



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.04.2021 Patentblatt 2021/16**

(51) Int Cl.:  
**F24C 15/20<sup>(2006.01)</sup> B01D 35/143<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **20182294.7**

(22) Anmeldetag: **25.06.2020**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(71) Anmelder: **Naber Holding GmbH & Co. KG**  
**48529 Nordhorn (DE)**

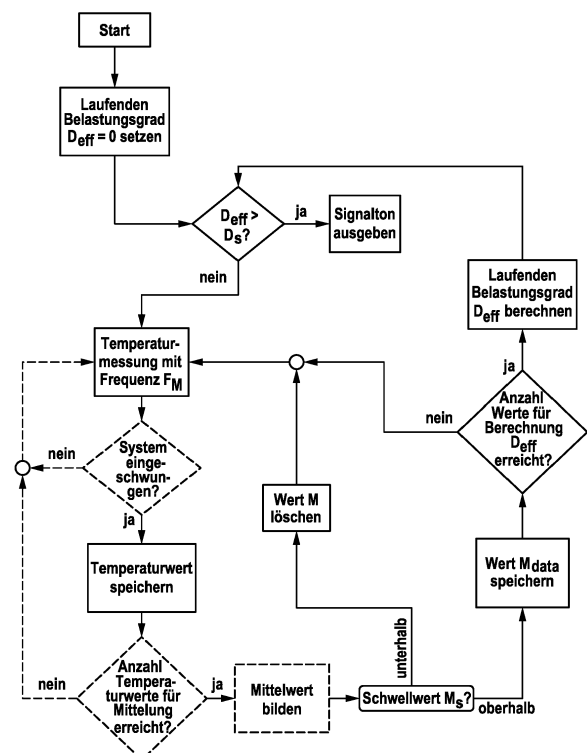
(72) Erfinder: **Naber, Hans-Joachim**  
**48527 Nordhorn (DE)**

(74) Vertreter: **Angerhausen, Christoph**  
**Boehmert & Boehmert**  
**Anwaltspartnerschaft mbB**  
**Pettenkoferstrasse 22**  
**80336 München (DE)**

(30) Priorität: **12.09.2019 DE 102019124548**

(54) **VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG EINES FILTERWECHSELZEITPUNKTS EINES FILTERSUBSTRATS EINES DUNSTABZUGSYSTEMS, FILTERBOX UND ANORDNUNG MINDESTENS ZWEIER FLUIDISCH MITEINANDER VERBUNDENER FILTERBOXEN**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Filterwechselzeitpunkts eines Filtersubstrats eines Dunstabzugsystems, wobei das Filtersubstrat von einem zu filternden Fluid durchströmt wird, mit den Schritten: Erfassen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts und hinterlegen des kennzeichnenden Werts in einem Datenspeicher, falls ein Schwellwert überschritten ist; Durchführen einer Klasseneinteilung der abgespeicherten Werte und Bestimmen einer Anzahl abgespeicherter Werte jeder Klasse, wobei entweder die Klassen mit einer Summenkurve der Häufigkeit der abgespeicherten Messwerte Werte eingeteilt werden und die Summenkurve aus den abgespeicherten Messwerten Werten erstellt wird, oder die Klassen durch Bestimmung den Klassen entsprechenden Spannweiten eingeteilt werden, wobei die Spannweiten mittels eines maximalen und minimalen Werts der abgespeicherten Werte ermittelt werden; Bestimmen einer gewichteten Anzahl Werte durch Gewichtung der Anzahl der abgespeicherten Werte pro Klasse mit klassenspezifischen Gewichtungsfaktoren; Bestimmen eines laufenden Belastungsgrads mittels der gewichteten Anzahl Messwerte und Überprüfen, ob der laufende Belastungsgrad einen Grenzwert überschreitet. Die Erfindung beschreibt auch eine entsprechende Filterbox sowie eine Anordnung mindestens zweier fluidisch miteinander verbundener Filterboxen.



**Fig. 3**

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung eines Filterwechselzeitpunkts eines Filtersubstrats eines Dunstabzugsystems, wobei das Filtersubstrat von einem zu filternden Fluid durchströmt wird. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Filterbox eines Dunstabzugssystems sowie eine Anordnung mindestens zweier fluidisch miteinander verbundener Filterboxen.

**[0002]** Filterboxen werden vielfach zur Reinigung oder Behandlung von Fluiden wie Gasen oder Flüssigkeiten eingesetzt. Beispielhaft werden Filterboxen in Dunstabzugssystemen in Küchen verwendet, um die in den Wrasen enthaltenen Geruchsmoleküle abzuscheiden. Mit zunehmender Einsatzdauer des Filtersubstrats kann der Filterwirkungsgrad abnehmen und/oder der Druckverlust über das Filtersubstrat zunehmen. Das Filtersubstrat muss daher nach einer gewissen Benutzungsdauer ausgetauscht werden.

**[0003]** Eine Vorrichtung zur Bestimmung eines Filterwechselzeitpunkts ist beispielhaft aus der US 4,050,291 A bekannt, die eine Bestimmung eines Filterzustands basierend auf Messungen des Druckverlusts über ein Filtersubstrat lehrt.

**[0004]** Die US 5,668,535 A lehrt einen Filterzustandssensor, bei dem ein beheizter Thermistor in einem Filterbypass angeordnet und ein Leuchtmelder mit dem Thermistor in Reihe geschaltet ist. Je mehr Material sich am Filtersubstrat ansammelt, desto mehr Fluid strömt durch den Bypass und desto stärker kühlt sich der Thermistor ab. Damit verringert sich dessen elektrischer Widerstand und ein in Reihe geschaltete Leuchtmelder leuchtet auf.

**[0005]** Die WO 2006/077190 A1 und die WO 2007/125003 A1 lehren Betriebsstundenzähler, d.h. Vorrichtungen zum Erfassen der Dauer der Filterdurchströmung. Nach Überschreiten eines Schwellwerts wird ein Signal ausgegeben, das einen Filterwechselzeitpunkt anzeigt. Nachteilig ist, dass ein Zählen der Betriebsstunden die tatsächliche Filterbelastung nur ungenau angeben kann. So kann das Volumen des das Filtersubstrat durchströmenden Fluids für unterschiedliche Betriebsstunden stark unterschiedlich sein, z.B. wenn die Abzugsgeschwindigkeit einer Dunstabzugshaube einstellbar ist.

**[0006]** Dem erfindungsgemäßen Verfahren liegt deshalb die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zur Bestimmung eines Filterwechselzeitpunkts eines Filtersubstrats in einer Filterbox bereitzustellen, das den Filterwechselzeitpunkt auch bei unterschiedlichen Volumen- bzw. Strömungsgeschwindigkeiten genau angibt und damit eine effizientere Ausnutzung des Filtersubstrats erlaubt.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Der nebengeordnete Anspruch 9 betrifft eine entsprechende Filterbox und der nebengeordnete Anspruch 15 eine entsprechend Anordnung aus mindestens zwei Filterboxen. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind jeweils in den Unteransprüchen dargelegt.

