicht absehbar.

Energieeffizienz wird in den kommenden Jahren für Unternehmen zu einem Wettbewerbsvorteil. Zudem haben wir – egal ob als Mitarbeiter eines Unternehmens oder als Privatperson – die Pflicht, verantwortungsvoll mit den natürlichen Ressourcen umzugehen.

Einen interessanten Ansatz bietet die Lebenszykluskostenanalyse (Life Cycle Costing), welche die Kosten über den gesamten Lebenszyklus, d.h. von der Beschaffung bis zur Entsorgung, betrachtet. Die Definition des Vereins Deutscher Maschinenbauer (VDMA) lautet: „Unter Lebenszykluskosten versteht man die Summe aller erforderlichen

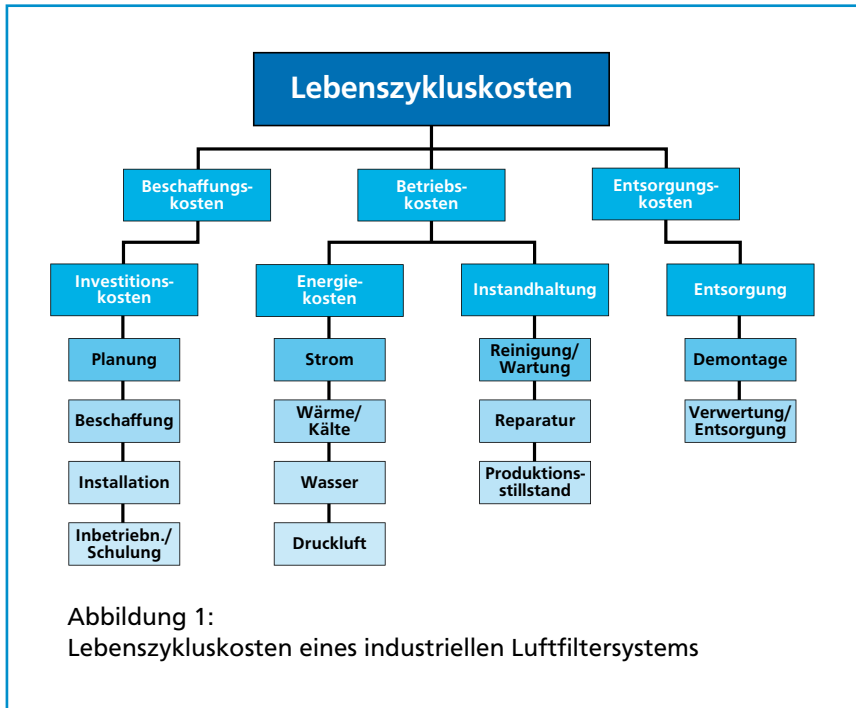
Aufwendungen zum bestimmungsgemäßen Gebrauch einer geeignet ausgelegten Maschine oder Anlage von der Anschaffung bis zur Entsorgung.“^[1]

Insbesondere bei energie- und wartungsintensiven Luftfiltersystemen sind die Betriebskosten ein Vielfaches höher als die Investitionskosten. Abbildung 1 illustriert die verschiedenen Kosten, die von der Beschaffung bis zur Entsorgung eines Filters anfallen können.

Industrielle Luftfiltersysteme – auch als Absauganlagen oder filternde Abscheider bezeichnet – haben die Aufgabe, Schad- und Gefahrstoffe wie z.B. Ölnebel, Emulsionsnebel, Rauch oder Staub aus der Umgebungsluft der Produktion zu entfernen – wahlweise direkt an der Maschine oder über eine zentrale Hallenabsaugung.

Ein wichtiges Anwendungsgebiet industrieller Luftfiltersysteme ist die Abscheidung von Kühlschmierstoffen (KSS), die bei der Metallbearbeitung in Werkzeugmaschinen als Aerosol oder Dampf

[1] VDMA – Einheitsblatt 34160



an die Umgebungsluft abgegeben werden. Kühlschmierstoffe dienen u.a. zur Kühlung, Schmierung und Spülung der Werkstücke.

