

## Elektrofilter

[0001] Die Erfindung betrifft einen Elektrofilter, der für den Einsatz in einer Gebäudelüftungsanlage ausgelegt ist.

### Hintergrund der Erfindung

5 [0002] Elektrofilter werden beispielsweise eingesetzt, um in einem Gas- oder Luftstrom enthaltene Partikel herauszufiltern. Elektrofilter können zwar in Lüftungsgeräten, Klimageräten und Klimaanlage eingesetzt werden, jedoch haben sie sich in der Lüftungsbranche nicht durchgesetzt. In der Lüftungsbranche werden, insbesondere in Gebäudelüftungsanlagen, noch immer Taschenfilter eingesetzt.

[0003] Elektrofilter arbeiten mit Koronaentladung und elektrostatischen Feldern. Sie enthalten eine  
10 Ionisationsstufe und eine Kollektorstufe, sowie ein Hochspannungsspeisegerät zum Betrieb derselben. Mit der Luft in den Elektrofilter einströmende Staubpartikel, Aerosole, etc. werden in der Ionisationsstufe elektrostatisch aufgeladen und dann an Elektrodenflächen der Kollektorstufe abgeschieden. Das Hochspannungsspeisegerät muss sowohl eine Gleichhochspannung für die Erzeugung der Koronaentladung in der Ionisationsstufe als auch eine kleinere Gleichhochspannung für die  
15 Erzeugung eines starken elektrostatischen Feldes in der Kollektorstufe liefern. Diese Gleichhochspannungen werden typischerweise durch eine Kaskade von Spannungsverdopplern erzeugt, wobei die Spannung am Ausgang des letzten Spannungsverdopplers der Ionisationsstufe und die Spannung am Ausgang eines der vorgelagerten Spannungsverdoppler der Kollektorstufe zugeführt wird. Die Gleichhochspannung für die Kollektorstufe ist deshalb halb so gross wie oder noch kleiner als die  
20 Gleichhochspannung für die Ionisationsstufe.

[0004] Für den Einsatz in einer bestehenden Gebäudelüftungsanlage muss ein Elektrofilter verschiedene Anforderungen erfüllen. Darunter sind beispielsweise vorgegebene Abmessungen, damit der Elektrofilter einen Taschenfilter ersetzen kann, vorgegebene Luftvolumenströme und ein vorgegebener Filterabscheidegrad.

25 [0005] Aus der CH 702993 A1 ist ein Elektrofilter für die Reinigung eines Luftstroms bekannt, der eine Ionisationsstufe mit plattenförmigen Elektroden und zwischen diesen angeordneten, aus einem Draht bestehenden Elektroden aufweist. Die drahtförmigen Elektroden haben eine im Vergleich zu den ersten Elektroden stark gekrümmte Fläche und erzeugen in ihrer unmittelbaren Umgebung ein sehr starkes elektrisches Feld, wodurch Luftmoleküle ionisiert werden. Der Elektrofilter enthält weiter eine  
30 Kollektorstufe, um die ionisierten Partikel abzuscheiden. Ein Hochspannungsgenerator beaufschlagt die Ionisationsstufe und die Kollektorstufe mit voneinander unabhängigen Hochspannungen. Ein Stromsensor misst den zu den drahtförmigen Elektroden fliessenden Strom. Das Ausgangssignal des Stromsensors wird einem Regler zugeführt, der die Ionisationsspannung so regelt, dass der Strom einen vorgegebenen Grenzwert nicht überschreitet. Der Grenzwert ist so gewählt, dass die Ionisationsspannung

kleiner als die Durchschlagsspannung ist.

[0006] In der JP 2007-225246 A ist ein Luftreinigungsgerät beschrieben, das einen Elektrofilter mit einer Ionisationsstufe und einer Kollektorstufe umfasst. Ein Stromsensor misst den Strom, der von der Ionisationsstufe zur Erde zurückfließt. Der Elektrofilter enthält einen Hochspannungsgenerator für die Ionisationsstufe und einen Hochspannungsgenerator für die Kollektorstufe. Die an die Ionisationsstufe angelegte Spannung wird von einem Spannungsregler so eingestellt, dass der gemessene Strom einen vorbestimmten Wert hat oder in einem durch zwei Grenzwerte definierten Bereich liegt.