**[0008]** Demgemäß weist das Verfahren die Schritte auf:

a. Erfassen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts und Hinterlegen des kennzeichnenden Werts in einem Datenspeicher abgespeicherter Werte in festgelegten Zeitintervallen, beispielsweise mit einer Frequenz von 1/min, falls ein Schwellwert überschritten ist;

b. Durchführen einer Klasseneinteilung der abgespeicherten Werte nach Häufigkeit der abgespeicherten Werte und zu festgelegten Auswertungszeitpunkten in mindestens zwei Klassen und Bestimmen einer Anzahl abgespeicherter Werte jeder Klasse, wobei entweder

i. die Klassen mit einer Summenkurve der Häufigkeit der abgespeicherten Messwerte eingeteilt werden und die Summenkurve aus den abgespeicherten Werten erstellt wird, oder

ii. die Klassen durch Bestimmung der Klassen entsprechender Spannweiten eingeteilt werden, wobei die Spannweiten mittels eines maximalen und eines minimalen Werts der abgespeicherten Werte ermittelt werden, wobei bevorzugt eine gleitende Klasseneinteilung vorgenommen wird, wodurch ein verschmutztes Filtersubstrat (=weniger Volumenstrom) berücksichtigt werden kann;

c. Bestimmen einer gewichteten Anzahl Werte durch Gewichtung der Anzahl der abgespeicherten Werte pro Klasse mit klassenspezifischen Gewichtungsfaktoren;

d. Bestimmen eines laufenden Belastungsgrads des Filtersubstrats mittels der gewichteten Anzahl Werte;

e. Überprüfen, ob der laufende Belastungsgrad einen Grenzwert überschreitet; und

f. Ausgeben eines Signals zur Anzeige des Filterwechselzeitpunkts, falls der laufende Belastungsgrad den Grenzwert überschreitet.

**[0009]** Bei Überschreitung des Grenzwerts des laufenden Belastungsgrads kann ein Signal zur Anzeige bzw. Signalisierung des Filterwechselzeitpunkts ausgegeben werden. In einer Ausführungsform kann der laufende Belastungsgrad durch Summation des laufenden Belastungsgrads und der gewichteten Anzahl Messwerte bestimmt werden. Besonders bevorzugt können die abgespeicherten Werte in drei Klassen eingeteilt werden. Es sind aber auch beliebig viele Klassen denkbar.

**[0010]** Mit dem Begriff "Erfassen" kann ein Messen von Größen, z.B. eine Messung fluktuierender und/oder instantan gemessener Größen, gemeint sein. Der Begriff "Erfassen" kann aber auch eine zeitliche Mittelung derselben, zu unterschiedlichen Zeitpunkten gemessener Größe, umfassen. Es kann auch vorgesehen sein, dass mit "Erfassen" eine Transformation, eine Umrechnung, ein Mapping oder eine Abbildung z.B. mittels einer geeigneten Formel oder eine Kombination einer oder mehrerer gemessener Größen zum gleichen, zu unterschiedlichen und/oder mehreren Zeitpunkten umfasst.

**[0011]** Die bei dem Erfassen des Werts der den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werte können entweder

- a. gemessene, die Strömungsgeschwindigkeit einer das Filtersubstrat durchströmenden Fluids kennzeichnenden Messwerte, vorzugsweise Temperaturwerte, Widerstandswerte und/oder Spannungswerte, oder gemessene flüchtige organische Verbindungen, oder
- b. zeitlichen Mittelwerten gemessener, die Strömungsgeschwindigkeit eines das Filtersubstrat durchströmenden Fluids kennzeichnende Messwerte, vorzugsweise Temperaturwerte, Widerstandswerte und/oder Spannungswerte, oder zeitliche Mittelwerte gemessener flüchtiger organischer Verbindungen

entsprechen oder aufweisen.

**[0012]** Der kennzeichnende Wert kann ein momentaner (bzw. instantaner) Wert oder ein Mittelwert sein oder aufweisen. Ein Messen eines zeitlichen Mittelwerts kann dabei ein Messen instantaner Werte und anschließende Mittelwertbildung der gemessenen instantanen Werte umfassen. Die Mittelwertbildung kann überlappend oder gleitend oder für jeweils verschiedene Zeitintervalle durchgeführt werden. Sind beispielsweise 120 instantane Werte (zu unterschiedlichen Zeitpunkten) gemessen worden, so kann ein erster Mittelwert (d.h. ein erster den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Wert) die aus dem 1. bis 60. instantanen Wert und ein zweiter Mittelwert (d.h. ein zweiter den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Wert) aus dem 30. bis 90. instantanen Wert gebildet werden. Es kann aber auch vorgesehen sein, den ersten Mittelwert aus dem 1. bis 60. instantanen Wert und den zweiten Mittelwert aus dem 61. bis 120. instantanen Wert zu bilden. Die Bestimmung des Mittelwerts kann vorzugsweise arithmetisch, aber auch geometrisch, harmonisch, gewichtet, logarithmisch, exponentiell oder in sonstiger geeigneter Form erfolgen. Der Schwellwert  $M_s$  kann mit einem instantan gemessenen Wert verglichen werden. Auch wenn der kennzeichnende Wert ein Mittelwert ist oder aufweist, kann vorgesehen sein, den Schwellwert  $M_s$  mit dem in die Berechnung des Mittelwerts einfließenden, instantan gemessenen Wert zu vergleichen. Damit kann sichergestellt werden, dass alle in den Mittelwert einfließenden Werte größer als der Schwellwert  $M_s$  sind. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der Mittelwert mit dem Schwellwert  $M_s$  verglichen wird.

**[0013]** Werden die Klassen durch Bestimmung entsprechender Spannweiten eingeteilt, so kann die Klasseneinteilung der abgelegten kennzeichnenden Werte die folgenden Schritte aufweisen:

- a. Ermitteln des maximalen und des minimalen Werts der abgelegten Werte;
- b. Berechnung einer Gesamtspannweite durch Subtraktion des minimalen Werts von dem maximalen Wert;
- c. Unterteilung der Gesamtspannweite in den jeweiligen Klassen entsprechenden Spannweiten.

**[0014]** Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass sich die jeweiligen Spannweiten nicht überlappen. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass einige oder alle der Spannweiten mit mindestens einer anderen Spannweite überlappen. Bevorzugt kann die Gesamtspannweite lückenlos in die jeweiligen Spannweiten unterteilt werden.