Unternehmer sind nach der Gefahrstoffverordnung verpflichtet, dass die Atemluft der Versicherten frei von gesundheitsgefährdenden Stoffen (z.B. Kühlschmierstoffe) ist. Abhilfe dieses Problems bieten Luftfiltersysteme, die diese Emissionen aus der Umgebungsluft entfernen. Die wesentlichen Abscheideprinzipien sind:

- Mechanische Abscheider
- Elektrostatische Abscheider (Elektrofilter)
- Massenkraftabscheider (Zentrifugalkraftabscheider)
- Nassabscheider (Wäscher)

Die Grundlagen dieser Prinzipien sind nicht Gegenstand des Artikels.

Es sei auf einschlägige Literatur und VDI-Richtlinien (VDI 3677, VDI 3678, VDI 3676, VDI 3679) verwiesen.

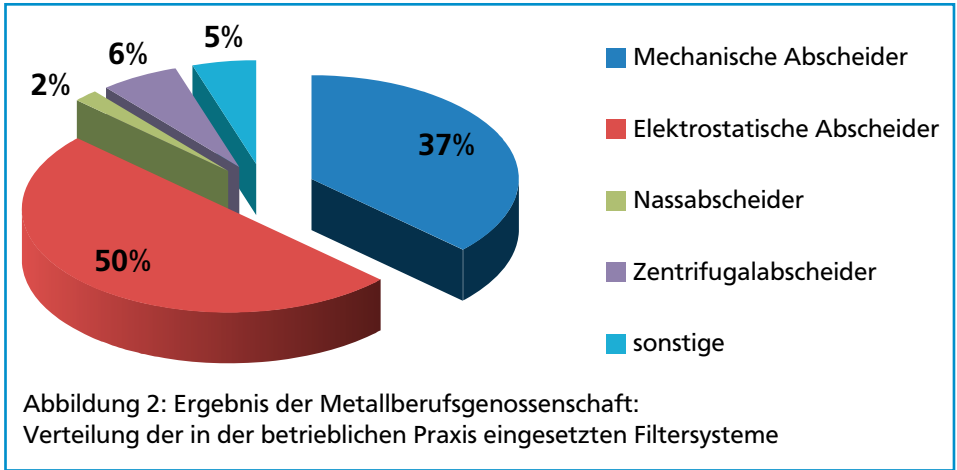


Abbildung 2: Ergebnis der Metallberufsgenossenschaft: Verteilung der in der betrieblichen Praxis eingesetzten Filtersysteme

Die Betrachtung der Lebenszykluskosten wird in diesem Artikel auf mechanische und elektrostatische Abscheider beschränkt, da diese Abscheideprinzipien einen Marktanteil von 90% zur Absaugung von Kühlschmierstoff in der betrieblichen Praxis besitzen, siehe Abb. 2. [2]

Klassische Zentrifugalabscheider sind für moderne Bearbeitungsverfahren nur bedingt geeignet, weil das Abscheideprinzip auf Massenkraften beruht. Da der größte Anteil der emittierten Partikel aus Werkzeugmaschinen < 2 µm ist, sollten Schwerkraftabscheider nicht als Hauptfilter eingesetzt werden.

Messungen des BGIA haben ergeben, dass der Abscheidegrad in der Praxis durch die erneute Emission abgeschiedener Substanzen sogar negativ sein kann. [3]

Nassabscheider werden zur Abscheidung von Kühlschmierstoffen in der betrieblichen Praxis seltener eingesetzt. Nassabscheider bieten zwar gute Abscheideleistungen, aber die Druckverluste der Filter und die Aufbereitung des Waschwassers sind mit hohen Betriebskosten für den Betreiber verbunden. Nassabscheider sind eine interessante Alternative, wenn hohe Sicherheitsanforderungen (Brand- und Explosionsschutz) prozessbedingt bestehen.