[0007] Aus der JP 2015-044134 A ist ein Elektrofilter mit einer Ionisationsstufe und einer Kollektorstufe bekannt, die von zwei Hochspannungsspeisegeräten mit Energie versorgt werden. Die Steuerelektronik umfasst zwei Stromsensoren, die in der Hin- und Rückleitung zu/von der Ionisationsstufe angeordnet sind, und einen Spannungsregler, der die Differenz der beiden gemessenen Ströme bildet und die an die Ionisationsstufe angelegte Spannung entsprechend dem gemessenen Differenzwert innerhalb eines vorgegebenen Bandes erhöht oder absenkt. Auf diese Weise kann Energie gespart werden, wenn wenig Staub aus der Luft herauszufiltern ist.

[0008] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Elektrofilter für Gebäudelüftungsanlagen zu entwickeln, der bei einem auf die Normbaugröße (B/H/T) 592 mm x 592 mm x 300 mm bezogenen Luftvolumenstrom von 3400 m<sup>3</sup>/h den Filterabscheidegrad E10 erreichen soll.

#### Kurze Beschreibung der Erfindung

[0009] Die Erfindung ist im Anspruch 1 gekennzeichnet. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0010] Die Erfindung betrifft das Netzteil und die Steuerelektronik eines solchen Elektrofilters, deren Konzeption die folgenden Erkenntnisse zugrunde liegen:

Der durch die Ionisationsstufe fließende Strom ist ein wichtiger Indikator für die Zuverlässigkeit der Ionisation der auszufilternden Partikel. Wenn trotz anliegender Gleichhochspannung kein oder ein zu kleiner Strom durch die Ionisationsstufe fließt, dann findet keine oder keine ausreichende Ionisation statt. Dies hat zur Folge, dass der Elektrofilter die Luft nicht mehr oder nur unzureichend reinigt.

Beim Betrieb des Elektrofilters mit dem maximalen Luftvolumenstrom von 3400 m<sup>3</sup>/h muss die an die Kollektorstufe angelegte Gleichhochspannung auf Werte im Bereich von 5.5 bis 6 kV erhöht werden, damit der geforderte Filterabscheidegrad E10 erreicht werden kann.

Durch die Kollektorstufe fließt normalerweise praktisch kein Strom, d.h. der Strom liegt im Bereich von höchstens einigen Mikroampere. Wenn jedoch die Gleichhochspannung einen Schwellenwert übersteigt, der bei dem vorliegenden Elektrofilter etwas oberhalb von 5 kV liegt, steigt

der Strom an und erreicht relativ schnell Werte im Milliamperebereich.

Ein Hochspannungsspeisegerät der oben beschriebenen Art, bei dem eine Kaskade von Spannungsverdopplern vorhanden ist, an denen sowohl die Gleichhochspannung für die Ionisationsstufe als auch die Gleichhochspannung für die Kollektorstufe abgegriffen werden, verliert die Kontrolle über die an die Ionisationsstufe angelegte Gleichhochspannung, wenn der durch die Kollektorstufe fließende Strom im Milliamperebereich liegt. D.h. die Gleichhochspannung für die Ionisationsstufe ist dann nicht mehr stabil.

**[0011]** Eine spezifische Aufgabe der Erfindung ist deshalb, eine Energieversorgung und Steuerelektronik für den Betrieb des Elektrofilters zu entwickeln, die diese Erkenntnisse berücksichtigen. Darüber hinaus soll der Elektrofilter möglichst wenig Ozon erzeugen und wenig Energie verbrauchen.

**[0012]** Erfindungsgemäss umfasst das Netzteil, das die Energieversorgung der Steuerelektronik, der Ionisationsstufe und der Kollektorstufe mit anderen Spannungen als die vom Stromnetz bereitgestellte Spannung besorgt, ein erstes Hochspannungsspeisegerät zur Versorgung der Ionisationsstufe mit einer ersten Gleichhochspannung und ein zweites Hochspannungsspeisegerät zur Versorgung der Kollektorstufe mit einer zweiten Gleichhochspannung. Dies ermöglicht den Betrieb der Kollektorstufe mit einer Gleichhochspannung, bei der ein Strom im Milliamperebereich fließen kann, ohne dass die Gleichhochspannung der Ionisationsstufe instabil wird. Das erste Hochspannungsspeisegerät umfasst weiter einen Stromsensor und einen Spannungsregler, wobei der Stromsensor den durch die Ionisationsstufe fließenden Ionisationsstrom misst und der Spannungsregler dafür sorgt, dass sich die erste Gleichhochspannung derart einstellt, dass der gemessene Ionisationsstrom einen vorgegebenen Wert erreicht. Die Ionisationsstufe wird somit stromgesteuert betrieben, d.h. die Ionisationsstufe wird mit einem vorgebbaren Gleichstrom beaufschlagt.