**[0015]** Bei der Klasseneinteilung mittels Spannweiten können die abgespeicherten kennzeichnenden Werte bevorzugt in drei Klassen eingeteilt werden, wobei der Schritt der Unterteilung der Gesamtspannweite die folgenden Schritte aufweisen kann:

- a. Unterteilung der Gesamtspannweite in eine der ersten Klasse entsprechenden erste Spannweite, wobei die erste Spannweite ein Intervall [minimaler Wert; minimaler Wert +  $d_1$  \* Gesamtspannweite) aufweist, wobei vorzugsweise  $d_1$  einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweist und/oder der Gewichtungsfaktor der ersten Klasse vorzugsweise einen Wert im Bereich 0,2 - 0,6 aufweist;

b. Unterteilung der Gesamtspannweite in eine der zweiten Klasse entsprechenden zweiten Spannweite, wobei die zweite Spannweite ein Intervall [minimaler Wert +  $d_1$  \* Gesamtspannweite; maximaler Wert -  $d_2$  \* Gesamtspannweite] aufweist, wobei vorzugsweise  $d_2$  und  $d_3$  jeweils einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweisen und/oder der der Gewichtungsfaktor der zweiten Klasse vorzugsweise einen Wert im Bereich 0,8 - 1,2 aufweist;

c. Unterteilung der Gesamtspannweite in eine der dritten Klasse entsprechenden dritten Spannweite, wobei die dritte Spannweite ein Intervall (maximaler Wert -  $d_4$  \* Gesamtspannweite; maximaler Wert] aufweist, wobei vorzugsweise  $d_4$  einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweist und/oder der Gewichtungsfaktor der dritten Klasse vorzugsweise einen Wert im Bereich 1,3 - 1,7 aufweist.

**[0016]** Bevorzugt können die Werte von  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  und  $d_4$  derart gewählt sein, dass sich weder die jeweiligen Spannweiten (und damit Klassen) überlappen, noch dass sich weitere Intervalle zwischen den jeweiligen Spannweiten ergeben. In anderen Worten kann bevorzugt die Gesamtspannweite lückenlos und eindeutig in die jeweiligen Spannweiten aufgeteilt werden.

**[0017]** Zur Durchführung des Verfahrens kann jeder Sensor geeignet sein, der eine für die Strömungsgeschwindigkeit charakteristische Größe messen kann. In einer bevorzugten Ausführungsform können die die Strömungsgeschwindigkeit eines das Filtersubstrats durchströmenden Fluids kennzeichnenden Werte durch ein thermisches Anemometer gemessen werden, wobei das thermische Anemometer im Constant-Current Verfahren oder im Constant-Temperature Verfahren betrieben werden kann. Das Anemometer kann auch im Constant-Voltage Verfahren betrieben werden. Bevorzugt kann das thermische Anemometer eine Sonde aufweisen. Die Sonde kann einen Heißdraht oder einen Heißfilm aufweisen. Das erfindungsgemäße Verfahren ist aber auch mit Sensoren ausführbar, die die Strömungsgeschwindigkeit auf andere Art z.B. thermisch, optisch, mechanisch, akustisch oder auf sonstige Weise messen. Es kann aber auch vorgesehen sein, flüchtige organische Verbindungen (VOC) oder zeitliche Mittelwerte gemessener VOC als die den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werte mittels einem oder mehreren geeigneten Sensoren zu messen bzw. zu erfassen.

**[0018]** Bevorzugt weist das Messen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts das Messen einer an einem Sensor abfallenden Spannung und das Messen einer an einem Vergleichssensor abfallenden Spannung auf, wobei der kennzeichnende Wert unter Bilden einer Differenz der gemessenen Spannungen bestimmt wird. Es kann vorgesehen sein, dass der kennzeichnende Wert der Differenz der gemessenen Spannungen entspricht. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass der kennzeichnende Wert einem Mittelwert mehrerer Differenzen der gemessenen Spannungen entspricht. Ebenso alternativ kann die Auswertung auch über eine Auswertung des Signalgradienten erfolgen.

**[0019]** Bevorzugt kann der Vergleichssensor in einem nicht von dem Fluid durchströmten Bereich der Filterbox angeordnet sein. Damit kann durch Bilden der Differenz der an dem Sensor und dem Vergleichssensor abfallenden Spannungen der Einfluss der Umgebungstemperatur ermittelt und gegebenenfalls herausgerechnet werden. Besonders bevorzugt können der Vergleichssensor und der Sensor baugleich sein, d.h. können insbesondere die gleichen Dimensionen und gleichen Materialien aufweisen. Es kann auch mehr als ein Sensor und/oder Vergleichssensor vorgesehen sein. Insbesondere kann damit selbst bei Ausfall eines Sensors oder ggf. mehrerer Sensoren eine Messung der Durchströmungsgeschwindigkeit oder einer die Durchströmungsgeschwindigkeit kennzeichnenden Größe sichergestellt sein.

**[0020]** Vorteilhafterweise kann nach Überschreiten des Schwellwerts erst nach Ablauf einer Wartezeit der den Belastungsgrad eines Filtersubstrats kennzeichnende Wert hinterlegt werden, wobei die Wartezeit bevorzugt mindestens 100 Sekunden, besonders bevorzugt mindestens 120 Sekunden betragen kann. Da sich bei einer Änderung der Überströmung des Sensors die Temperatur des Sensors in der Regel nicht sofort, sondern über einen gewissen Zeitraum ändert, d.h. erst nach einiger Zeit asymptotisch einen Gleichgewichtszustand erreicht, kann die Messgenauigkeit erhöht werden. Damit kann der in dem Datenspeicher hinterlegte bzw. abgespeicherte Wert in guter Näherung dem sich im Gleichgewichtszustand einstellenden Wert der gemessenen Größe entsprechen. Als vorteilhaft hat sich eine Wartezeit von mindestens 120 Sekunden erwiesen. Weiterhin kann vorgesehen sein, nach Erreichen der Wartezeit nochmals ein Überschreiten des Schwellwerts zu überprüfen und nur dann den kennzeichnenden Wert in dem Datenspeicher zu hinterlegen, wenn der Schwellwert überschritten ist. Damit kann sichergestellt werden, dass nur solche Werte erfasst werden, die den Schwellwert überschreiten. Insbesondere kann es vorteilhaft sein, kennzeichnende Werte nicht sofort nach dem Erkennen einer Strömung, z.B. nach einem Anschalten einer Dunstabzugshaube, zu hinterlegen, um falsche Werte aufgrund des Anlaufens der Dunstabzugshaube zu vermeiden und damit die tatsächliche Filterbelastung genauer ermitteln zu können.

**[0021]** Es kann auch vorgesehen sein, die Wartezeit auf die Frequenz, mit der Werte hinterlegt bzw. abgespeichert werden, oder eine erwartete ununterbrochene Filterdurchströmungsdauer anzupassen. Insbesondere bei sehr kurzen Durchströmungsdauern in Kombination mit langen Zeitintervallen einer Nicht-Durchströmung kann eine Verkürzung der Wartezeit vorteilhaft sein. Gleichmaßen kann bei einer langen Durchströmungsdauer, unterbrochen von kurzen Intervallen der Nicht-Durchströmung, eine längere Wartezeit vorgesehen sein. Es kann auch vorgesehen sein, eine Warte-

dauer vor dem Hinterlegen eines Werts vorzusehen, wenn sich der kennzeichnende Wert, z.B. die gemessene Spannung oder deren Differenz, stark ändert, beispielsweise wenn sie sich zwischen zwei Messzeitpunkten um mehr als 20 % ändert.