[2] Quelle: BIA – Report 03/1991 „Kühlschmierstoffe – Umgang, Messen, Beurteilung, Schutzmaßnahmen“ Herausgeber Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz BGIA, St. Augustin, 1993

[3] BGIA- Report 09/2006 „Absaugen und Abscheiden von Kühlschmierstoffen“ von W. Pfeiffer, Herausgeber Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz BGIA, St. Augustin, 2006

Berechnung der Lebenszykluskosten

Kostenarten bei der Beschaffung

Die **Investitionskosten** machen den größten Anteil der Beschaffung aus. Die Planungs-, Montage, Inbetriebnahme- und Schulungskosten können bei dem Kostenvergleich zwischen mechanischen und elektrostatischen Filtern vernachlässigt werden, da diese Kosten nicht direkt von dem Filterprinzip abhängig sind. Die Planungskosten sind für beide Abscheideprinzipien äquivalent, und viele Hersteller industrieller Filtersysteme stehen dem Planer beratend zur Verfügung.

Die Montagekosten sind weitgehend von den Platzverhältnissen des Betreibers vor Ort abhängig, und auch die Kosten für Inbetriebnahme und Schulung sind für beide Abscheideprinzipien vergleichbar. Allgemein ist der Platzbedarf eines mechanischen Filters höher als der eines Elektrofilters.

Die Kapitalkosten wurden bei dem Vergleich berücksichtigt, indem alle Kosten mit Hilfe des Barwertes auf den Zeitpunkt t_0 diskontiert wurden. Steuerliche Vorteile der Investitionskosten, die im Gegensatz zu Betriebskosten abschreibbar sind, wurden bei der Betrachtung vernachlässigt.

Kostenarten während des Betriebs

Die Betriebskosten eines industriellen Filtersystems zur Abscheidung von Kühlschmierstoffen setzen sich weitgehend aus Strom- und Instandhaltungskosten zusammen. Kosten für Wasser, Kälte, Wärme oder Druckluft fallen in der Regel nicht an. Die **Energiekosten** sind wesentlich von der Motorleistung des Ventilators abhängig. Bei mechanischen Filtern werden häufig Schwebstofffilter (HEPA) als letzte Filterstufe eingesetzt, um die geforderten Abscheidegrade der feinsten Partikel – insbesondere bei Umluftbetrieb - zu erzielen. Diese Speicherfilter bieten dem Betreiber hervorragende Abscheidegrade – aber leider nimmt der Strömungswiderstand der Filterstufen kontinuierlich über die Betriebsdauer zu, da die Schadstoffe in der Filterstufe gespeichert werden.

Die Folge sind höhere Druckverluste und eine höhere Leistungsaufnahme des Ventilators. Die Motorleistung eines mechanischen Filters beträgt in der betrieblichen Praxis oft mehr als das Doppelte gegenüber der eines elektrostatischen Filters, um vergleichbare Ansaugdrücke^[4] zu erzielen.

[4] Ansaugdruck oder Freie Pressung eines Ventilators bedeutet, dass ein vergleichbarer Ansaugdruck zur Absaugung der Schadstoffe zur Verfügung steht

Elektrostatische Filter bieten den Vorteil, dass der Strömungswiderstand während des Betriebes kaum zunimmt, da die Kollektorplatten in Strömungsrichtung parallel angeordnet sind und die Schadstoffe an den glatten Oberflächen ablaufen können. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Schadstoffe weitgehend aus dem Luftstrom entfernt werden und die Gefahr des Ausdampfens im Vergleich zu einem mit Schadstoff getränkten Filtergewebe reduziert ist.