**[0013]** Zudem ist der Elektrofilter bevorzugt geerdet, d.h. er weist einen mit Erde verbindbaren Anschluss auf, und die Ionisationsstufe und die Kollektorstufe enthalten Elektroden, die mit dem mit Erde verbindbaren Anschluss verbunden sind.

**[0014]** Die Steuerelektronik ist zudem mit Vorteil eingerichtet, um

- a) den durch die Ionisationsstufe fließenden Gleichstrom und die an die Kollektorstufe angelegte zweite Gleichhochspannung entsprechend dem durch den Elektrofilter strömenden Luftvolumenstrom einzustellen, d. h. den Gleichstrom und die zweite Gleichhochspannung zu reduzieren, wenn der Luftvolumenstrom geringer wird, bzw. zu erhöhen, wenn der Luftvolumenstrom grösser wird, und
- b) den durch die Kollektorstufe fließenden Gleichstrom zu überwachen, und ein Alarmsignal oder Fehlersignal abzugeben, wenn der Gleichstrom ausserhalb eines vorgegebenen Intervalls liegt.

**[0015]** Die Realisierung dieser zwei Punkte erfolgt wie folgt:

- a) Die Steuerelektronik enthält einen Steuereingang für den Erhalt wenigstens eines Steuersignals und ist eingerichtet, den für die Ionisationsstufe vorzugebenden Gleichstrom und die an die Kollektorstufe anzulegende zweite Gleichhochspannung entsprechend dem Wert des wenigstens einen Steuersignals einzustellen.
- 5 b) Das zweite Hochspannungsspeisegerät umfasst einen Stromsensor, der den durch die Kollektorstufe fließenden Gleichstrom misst, und die Steuerelektronik ist eingerichtet, ein Alarmsignal oder Fehlersignal abzugeben, wenn der Gleichstrom einen vorbestimmten Mindestwert unterschreitet und/oder einen vorbestimmten Maximalwert überschreitet.

[0016] Damit die beiden Gleichströme mittels eines sogenannten Shunts auf der Niederspannungsseite der Hochspannungsspeisegeräte gemessen werden können, sind die beiden Hochspannungsspeisegeräte eingangsseitig sowohl vom Netzanschluss (und damit von Erde) als auch voneinander galvanisch getrennt. Dies erfolgt durch galvanische Trennglieder.

10

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert.

15

#### Beschreibung der Figuren

Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild der Energieversorgung und Steuerelektronik eines Elektrofilters gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel, und

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild der Energieversorgung und Steuerelektronik eines Elektrofilters gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

20

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0018] Die Fig. 1 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemässen Netzteils für die Energieversorgung der Hochspannungsstufen und der Steuerelektronik 1 eines Elektrofilters 2 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Der Elektrofilter 2 umfasst eine Ionisationsstufe 3 und, bei diesem Beispiel, eine einzige Kollektorstufe 4. Das Netzteil umfasst bevorzugt ein Leistungsnetzteil für die Energieversorgung der Ionisationsstufe 3 und der Kollektorstufe 4 und ein davon getrenntes Steuerungsnetzteil für die Energieversorgung der Steuerelektronik 1. Das Netzteil umfasst deshalb insgesamt zwei Kleinspannungsnetzteile 5 und 6 und zwei Hochspannungsspeisegeräte 7 und 8.

25

[0019] Das Leistungsnetzteil umfasst das erste Kleinspannungsnetzteil 5, das die am Netzanschluss 9 anliegende Netzwechselspannung in eine Niedervolt-Gleichspannung umwandelt, beispielsweise in eine Gleichspannung von 24 V, sowie zwei daran angeschlossene Hochspannungsspeisegeräte 7, 8. Das erste Hochspannungsspeisegerät 7 dient der Versorgung der Ionisationsstufe 3 mit einer ersten Gleichhochspannung und das zweite Hochspannungsspeisegerät 8 dient der Versorgung der Kollektorstufe 4 mit einer zweiten Gleichhochspannung.