**[0022]** Eine Wartedauer vor dem Hinterlegen eines Werts kann auch dann vorgesehen sein, wenn eine Änderung der Strömung, insbesondere der Strömungsgeschwindigkeit, durch einen Benutzer oder einen Regler ausgelöst wird, beispielsweise wenn ein Benutzer den Betriebszustand z.B. einer Dunstabzugshaube ändert bzw. eine Änderung vorgibt.

**[0023]** Bevorzugt kann zu jedem festgelegten Auswertungszeitpunkt eine neue Klasseneinteilung der seit einem vorherigen Auswertungszeitpunkt abgespeicherten Werte durchgeführt werden wobei nach einer Summation der laufenden effektiven Durchströmung und der gewichteten Anzahl Werte die abgespeicherten Werte, die gewichtete Anzahl Werte und/oder die Klasseneinteilung gelöscht werden kann. Damit kann ein Drift der Daten in den Klassen vermieden werden, z. B. bei zunehmender Verschmutzung des Filtersubstrats oder bei Säuberung desselben.

**[0024]** Bevorzugt kann nach Betätigung eines Zurücksetzelements der laufende Belastungsgrad auf Null gesetzt werden. Insbesondere ist es vorteilhaft, den laufenden Belastungsgrad nach einem Filterwechsel zurückzusetzen. Alternativ ist auch denkbar, anstelle einer Zurücksetzung des laufenden Belastungsgrads auf Null eine Erhöhung des Grenzwerts vorzusehen, so dass nach Erreichen des erhöhten Grenzwerts ein Wechseln des Filtersubstrats angezeigt wird. Der Filternutzungsgrad bzw. die Absorptionsmenge kann sich mit der Anzahl der Regenerationen des Filters ändern. Die Abnahme des Filternutzungsgrads kann linear oder exponentiell sein.

**[0025]** Vorteilhafterweise werden bei Betätigung des Zurücksetzelements auch die Klasseneinteilung, die gewichtete Anzahl Werte sowie die abgespeicherten Werte gelöscht. Es kann auch vorgesehen sein, dass bei Trennen einer Stromversorgung der Datenspeicher teilweise oder vollständig gelöscht wird.

**[0026]** Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird eine Filterbox zur Durchführung des Verfahrens beschrieben, die mindestens eine Einlassöffnung und mindestens eine Auslassöffnung zum Durchströmen der Filterbox mit einem Fluid aufweist, wobei die Filterbox mindestens ein von dem Fluid durchströmtes Filtersubstrat und eine Messeinheit mit einem Sensor zum Erfassen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts aufweist, wobei der Sensor mit einem Computersystem, bevorzugt einem Mikrocontroller, kommunikativ verbunden ist, wobei die Filterbox mindestens eine mit dem Computersystem verbundene Filterwechselanzeige zum Ausgeben eines Signals zum Anzeigen eines Filterwechselzeitpunkts aufweist, wobei das Computersystem einen Datenspeicher zum Hinterlegen der gemessenen Messwerte aufweist und dazu eingerichtet ist, einen laufenden Belastungsgrad nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu bestimmen und gegebenenfalls ein Signal zur Anzeige des Filterwechselzeitpunkts auszugeben.

**[0027]** Bevorzugt kann das Filtersubstrat einen Aktivkohlefilter aufweisen. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung kann der Sensor in der Messeinheit angeordnet sein.

**[0028]** Das Computersystem kann mit elektronischen Bauteilen, insbesondere dem Sensor, ggf. dem Vergleichssensor, der Filterwechselanzeige und/oder dem Zurücksetzelement drahtlos und/oder über drahtgebunden kommunikativ verbunden sein.

**[0029]** Bei einer Ausführungsform kann das Computersystem in der Messeinheit angeordnet sein. Besonders vorteilhaft weist das Computersystem einen Mikrocontroller auf oder besteht aus einem solchen. Das Computersystem kann einen Sender und einen Empfänger zur drahtlosen Kommunikation aufweisen. Insbesondere kann das Computersystem ein WLAN-Modul oder ein Bluetooth-Modul aufweisen. Das Computersystem kann mit einem externen Gerät, z.B. einem Smartphone oder dergleichen, drahtlos kommunizieren. Es kann aber auch eine Verbindung des Computersystems mit dem externen Gerät über Datenkabel vorgesehen sein. Das Computersystem kann beispielsweise Betriebszustände oder Messdaten der Sensoren an das externe Gerät kommunizieren. Gleichmaßen können Betriebsparameter des Computersystems, aber auch Parameter des erfindungsgemäßen Verfahrens von dem externen Gerät an das Computersystem kommuniziert werden. Insbesondere können die Parameter des erfindungsgemäßen Verfahrens an den in der Filterbox eingebauten Filter angepasst werden. So kann z.B. beim Austausch eines Filters durch einen andersartigen Filter der Grenzwert, nach dessen Erreichen die Filterwechselanzeige ein Signal zum Filterwechsel ausgibt, angepasst werden.

**[0030]** Es ist aber auch denkbar, dass das Computersystem außerhalb der Filterbox angeordnet ist. Es kann auch vorgesehen sein, dass das Computersystem mit mehr als einer Filterbox verbunden ist, d.h., dass nicht für jede Filterbox ein separates Computersystem vorgesehen ist, insbesondere bei einer Parallel- oder Reihenschaltung mehrerer Filterbox hintereinander. Das Computersystem kann dann für jede ihm zugeordnete Filterbox das erfindungsgemäße Verfahren separat ausführen, insbesondere einen separaten laufenden Belastungsgrad bestimmen.

**[0031]** Die Messeinheit kann einen Vergleichssensor aufweisen, wobei der Vergleichssensor in einem nicht durchströmten Bereich angeordnet und mit dem Computersystem verbunden sein kann, wobei der Sensor und der Vergleichssensor thermische Anemometer aufweisen können. Bevorzugt können der Sensor und der Vergleichssensor im Constant-Current oder im Constant-Temperature Verfahren betrieben werden. Der Vergleichssensor kann auch in der Filterbox angeordnet sein, bevorzugt in einem nicht durchströmten Bereich.

**[0032]** Die Filterbox kann mindestens ein Zurücksetzelement, bevorzugt einen Lichterfassungssensor und/oder einen

Tastschalter, zum Zurücksetzen des laufenden Belastungsgrads, bevorzugt während oder nach einem Wechseln des Filters, aufweisen, wobei das Zurücksetzelement mit dem Computersystem verbunden sein kann. Besonders bevorzugt kann der Lichtfassungssensor derart angeordnet sein, dass Licht erst dann auf den Lichtfassungssensor fällt, wenn der Filter aus der Filterbox entfernt worden ist. Insbesondere kann der Lichtfassungssensor derart ausgelegt sein, dass auf den Lichtfassungssensor fallendes Tageslicht den Lichtfassungssensor auslöst und damit ein Signal zum Zurücksetzen auslöst. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass eine stärkere Lichtintensität, z.B. hervorgerufen durch eine Taschenlampe oder ein Mobiltelefon, zum Auslösen des Sensors benötigt wird. Gleichmaßen kann ein Tastschalter als Zurücksetzelement vorgesehen sein, wobei der Tastschalter auf einer Außenseite der Filterbox und/oder der Messeinheit angeordnet sein kann. Der Tastschalter kann aber auch auf einer Innenseite der Filterbox und/oder der Messeinheit angeordnet sein. Ebenso kann vorgesehen sein, dass das Computersystem ein Zurücksetzsignal z.B. von einem mobilen Gerät, beispielsweise einer App eines Smartphones, empfängt. Es kann auch vorgesehen sein, dass der Filter mit einem von dem Computersystem erzeugten elektromagnetischen Feld interagiert, so dass das Computersystem ein Entfernen des Filters und ein Einsetzen eines anderen Filters registriert. Beispielsweise kann der Filter einen RFID-Chip aufweisen.