Instandhaltungskosten setzen sich aus Ersatzfilter bzw. Reinigung der Filterelemente zusammen. Die Filterelemente mechanischer Filtersysteme (z.B. Vlies, Gewebe) müssen ausgetauscht werden, wenn die Gewebe mit Schadstoff gesättigt sind und die Absaugleistung des Filters aufgrund des gestiegenen Strömungswiderstands zur Absaugung der Schadstoffe nicht mehr ausreicht.

Die Filterelemente müssen dann als Sondermüll entsorgt werden. Diese Entsorgungskosten wurden bei der Betrachtung vernachlässigt. Es wurden lediglich die Ersatzteilkosten und die Kosten einer Arbeitsstunde zum Austauschen der Filterelemente in der Berechnung berücksichtigt.

Elektrostatische Filterelemente (Vorfilter, Ionisatoren und Kollektoren aus Metall) lassen sich in Ultraschallwaschanlagen umweltfreundlich reinigen und wiederverwenden. Die Berechnung geht von

einem Austauschen der Filterelemente des Kunden in Eigenregie aus, was in der betrieblichen Praxis bei Einzelfiltern häufig vorkommt. Voraussetzung für einen störungsfreien Betrieb ist lediglich die Bevorratung eines Austauschsatzes an Filterelementen. Die verschmutzten Filterelemente, die über Führungsschienen bequem aus dem Filter entnommen werden können, werden z.B. zu United Air Specialists Inc. geschickt, um dort zentral in der Ultraschallwaschanlage aufbereitet zu werden. UAS bietet allen Neukunden dazu eine kostenfreie Schulung an. Die gereinigten Filterelemente werden dann dem Kunden retourniert und können wiederverwendet werden. Bei der Kostenberechnung wurde jeweils eine Arbeitsstunde des Kunden zum Austauschen der Filterelemente angesetzt. Die (externen) Reinigungskosten für die Filterelemente und die Entsorgungskosten der Reinigungsmittel wurden in der Kostenbetrachtung berücksichtigt. Bei einer größeren Anzahl an Filtern im Betrieb ist der kostengünstige Service durch UAS oder Servicepartner des flächendeckendes Netzwerkes sinnvoll.

In der Berechnung wurden zudem Verschleißkosten für beide Abscheideprinzipien von 3% p.a. angenommen.

Kostenarten bei der Entsorgung

Die Entsorgungskosten setzen sich aus der Demontage der Anlage und der Materialentsorgung zusammen. Da die Kosten für beide Abscheidetypen vergleichbar sind, wurden die Kosten vernachlässigt bzw. identische Annahmen getroffen.

Berechnung der Lebenszykluskosten

Es wurden ein Beispiel (Luftleistung 2.000 m³/h) zur Berechnung der Lebenszykluskosten industrieller Filtersysteme zur Abscheidung von Kühlschmierstoffen betrachtet. Dabei wurden verschiedene Szenarien der Kosten berücksichtigt, um ein repräsentatives Bild widerzuspiegeln.

Annahmen zur Berechnung

Parameter	Mechanischer Filter		Elektrostatischer Filter	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Szenarien				
Anzahl der Filter	1 Stück		1 Stück	
Listenpreis	2.500 €	5.500 €	3.500 €	7.000 €
Kosten Inbetriebnahme / Schulung	600 €		600 €	
Anzahl der Filterstufen	2 Vorfilter, Hauptfilter, ggf. HEPA	3	2 Vorfilter, 1-2 Hauptfilter (Kollektoren)	3
Betriebsdauer	8.000 h pro Jahr		8.000 h pro Jahr	
Druckverlust des Filters	250 Pa	800 Pa	120 Pa	200 Pa
Ansaugdruck	350-450 Pa		350-450 Pa	
Motorleistung	1.5 kW	2.2 kW	0.75 kW	0.85 kW
ø-Lastaufnahme	60%		60%	
Umluftbetrieb	Ja		Ja	
Ø-Standzeit	3.000 h	9.000 h	1.500 h	2.500 h
Instandhaltung Ø-Kosten pro Ersatzfilterelement	200 €	350 €	-	-
Instandhaltung; Ø-Kosten Reinigung für alle Filterelemente	-	-	70 €	90 €
Kosten Arbeitszeit	45 € pro Stunde		45 € pro Stunde	
Arbeitsaufwand zum Austausch der Filterelemente	1 Stunde		1 Stunde	
Strompreis Cent/kWh	10 Cent	15 Cent	10 Cent	15 Cent
Kapitalkosten, Zinssatz	5%		5%	
Verschleiß	3% pro Jahr		3% pro Jahr	
Nutzungsdauer	10 Jahre		10 Jahre	
Entsorgungskosten des Filters und des Materials	1.250 €		1.250 €	