30

- [0020] Die Verwendung von zwei Hochspannungsspeisegeräten 7, 8 ermöglicht es einerseits, die Ionisationsstufe 3 und die Kollektorstufe 4 unabhängig voneinander zu betreiben und damit den Betrieb beider Stufen einzeln zu optimieren. Insbesondere wird es dadurch möglich, die Kollektorstufe 4 (auch bei einer derart hohen Gleichhochspannung zu betreiben, bei der ein Kollektorstrom im Milliamperereich fließt, ohne dass dadurch die an die Ionisationsstufe 3 angelegte Gleichhochspannung beeinflusst wird.
- [0021] Das Steuerungsnetzteil umfasst das zweite Kleinspannungsnetzteil 6, das die am Netzanschluss 10 anliegende Netzspannung ebenfalls in eine Niedervolt-Gleichspannung umwandelt, beispielsweise in eine Gleichspannung von 12 V.
- [0022] Die getrennte Versorgung der Steuerelektronik 1 und der Leistungselektronik des Elektrofilters 2 ermöglicht es, dass Anzeigeelemente der Steuerelektronik 1, die Auskunft über den Status des Elektrofilters 2 geben, wie z.B. LEDs, auch dann leuchten, wenn die Leistungselektronik vom Stromnetz getrennt ist. Prüf- und Wartungsarbeiten an der Steuerelektronik 1 wie auch am Elektrofilter 2 können bei eingeschalteter Stromversorgung der Steuerelektronik 1 jederzeit ohne Gefährdung der Bedienperson durchgeführt werden.
- [0023] Die Ionisationsstufe 3 und die Kollektorstufe 4 des Elektrofilters 2 enthalten Elektroden, in der Regel plattenförmige Elektroden, die vorzugsweise geerdet sind. Die beiden Kleinspannungsnetzteile 5 und 6 enthalten je ein galvanisches Trennglied 14 bzw. 15, das die Ausgangsseite galvanisch von der Eingangsseite trennt. Sie sind beispielsweise Trafonetzteile, deren Transformator ein galvanisches Trennglied ist. Die beiden Hochspannungsspeisegeräte 7, 8 sind somit galvanisch vom Netzanschluss 9 bzw. 10 getrennt. Die Hochspannungsspeisegeräte 7, 8 enthalten einen Spannungsregler 11 bzw. 12 und einen nachgeschalteten Spannungsverstärker 13 für die Erzeugung der ersten bzw. zweiten Gleichhochspannung. Der Spannungsverstärker 13 besteht beispielsweise aus einer Kaskade von Spannungsverdopplern.
- [0024] Der Betrieb der Ionisationsstufe 3 erfolgt bevorzugt stromgesteuert, d.h. die von dem ersten Hochspannungsspeisegerät 7 erzeugte erste Gleichhochspannung wird so eingestellt, dass der durch die Ionisationsstufe 3 fließende Ionisationsstrom (ein Gleichstrom) einen vorbestimmten Wert annimmt. Das erste Hochspannungsspeisegerät 7 umfasst dazu einen Stromsensor, der den durch die Ionisationsstufe 3 fließenden Ionisationsstrom misst und dessen Ausgangssignal dem Spannungsregler 11 zugeführt wird. Der Spannungsregler 11 regelt die an den nachfolgenden Spannungsverstärker 13 abgegebene Gleichspannung so, dass die erste Gleichhochspannung sich so einstellt, dass der gemessene Ionisationsstrom den vorgegebenen Wert annimmt. Der Ionisationsstrom kann entweder in der Zuleitung gemessen werden, in der er vom ersten Hochspannungsspeisegerät 7 zu der Ionisationselektrode der Ionisationsstufe 3 fließt, oder in der Rückleitung, in der der Ionisationsstrom von Erde (da die