**[0033]** Die Filterwechselanzeige kann einen optischen Signalgeber, beispielsweise eine LED oder ein Display, einen akustischen Signalgeber, beispielsweise einen Ultraschallwellensender oder einen Lautsprecher, und/oder einen elektromagnetischen Signalgeber, beispielsweise ein WLAN-Modul, ein Infrarot-Modul oder ein Bluetooth-Modul aufweisen. Damit kann einem Benutzer, einem Betreiber, einem Bediener oder dergleichen eine Notwendigkeit eines Filterwechsels kommuniziert werden. Insbesondere können mehr als ein Grenzwert zur Anzeige eines Filterwechsels vorgesehen sein. Damit kann die Filterwechselanzeige verschiedene, auf die unterschiedlichen Grenzwerte abgestimmte Signale ausgegeben. Beispielsweise können die Signaltöne, welche den Filterwechsel anzeigen, in drei unterschiedlichen Kategorien eingeteilt werden, so dass ein erstes Signal nach 200 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 200$ ) ausgegeben wird, ein zweites Signal nach 250 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 250$ ) ausgegeben wird und ein drittes Signal nach 300 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 300$ ) ausgegeben wird. Die jeweiligen Signale können unterschiedlich sein. Es ist aber auch denkbar, dass eines oder mehrere Signale gleich ist oder sind, d.h. dass sich eines oder mehrere Signale nicht von mindestens einem anderen Signal unterscheiden. Insbesondere ist auch denkbar, dass die Signale nicht wesensähnlich sind. Beispielsweise kann ein erstes Signal als akustisches Signal ausgegeben werden, während ein zweites Signal elektromagnetisch kommuniziert werden kann. Bevorzugt wird ein erstes Signal als akustisches Signal nach 200 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 200$ ), z.B. zu Anfang eines Koch- und/oder Garprozesses ausgegeben, ein zweites Signal nach 250 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 250$ ) als akustisches Signal in einem Abstand von 5 Minuten, z.B. nur während eines Koch- und/oder Garprozesses, ausgegeben und ein drittes Signal nach 300 bewerteten Betriebsstunden (und/oder bei  $D_{eff} > 300$ ) als akustisches Signal in einem Abstand von 5 Sekunden, z.B. nur während eines Koch- und/oder Garprozesses, ausgegeben.

**[0034]** Vorteilhafterweise kann die Messeinheit an einer Außenseite der Filterbox angeordnet sein, wobei ein Teilstrom eines in die Filterbox einströmenden Fluids über einen Bypass in die Messeinheit eingeführt, durch die Messeinheit durchgeführt und in die Filterbox zurückgeführt sein kann. Vorteilhafterweise kann ein Teilstrom eines in die Filterbox einströmenden Fluids aber auch über einen Bypass in die Messeinheit eingeführt, durch die Messeinheit durchgeführt und in eine Umgebung der Filterbox herausgeführt sein. Dadurch, dass die Messeinheit an einer Außenseite der Filterbox angeordnet sein kann, lässt sich die Messeinheit komfortabel austauschen, falls beispielsweise der Sensor defekt ist.

**[0035]** Vorteilhafterweise kann die Messeinheit an einer Außenseite der Filterbox mittels eines Aufsatzes befestigt sein, wobei der Aufsatz an die Geometrie der Außenseite angepasst sein kann. Damit kann beispielsweise die gleiche Messeinheit für Filterboxen mit unterschiedlichen Geometrien, z.B. mit gerundeter oder ebener Oberfläche, verwendet werden. Ebenso kann über den Aufsatz die Messeinheit beispielsweise auf einem der Filterbox strömungstechnisch vorgelagerten Rohr angebracht werden.

**[0036]** In einer Ausführungsform kann die Außenseite eine Auftragung aufweisen, an der die Messeinheit positioniert werden kann. Durch die Vorpositionierung kann die Montage der Messeinheit, z.B. während eines Austauschs einer defekten Messeinheit, erleichtert werden. Die Auftragung kann auch an einen Aufsatz der Messeinheit angepasst sein.

**[0037]** Gemäß noch einem anderen Aspekt betrifft die Erfindung eine Anordnung mindestens zweier fluidisch miteinander verbundener Filterboxen der zuvor beschriebenen Art, wobei eine erste der Filterboxen mindestens eine Einlassöffnung und mindestens zwei Auslassöffnungen aufweist, wobei ein Filtersubstrat in Strömungsrichtung vor der ersten Auslassöffnung angeordnet ist, wobei eine zweite Filterbox mindestens eine Einlassöffnung und mindestens eine Auslassöffnung aufweist, wobei ein Filtersubstrat in Strömungsrichtung vor der Auslassöffnung der zweiten Filterbox angeordnet ist, wobei die zweite Auslassöffnung der ersten Filterbox mit der Einlassöffnung der zweiten Filterbox fluidisch verbunden ist, so dass ein in die Einlassöffnung der ersten Filterbox eintretender Fluidstrom zumindest teilweise durch die erste Auslassöffnung der ersten Filterbox und teilweise durch die Auslassöffnung der zweiten Filterbox ausströmen kann, wobei die Messeinheit der ersten Filterbox in Strömungsrichtung vor dem Filtersubstrat der ersten Filterbox und die Messeinheit der zweiten Filterbox in Strömungsrichtung vor dem Filter der zweiten Filterbox angeordnet ist.

**[0038]** Sind mehrere Filterboxen strömungstechnisch verbunden, so kann auch vorgesehen sein, dass nur eine oder

zumindest nicht alle der verbundenen Filterboxen eine Messeinheit und/oder einen Sensor aufweisen. Wird die Strömung beispielsweise gleichmäßig auf die Filterboxen verteilt, so kann auch von einer gleichen Filterbelastung der Filtersubstrate der jeweiligen Filterboxen ausgegangen werden. Es kann vorgesehen sein, dass die Messeinheit einen Schalter, einen Taster oder dergleichen aufweist, über den der jeweilige Anteil der Gesamtströmung eingestellt werden kann. Damit können auf einfache Weise die Filterwechselzeitpunkte der Filtersubstrate eines Systems mehrerer verbundener Filterboxen bereits durch eine einzige Messeinheit bestimmt bzw. überwacht werden.