Abbildung 3: Einzelplatz-Absaugung von Kühlschmierstoffen (Luftleistung von 2.000 m³/h)

Ergebnisse der Berechnung

Allgemeine Angaben	Mechanisch		Elektrostatisch	
	Minimal ^[5]	Maximal	Minimal ^[5]	Maximal
Lieferant		Beispiel		United Air Specialists
Typbezeichnung des Herstellers		Beispiel		SH Modular
Anzahl der Filter		1 Stück		
Investitionskosten [€]				
Einkaufspreis pro Filter	2.500,-	5.500,-	3.500,-	7.000,-
Verrohrung und Armaturen	0,-	0,-	0,-	0,-
Montage	0,-	0,-	0,-	0,-
Inbetriebnahme	500,-	500,-	500,-	500,-
Schulung	100,-	100,-	100,-	100,-
sonstiges	0,-	0,-	0,-	0,-
Summe [€]	3.100,-	6.100,-	4.100,-	7.600,-
Betriebskosten [€]				
Stromkosten	720,-	1.584,-	360,-	612,-
Instandhaltungskosten	471,-	3.085,-	473,-	930,-
Summe [€]	1.191,-	4.669,-	833,-	1.542,-
Entsorgungskosten [€]				
Demontage	1.000,-	1.000,-	1.000,-	1.000,-
Entsorgung	250,-	250,-	250,-	250,-
sonstige Kosten	0,-	0,-	0,-	0,-
Summe [€]	1.250,-	1.250,-	1.250,-	1.250,-
CO₂-Emissionen in Tonnen pro Jahr^[6]	4,3	6,3	2,2	2,4

Abbildung 4: Tabelle mit Ergebnissen

[5] Berechnung der min. Kosten über min. Investitionskosten, min. Anzahl an Filterelementen, min. Motorleistung d. Ventilators, min. Stromkosten, min. Ersatzteilkosten bzw. min. Reinigungskosten und längste Standzeit

[6] Bezogen auf die Motorleistung des Ventilators

Ergebnisse

Der Listenpreis eines elektrostatischen Abscheiders ist in der Regel höher als der eines mechanischen Abscheiders. Da die Preise stark von der Anzahl der Filterstufen und von Zusatzausstattungen abhängen, wurde ein breiter Kostenkorridor für beide Filtersysteme festgelegt, der das Spektrum der Marktpreise abdeckt.

Die **Investitionskosten** eines mechanischen Filters betragen ca. 2.500 – 5.500 € für einen Betriebsvolumenstrom^[7] von 2.000 m³/h, während elektrostatische Abscheider im Bereich von 3.500 – 7.000 € liegen. Dieser Unterschied verleitet viele Betreiber zur Investitionsentscheidung hinsichtlich eines mechanischen Filtersystems. Als Kosten für die Inbetriebnahme und Schulung wurde jeweils eine Tagespauschale von 600 € veranschlagt.