entsprechenden Elektroden des Elektrofilters 2 geerdet sind) zum Hochspannungsspeisegerät 7 zurück fließt. Da die Ionisationselektrode mit einer sehr hohen Gleichhochspannung von mehreren Kilovolt beaufschlagt wird, ist die Messung des Ionisationsstroms in der Rückleitung viel einfacher. Wie aus der Fig. 1 ersichtlich ist, verlaufen die Rückleitungen von dem geerdeten Anschluss des Elektrofilters 2 zu den beiden Hochspannungsspeisegeräten 7 und 8 zunächst gemeinsam und verzweigen dann. Die Messung des zum ersten Hochspannungsspeisegerät 7 zurück fließenden Ionisationsstroms kann mithilfe eines Shunts 16 (ohmscher Widerstand) erfolgen, der im ersten Hochspannungsspeisegerät 7 in der Rückleitung nach der Verzweigung angebracht ist. Die an dem Shunt 16 abfallende Spannung wird gemessen und als Stromwert dem Spannungsregler 11 zugeführt, der den gemessenen Stromwert mit einem vorgegebenen Sollwert vergleicht und daraus die Steuerspannung für den nachfolgenden Spannungsverstärker bildet. Dazu ist es jedoch nötig, dass der Stromkreis für den Ionisationsstrom "schwimmend" ist, d.h. es darf keinen anderen Strompfad geben, auf dem Strom von Erde zur Ionisationselektrode der Ionisationsstufe 3 fließen kann. Dies wird dadurch erreicht, dass das erste Hochspannungsspeisegerät 7 sowohl von den beiden Netzanschlüssen 9 und 10 (weil die Ausgänge der beiden Kleinspannungsnetzteile 5 und 6 galvanisch vom Netzanschluss 9 bzw. 10 getrennt sind) als auch vom zweiten Hochspannungsspeisegerät 8 galvanisch getrennt ist. Die galvanische Trennung der beiden Hochspannungsspeisegeräte 7 und 8 erfolgt durch ein galvanisches Trennglied 17.

**[0025]** Die Steuerung des Elektrofilters 2 erfolgt bevorzugt leistungsabhängig. Der Elektrofilter 2 ist spezifiziert für einen bestimmten Filterabscheidegrad, zum Beispiel den Filterabscheidegrad E10, und für einen maximalen Luftvolumenstrom, bei dem der spezifizierte Filterabscheidegrad noch erreicht wird. Je geringer der Luftvolumenstrom ist, desto geringer ist die Strömungsgeschwindigkeit der Luft und desto länger ist die Verweilzeit der ionisierten Partikel im Elektrofilter 2. Die an die Kollektorstufe 4 angelegte zweite Gleichhochspannung erzeugt in der Kollektorstufe 4 eine elektrische Feldstärke, die als elektrische Kraft auf die ionisierten Partikel einwirkt und diese beschleunigt und damit bewirkt, dass die ionisierten Partikel an den Elektroden abgeschieden werden. Je länger die Verweilzeit der ionisierten Partikel in der Kollektorstufe 4 ist, desto geringer darf die elektrische Feldstärke und damit auch die zweite Gleichhochspannung sein.

**[0026]** Die Steuerelektronik ist deshalb bevorzugt eingerichtet, die an die Kollektorstufe 4 anzulegende zweite Gleichhochspannung entsprechend dem tatsächlichen Luftvolumenstrom einzustellen. In der Regel kann auch der Ionisationsstrom reduziert werden, wenn der Luftvolumenstrom abnimmt. Die Steuerelektronik ist deshalb bevorzugt auch eingerichtet, den Ionisationsstrom entsprechend dem tatsächlichen Luftvolumenstrom einzustellen. Für diesen Zweck enthält die Steuerelektronik einen Steuereingang für den Erhalt eines oder mehrerer Steuersignale und Mittel (Hardware und/oder Software), um den Ionisationsstrom und die zweite Gleichhochspannung entsprechend dem oder den Steuersignalen einzustellen.

[0027] Das zweite Hochspannungsspeisegerät 8 umfasst zudem mit Vorteil einen zweiten Stromsensor, ebenfalls in Form eines Shunts 18, der den durch die Kollektorstufe 4 fliessenden Kollektorstrom (ein Gleichstrom) misst, und die Steuerelektronik 1 ist eingerichtet, ein Alarmsignal oder Fehlersignal anzuzeigen oder abzugeben, wenn der gemessene Kollektorstrom einen vorbestimmten Maximalstrom übersteigt.

[0028] Die Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemässen Netzteils für die Energieversorgung der Hochspannungsspeisegeräte 7 und 8 und der Steuerelektronik 1 eines Elektrofilters 2 gemäss einem zweiten Ausführungsbeispiel. Das Leistungsnetzteil umfasst hier zwei Kleinspannungsnetzteile 5 und 5B, die je ein galvanisches Trennglied 14 bzw. Trennglied 14B enthalten. Auch bei dieser Ausführung sind die Hochspannungsspeisegeräte 7 und 8 sowohl vom Stromnetz als auch voneinander galvanisch getrennt.

[0029] Während Ausführungsformen dieser Erfindung gezeigt und beschrieben wurden, ist es für den Fachmann ersichtlich, dass mehr Modifikationen als oben erwähnt möglich sind, ohne von dem erfinderischen Konzept abzuweichen. Die Erfindung ist daher nur durch die Ansprüche beschränkt.