**[0039]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigt:

- Figur 1 beispielhaft den Zeitverlauf einer an einem Sensor abfallenden Spannung nach Änderung der Strömungsgeschwindigkeit;
- Figur 2 beispielhaft einen relevanten Bereich eines 10 Bit A/D-Wandlers;
- Figur 3 ein Ablaufdiagramm einer erfindungsgemäßen Ausführungsform des Verfahrens;
- Figur 4 beispielhaft einen zeitlichen Verlauf der gemessenen und/oder abgespeicherten Daten;
- Figur 5 beispielhaft ein Histogramm und eine Summenkurve zur Klasseneinteilung von in Klassen einzuteilenden Daten;
- Figur 6 beispielhaft ein Histogramm und eine Spannweiteinteilung zur Klasseneinteilung von in Klassen einzuteilenden Daten;
- Figur 7 ein Ablaufdiagramm einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens der Klasseneinteilung mittels Spannweiteinteilung;
- Figur 8 eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Filterbox mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit;
- Figur 9 eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Messeinheit;
- Figur 10 eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform einer Strömungsführung durch eine erfindungsgemäße Ausführungsform einer Messeinheit;
- Figur 11 eine zweite erfindungsgemäße Ausführungsform einer Strömungsführung durch eine weitere erfindungsgemäße Ausführungsform einer Messeinheit;
- Figur 12 eine erfindungsgemäße schematische Darstellung eines Computersystems, eines Sensors, eines Vergleichssensors, eines Zurücksetzelements und einer Filterwechselanzeige;
- Figur 13 eine Außenfläche einer erfindungsgemäßen Filterbox mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit;
- Figur 14 eine weitere Außenfläche einer erfindungsgemäßen Filterbox mit einer erfindungsgemäßen Messeinheit; und
- Figur 15 eine erfindungsgemäße Anordnung zweier Filterboxen.

**[0040]** Figur 1 zeigt beispielhaft die zeitliche Änderung eines kennzeichnenden Werts M, z.B. nach dem Einschalten einer Dunstabzugshaube. Der kennzeichnende Wert M kann beispielhaft der von einem thermischen Anemometer gemessenen, an einem Sensor 2 abfallenden Spannung  $U_{\text{Mess}}$  entsprechen, wobei der Sensor 2 mindestens eine Sonde aufweist. Das thermische Anemometer kann als Constant-Current Anemometer, Constant-Voltage Anemometer oder als Constant-Temperature Anemometer ausgeführt sein. Bei dem gezeigten Beispiel ergibt sich eine mit der Strömungsgeschwindigkeit ansteigende gemessene Spannung  $U_{\text{Mess}}$ .

**[0041]** Der kennzeichnende Wert M kann in einer Ausführungsform aus der Spannungsdifferenz  $\Delta U = U_{\text{Mess}} - U_{\text{vergl}}$  der an dem Sensor 2 abfallenden Spannung  $U_{\text{Mess}}$  und der an einem Vergleichssensor 4 abfallenden Spannung  $U_{\text{vergl}}$  bestimmt werden. Eine Sonde des Vergleichssensors 4 wird dabei nicht von dem Fluid überströmt, sondern ist beispielsweise in einem geschützten rückwärtigen Bereich angeordnet. Eine Veränderung der Umgebungstemperatur wirkt gleichermaßen auf den Sensor 2 und den Vergleichssensor 4, wodurch deren Einfluss durch Bilden der Spannungsdifferenz  $\Delta U$  herausgerechnet werden kann. Insbesondere kann die Spannungsdifferenz  $\Delta U = 0$  sein, wenn die Sonde des Sensors 2 nicht überströmt wird.

**[0042]** Zum Zeitpunkt  $t_0 = 0$  wird eine Strömung aufgeprägt, d.h. die Sonde des Sensors 2 überströmt. Bei dem hier gezeigten Beispiel steigt die am Sensor 2 abfallende Spannung  $U_{\text{Mess}}$  bis zum Erreichen des Gleichgewichtszustands GGW an, wie in Figur 1 ersichtlich ist. Sobald ein Schwellwert der gemessenen Spannung  $U_{\text{Mess}}$  überschritten ist, wird eine Strömung durch das Computersystem erkannt. Gleichermaßen kann eine Strömung erkannt werden, wenn die Spannungsdifferenz  $\Delta U$  einen Schwellwert überschreitet. Bevorzugt wird bei einem Überschreiten des Schwellwerts der Spannungsdifferenz  $\Delta U > 0,2 \text{ V}$  von einer Strömung ausgegangen.

**[0043]** Wie aus Figur 1 ersichtlich ist, kann die sich im Gleichgewichtszustand GGW einstellende, an dem Sensor abfallende Spannung  $U_{\text{Mess}}$  von dem Schwellwert der Strömungserkennung deutlich verschieden sein. Bevorzugt werden deshalb nicht sofort nach dem Erkennen einer Strömung kennzeichnende Werte M hinterlegt, sondern erst nach einer vorgegebenen Wartezeit  $\Delta t$ . Für das in Figur 1 abgebildete Beispiel wird eine Strömung nach 20 Sekunden erkannt; die Wartezeit  $\Delta t$  beträgt hier 120 Sekunden, so dass nach 140 Sekunden ein erster kennzeichnender Wert M hinterlegt wird.

**[0044]** Der kennzeichnende Wert M, hier z.B. entsprechend die an dem Sensor abfallende Spannung oder die Span-

nungsdifferenz, wird über einen A/D Wandler, z.B. einen 10 Bit A/D-Wandler, in einen digitalen Datenstrom umgewandelt und in festgelegten Zeitintervallen  $t_D$ , z.B. mit einer vorgegebenen Frequenz, hier 1/min, in einem Datenspeicher hinterlegt, sofern eine Strömung erkannt und die Wartezeit  $\Delta t$  überschritten ist. Beispielhaft zeigt Figur 2 einen relevanten Bereich eines 10 Bit A/D-Wandlers.