Bei der Betrachtung der **Betriebskosten** zeichnet sich ein anderes Bild ab. Die Motorleistung des mechanischen Beispiels, welches die Erfahrungen aus der betrieblichen Praxis widerspiegelt, entspricht 1.5 – 2.2 kW. Die Motorleistung des elektrostatischen Abscheiders beträgt lediglich 750 – 850 W. Beide Filtersysteme des Beispiels verfügen über eine freie Pressung von ca. 350 – 450 Pa. Während die Leistungsaufnahme eines Ventilators in elektrostatischen Abschei-

dern relativ konstant ist, ist die Leistungsaufnahme der Gebläse in mechanischen Filtern stark von der Schadstoffbeladung der einzelnen Filterelemente abhängig. Der Druckverlust liegt anfänglich bei ca. 250 – 300 Pa und kann auf bis zu 800 Pa während des Betriebes ansteigen, wenn die Filterelemente mit Schadstoff gesättigt sind.

Wenn die Rohgasbeladung am Filtereintritt hoch sein sollte, bieten sich zweistufige Elektrofilter mit Tropfenabscheider an. Ein Vorteil des zweistufigen Konzeptes ist, dass sich die Standzeit des Filters erhöht und dass die Abscheideleistung bei kurzzeitigen Stromüberschlägen, die bei Kühlschmierstoffen mit hohem Wasseranteil auftreten könnten, nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Die Überschläge sind ein beliebtes Argument gegen den Elektrofilter – doch lassen sich diese Überschläge durch eine geschickte Überwachung des Hochspannungsbereiches und punktuelle Designänderungen fast ausschließen. Filterbrüche und Fehlstellen im Gewebe eines mechanischen Abscheiders lassen sich nur mit Drucksensoren feststellen, die eine ausreichend hohe Genauigkeit aufweisen.

Die durchschnittliche Leistungsaufnahme (Last) der Ventilatoren beträgt in beiden Fällen 60%. Ausgehend von diesen Daten und der Annahme eines Strompreises von 10 – 15 Cent pro kWh (ohne Umsatzsteuer) liegen die Strom-

[7] Betriebsvolumenstrom ist nicht zu verwechseln mit der Leerlaufleistung des Ventilators.

kosten des mechanischen Filters pro Filter bei 720 – 1.584 € (7.200 – 10.500 kWh) und des elektrostatischen Abscheiders bei 360 – 612 € (3.600 – 4.800 kWh). Neben dem betriebswirtschaftlichen Aspekt entspricht die Stromesparung von ca. 50% einem CO₂-Äquivalent^[8] von mind. 2 t CO₂, die pro Jahr weniger in die Atmosphäre ausgestoßen werden.

Die Instandhaltungskosten (Wartungs- und Reinigungskosten) wurden bei der Betrachtung des mechanischen Filters auf das Austauschen der Filterelemente begrenzt. Es wurde die Arbeitszeit von jeweils einer Stunde pro Austausch der Filterelemente angenommen (betrieblicher Stundenlohn 45 €). Als oberer Richtwert für die Standzeit eines mechanischen Filters wurden die Aussagen eines Wettbewerbers herangezogen, der seinen Kunden eine Standzeit eines mechanischen Filterelementes von bis zu 9.000 h verspricht. Bei einer Betriebsdauer von 8.000 h würde weniger als 1 Austausch pro Jahr stattfinden. Allgemeine Marktpreise von Ersatzfilterelementen liegen bei 200 – 350 € pro Element. Entsorgungskosten der mechanischen Filterelemente, die mit Kühlschmierstoff (Gefahrstoff) gesättigt sind, wurde bei der Berechnung vernachlässigt.

[8] Angaben des ifeu (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) von einem CO₂-Äquivalent des deutschen Strom-Mix von 0,6 kg pro kWh, Studie im Auftrag des Umweltbundesamtes.