**[0045]** In Figur 3 ist eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Nach dem Start des Verfahrens wird zunächst der laufende Belastungsgrad  $D_{\text{eff}} = 0$  gesetzt. Danach wird der laufende Belastungsgrad  $D_{\text{eff}}$  mit einem Grenzwert  $D_S > 0$  verglichen; diese Bedingung ist unmittelbar nach dem Start des Verfahrens notwendigerweise erfüllt. Anschließend wird z.B. eine Temperaturmessung mit einer Frequenz  $F_m$  durchgeführt, wobei bevorzugt  $F_m = 1/s$ , d.h. bevorzugt wird jede Sekunde ein Temperaturwert gemessen. Alternativ können anstelle der Temperatur auch die an dem Sensor abfallende Spannung, sonstige eine Strömungsgeschwindigkeit charakterisierende Messgrößen oder flüchtige chemische Verbindungen (VOC) gemessen werden. Nach der Temperaturmessung kann optional überprüft werden, ob das Messsystem eingeschwungen ist. Ist das Messsystem eingeschwungen, so kann der Temperaturwert gespeichert werden, ansonsten kann ein weiterer Temperaturwert gemessen werden. Es kann aber auch vorgesehen sein, auf das Überprüfen des Einschwingens zu verzichten, d. h. jeden gemessenen Temperaturwert abzuspeichern. Sollen Mittelwerte als kennzeichnender Wert  $M$  gebildet werden, so wird zunächst geprüft, ob genug Temperaturwerte für die entsprechende Mittelwertbildung gespeichert worden sind. Ist dies nicht der Fall, so werden zunächst weitere Temperaturwerte gemessen. Sind genug Temperaturwerte für die entsprechende Mittelwertbildung vorhanden, wird ein Mittelwert  $M$  gebildet und anschließend mit einem entsprechenden Schwellwert  $M_S$  verglichen. Sollen die instantanen Temperaturwerte als kennzeichnender Wert  $M$  herangezogen werden, d.h. keine Mittelwertbildung durchgeführt werden, so wird der hinterlegte instantane Temperaturwert mit einem entsprechenden Schwellwert  $M_S$  verglichen. Ist der hinterlegte kennzeichnende Wert  $M$  kleiner als der Schwellwert  $M_S$ , so wird der kennzeichnende Wert  $M$  gelöscht und eine weitere Temperaturmessung durchgeführt, andernfalls wird der kennzeichnende Wert  $M$  als Wert  $M_{\text{data}}$  hinterlegt. Damit werden für die Bestimmung des laufenden Belastungsgrads nur diejenigen Werte  $M_{\text{data}}$  berücksichtigt, die eine Mindestbelastung des Filtersubstrats nach sich ziehen. Es kann aber auch vorgesehen sein, den Schwellwert so zu wählen, dass alle kennzeichnenden Werte  $M$  als  $M_{\text{data}}$  hinterlegt werden und in die Berechnung des laufenden Belastungsgrads  $D_{\text{eff}}$  einfließen. Es kann auch vorgesehen sein, insbesondere wenn der kennzeichnende Wert  $M$  dem gemessenen Temperaturwert entspricht, direkt nach der Temperaturmessung oder nach der optionalen Prüfung auf Einschwingen den gemessenen Temperaturwert mit einem Schwellwert zu vergleichen (nicht in Figur 3 gezeigt). In diesem Falle kann vorgesehen sein, den Temperaturwert nur dann abzuspeichern, wenn der Schwellwert überschritten ist und andernfalls einen weiteren Temperaturwert zu messen. Entspricht der kennzeichnende Wert  $M$  dem gemessenen Temperaturwert, so kann ein hinterlegen bzw. speichern als  $M_{\text{data}}$  bei Überschreiten des Schwellwerts  $M_S$  auch einen Verzicht auf ein nochmaliges abspeichern als  $M_{\text{data}}$  umfassen und/oder damit gemeint sein, den Wert  $M$  als  $M_{\text{data}}$  zu verlinken, zu verschieben und/oder den Verweis und/oder die Adressierung entsprechend zu ändern.

**[0046]** Ist der kennzeichnende Wert  $M$  größer als der Schwellwert  $M_S$ , so wird, nach speichern als  $M_{\text{data}}$  zunächst geprüft, ob für die Berechnung des laufenden Belastungsgrads  $D_{\text{eff}}$  eine ausreichende Anzahl entsprechender Werte  $M_{\text{data}}$  vorliegen. Sind genug entsprechende Werte  $M_{\text{data}}$  hinterlegt worden, wird der laufende Belastungsgrad berechnet, andernfalls werden wird eine weitere Temperaturmessung durchgeführt. Nach Berechnung des laufenden Belastungsgrads  $D_{\text{eff}}$  wird dieser mit dem Grenzwert  $D_S$  verglichen. Wird der Grenzwert  $D_S$  überschritten, so wird ein Signalton ausgegeben. Alternativ oder zusätzlich kann ein Überschreiten des Grenzwerts  $D_S$  durch z.B. eine LED angezeigt oder sonstwie signalisiert werden. Ist der Grenzwert  $D_S$  nicht überschritten, so wird eine weitere Temperaturmessung durchgeführt.

**[0047]** Mit einem Überschreiten des Schwellwerts  $M_S$  kann je nach gemessener Größe und/oder Messaufbau auch nur gemeint sein, dass ein hinterlegter Wert  $M_{\text{data}}$  in die Berechnung des laufenden Belastungsgrads einfließen soll. Ist z.B. die Temperatur umgekehrt proportional zu einem Widerstand des Sensors und soll jener Widerstand als kennzeichnender Wert  $M$  erfasst und als  $M_{\text{data}}$  hinterlegt werden, so kann der Wert  $M$  gelöscht werden, wenn der Schwellwert  $M_S$  überschritten ist und in die Berechnung des laufenden Belastungsgrads  $D_{\text{eff}}$  einfließen, wenn der Schwellwert  $M_S$  unterschritten ist. Es kann vorgesehen sein, die jeweiligen gespeicherten Werte zu löschen, sobald diese für das weitere Verfahren nicht mehr benötigt werden.

**[0048]** Figur 3 zeigt beispielhaft einen zeitlichen Verlauf des gemessenen kennzeichnenden Werts  $M$ , die als  $M_{\text{data}}$  hinterlegt werden können. Deutlich erkennbar sind drei eingeschwungene Zustände (horizontale gestrichelte Linien), die oberhalb des mit einer strich-punktierten Linie angedeuteten Schwellwerts  $M_S$  liegen.

**[0049]** Zu festgelegten Auswertungszeitpunkten  $t_A$  werden die hinterlegten Daten  $M_{\text{data}}$  (d.h.. solche mit  $M_{\text{data}} > M_S$  in Anlehnung an Figur 3) ausgewertet. Dabei werden in einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens alle hinterlegten Daten in Klassen eingeteilt. In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden nur diejenigen hinterlegten Daten in Klassen eingeteilt, die seit dem letzten Auswertungszeitpunkt hinterlegt wurden. Nach der Klasseneinteilung wird ein laufender Belastungsgrad  $D_{\text{eff}}$  des Filters bestimmt. Bevorzugt werden die in Klassen einzuteilenden Daten nach 25 Stunden oder nach jeweiligem hinterlegen von 1500 Datenpunkten bei einer Hinterlegungsfrequenz von 1/min, ausgewertet.