Als Standzeit eines Elektrofilter-Elementes wurden 1.500 – 2.500 h gewählt. Diese Annahmen beruhen auf den Erfahrungen des Services von United Air Specialists Inc. und stellen eine **konservative** Angabe dar. Zum Austauschen der Filterelemente wurde wieder eine Stunde Arbeitszeit pro Austausch berücksichtigt. Die Filterelemente des Elektrofilters (Vorfilter, Ionisator, Kollektoren) können – z.B. in der Ultraschallwaschanlage der UAS – gereinigt und wiederverwendet werden. Eine Entsorgung der Filterelemente ist nicht notwendig. Die Reinigung der Filterelemente kostet in der Regel 70 – 90 €.

Die Instandhaltungskosten eines mechanischen Filters betragen somit 471 – 3.085 € und die eines Elektrofilters 473 – 930 € (jeweils inkl. 3% Verschleißkosten pro Jahr). Die Instandhaltungskosten eines elektrostatischen Filters fallen unter dem Strich – trotz der Annahme einer vielfachen Standzeit eines mechanischen Filters – in der Regel geringer aus.

In der Summe belaufen sich die Betriebskosten eines mechanischen Filters auf 1.191 – 4.669 €, während die laufenden Kosten eines elektrostatischen Abscheiders nur 833 – 1.542 € pro Jahr betragen.

Die **Entsorgungskosten** für beide Abscheider wurden auf 1.250 € festgesetzt. Die Kosten sind wie Montagekosten weitgehend von den Platzverhältnissen des Betreibers abhängig.

Fazit

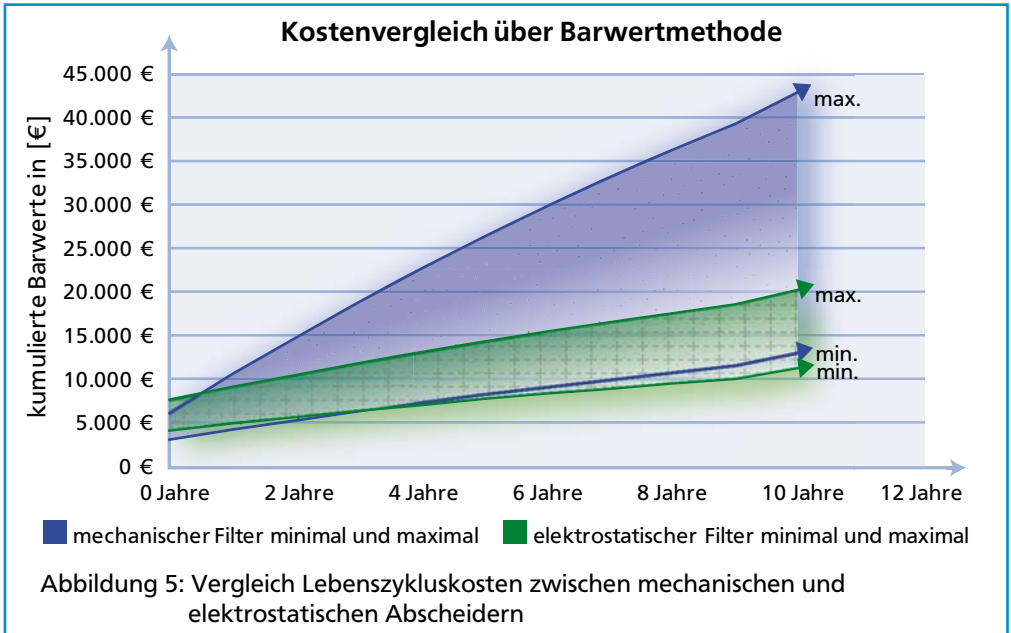
Die Beispielrechnung vergleicht die Lebenszykluskosten mechanischer und elektrostatischer Luftfiltersysteme mit einer Absaugleistung von 2.000 m³/h. Die Berechnungen berücksichtigen verschiedene Szenarien (Minimum und Maximum) hinsichtlich Investitionskosten, Standzeit der Filterelemente, Anzahl und Instandhaltungskosten der Filterstufen und Strompreise.

Wenn man die Kosten aus Investitions-, Betriebs- und Entsorgungskosten aufsummiert und diskontiert, ergibt sich Abbildung 5.

Die Abbildung zeigt eindrucksvoll, dass ein Investitionsentscheid hinsichtlich eines elektrostatischen Abscheiders in vielen betrieblichen Fällen vorteilhaft ist. Trotz höherer Investitionskosten amortisieren sich elektrostatische Abscheider schon nach kurzer Nutzungsdauer.

Damit ein realitätsnahes Bild wiedergespiegelt wird, wurden bei der Betrachtung verschiedene Kostenszenarien berücksichtigt.

Wichtig bei dem Kostenvergleich ist, dass die Kapitalkosten – hier unter der Annahme von 5% – auf den Beschaffungszeitraum diskontiert werden, damit den höheren Beschaffungskosten des Elektrofilters Rechnung getragen wird.



Es ergeben sich Kostenunterschiede von bis zu 25.000 € nach der Nutzungsdauer von 10 Jahren **pro** Filter – ohne Beeinträchtigung der Luftqualität. Im Gegenteil: Es kann aufgrund der Stromersparung der CO₂-Ausstoß um mindestens 2 Tonnen CO₂ pro Jahr reduziert werden.

Das Beispiel verdeutlicht, dass sich ein Vergleich der Lebenszykluskosten als Entscheidungsgrundlage für Unternehmen definitiv „rechnet“ und dabei die natürlichen Ressourcen schont. Die niedrigeren Investitionskosten mechanischer Abscheidesysteme sind nur oberflächlich betrachtet günstiger.

In diesem Beispiel wurde sogar eine vielfach höhere Standzeit des mechanischen Filters gegenüber der des elektrostatischen Filters für die Berechnung zu Grunde gelegt.

Zudem lassen sich die Filterelemente des elektrostatischen Filters umweltfreundlich reinigen und können anschließend wiederverwendet werden. Es fällt kein Sondermüll an. Die Entsorgungskosten wurden in der Kostenbetrachtung nicht berücksichtigt.

Der Unterschied der Lebenszykluskosten fällt bei höheren Volumenströmen noch deutlicher aus. Nicht umsonst sind in der Kraftwerkstechnologie Elektrofilter mit niedrigen Druckverlusten die bevorzugte Lösung zur Luftreinhaltung.

Es zeigt sich: Ein Vergleich der Kosten lohnt sich.

Vermeintlich billiges kann für Unternehmen teuer werden!

Zweigniederlassung Deutschland:

Otto-Hahn-Str. 6 | 65520 Bad Camberg

Tel. +49 (0) 64 34 / 94 22-0 | Telefax -99 | info@uas-inc.de | www.uas-inc.de

Büro Nord:

Neuenlander Straße 5 | 27299 Langwedel

Telefon +49 (0) 42 35 / 9 29 94 | Telefax 9 29 96

Büro Nordrhein-Westfalen:

Auf dem Eigen 2 | 42349 Wuppertal

Telefon +49 (0) 2 02 / 2 47 81 40 | Telefax 2 47 81 66

Büro Mitte:

Dehrner Straße 12a | 65554 Limburg

Telefon +49 (0) 64 33 / 70 06 36 | Telefax 81 33 3

Büro Sachsen:

Daubaer Straße 20 | 01847 Lohmen

Telefon +49 (0) 35 01 / 58 83 44 | Telefax 58 81 97

Büro Baden-Württemberg / Bayern:

Büchel GmbH | Breite Str. 27 | 89168 Niederstotzingen

Tel. +49 (0) 73 25 / 96 05 0 | Telefax 96 05 80

Büro Österreich:

Hallestraße 29 | 4030 Linz | Telefon +43 (0)7 32 / 31 38 13 | Telefax 30 44 89