**[0050]** Die Klasseneinteilung kann mittels einem Histogramm und einer daraus erstellten Summenkurve S erfolgen. Ein derartiges Histogramm und eine Summenkurve S sind beispielsweise in Figur 5 gezeigt, wobei die Summenkurve der kumulierten relativen Häufigkeit entspricht. Anhand der Summenkurve S erfolgt eine Einteilung in Klassen  $K_i$ , mit  $i = 1 \dots n$ , wobei n der Anzahl Klassen entspricht; für die in Figur 3 in Klassen einzuteilende Daten beispielsweise  $n=3$ , d.h. drei Klassen  $K_1, K_2, K_3$ . Die Klasseneinteilung wird dabei mittels geeigneter Grenzwerte durchgeführt. In dem hier gezeigten Beispiel sind Grenzwerte bei 20 % und bei 80 % der kumulierten relativen Häufigkeit vorgesehen. Jede Klasse weist einen Gewichtungsfaktor  $w_i$  auf, wobei der Index i die jeweilige Klasse referenziert. Beispielsweise beträgt der Gewichtungsfaktor der Klasse  $K_1$  ( $S < 20\%$ ) in Figur 3  $w_1 = 0.4$ , der Gewichtungsfaktor der Klasse  $K_2$  ( $20\% \leq S \leq 80\%$ ) in Figur 3  $w_2 = 1.0$  und der Gewichtungsfaktor der Klasse  $K_3$  ( $S > 80\%$ )  $w_3 = 1.6$ . Im Allgemeinen sind die Gewichtungsfaktoren  $w_i$  reelle Zahlen. Die Gewichtungsfaktoren  $w_i$  können dabei als Vielfaches einer Normalbelastung des Filters interpretiert werden. Es ist auch denkbar, dass einer oder mehrere der Gewichtungsfaktoren null sind. Ebenso können einige, mehrere oder alle der Gewichtungsfaktoren  $w_i$  den gleichen Zahlenwert aufweisen. Beispielsweise können alle Gewichtungsfaktor  $w_i$  den gleichen Zahlenwert aufweisen, wodurch alle Klassen  $K_i$  gleich gewichtet werden, insbesondere die Strömungsgeschwindigkeit keinen Einfluss auf den Filterwechselzeitpunkt hat. Bevorzugt weisen allerdings Klassen, die eine höhere Durchströmung repräsentieren, einen höheren Gewichtungsfaktor auf als solche Klassen, die eine niedrigere Durchströmung repräsentieren. In diesem Falle kann als Grundgedanke des Verfahrens die Überlegung angesehen werden, dass ein stark durchströmter Filter aufgrund des höheren Massenstroms schneller gewechselt werden muss, als ein schwach durchströmter. Bevorzugt sind die Gewichtungsfaktoren und/oder die Grenzwerte der Klassenbestimmung zeitlich konstant, d.h. entsprechend stets einer vorgegebenen Werkseinstellung. Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Gewichtungsfaktoren und/oder die Grenzwerte der Klassenbestimmung durch einen Benutzer oder einen Regler verändert werden können. Es kann vorgesehen sein, dass der Mittelwert aller  $w_i$ ,

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n w_i = 1.$$

Nach Durchführung der Klasseneinteilung werden für jede Klasse  $K_i$  eine gewichtete Anzahl Messwerte  $A_{Ki}$  bestimmt,  $A_{Ki} = w_i \cdot N_i$ , wobei  $N_i$  der Anzahl der hinterlegten Werte  $M_{data}$  pro Klasse  $K_i$  entspricht. Beispielsweise beträgt in Figur 3  $N_3 = 5 \cdot 17 = 85$  und  $A_{K3} = 136$ . Damit kann die Filterbelastung der Klasse  $K_3$  mit einer Durchströmungsdauer von 85 Minuten (bei einer Hinterlegungsfrequenz von 1/min) als eine äquivalenten Filterbelastung unter Normalbedingungen (hier z.B. Klasse  $K_2$ ,  $w_2 = 1$ ) von 136 Minuten interpretiert werden.

**[0051]** Figur 6 zeigt beispielhaft ein Histogramm und eine alternative Klasseneinteilung mittels Spannweiten; ein entsprechendes Verfahren ist beispielhaft in Figur 7 gezeigt. Lediglich beispielhaft wird wiederum eine Einteilung in drei Klassen  $K_1, K_2, K_3$  beschrieben. Es kann auch vorgesehen sein, eine Einteilung in weniger oder mehr Klassen vorzunehmen. Zunächst wird die Gesamtspannweite  $S_{ges}$  des Histogramms berechnet. Dazu werden die minimalen und maximalen Werte  $M_{data,min}$  und  $M_{data,max}$  der hinterlegten Werte  $M_{data}$  (d.h. in Anlehnung an Figur 3 solche mit  $M_{data} > M_S$ ) ermittelt. Anschließend wird die Gesamtspannweite zu  $S_{ges} = M_{data,max} - M_{data,min}$  berechnet. Die den Klassen  $K_i$  entsprechenden Spannweiten  $S_i$  können dann bestimmt werden. Beispielsweise kann die erste Klasse  $K_1$  ein Intervall im Bereich  $[M_{data,min}; M_{data,min} + d_1 \cdot S_{ges}]$ , die zweite Klasse  $K_2$  ein Intervall im Bereich  $[M_{data,min} + d_1 \cdot S_{ges}; M_{data,max} - d_2 \cdot S_{ges}]$  und die dritte Klasse ein Intervall im Bereich  $(M_{data,max} - d_2 \cdot S_{ges}; M_{data,max}]$  aufweisen. Damit kann die Gesamtspannweite eindeutig und ohne Lücken in drei den jeweiligen Klassen entsprechenden Spannweiten  $S_1, S_2$  und  $S_3$  eingeteilt werden. Die Werte  $d_1$  und  $d_2$  können zur Definition der jeweiligen Intervalle verwendet werden und bevorzugt aus einem Bereich zwischen 0,1 und 0,4 gewählt werden. Auf gleiche Art und Weise kann die gesamte Spannweite auch in mehr oder weniger Spannweiten  $S_i$  aufgeteilt werden, je nach Anzahl der Klassen  $K_i$ . In diesem Falle können mehrere  $d_i$  vorgesehen sein, um die jeweiligen Intervalle zu definieren. Anschließend wird die Häufigkeit  $N_i$  der hinterlegten Daten  $M_{data}$  in den jeweiligen Spannweiten  $S_i$  bzw. in den jeweiligen korrespondierenden Klassen  $K_i$  ausgewertet bzw. die Anzahl  $N_i$  der in den jeweiligen Intervallen der Spannweiten  $S_i$  liegenden hinterlegten Daten  $M_{data}$  gezählt.

**[0052]** Analog zu der Klasseneinteilung mit Summenkurve wird jeder Klasse ein Gewichtungsfaktor  $w_i$  zugeordnet. Die Eigenschaften der Gewichtungsfaktoren  $w_i$  können dabei den oben mit Bezug zu Figur 5 beschriebenen entsprechen. Nach Durchführung der Klasseneinteilung werden für jede Klasse  $K_i$  eine gewichtete Anzahl Messwerte  $A_{Ki}$  bestimmt,  $A_{Ki} = w_i \cdot N_i$ , wobei  $N_i$  der Anzahl der hinterlegten Werte pro Klasse entspricht.

**[0053]** Bei einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden zum Auswertungszeitpunkt  $t_A$  nur die seit dem letzten Auswertungszeitpunkt hinterlegten Daten  $M_{data}$  wie oben beschrieben in Klassen eingeteilt, d.h. zur Erzeugung des Histogramms und der Summenkurve S oder der Spannweiten  $S_i$  verwendet. Anschließend erfolgt eine Klasseneinteilung der neu hinzugekommenen hinterlegten Daten, eine Gewichtung mit den jeweiligen Gewichtungsfaktoren und Aufsummation der neu hinzugekommenen gewichteten Anzahl Messwerte mit der laufenden effektiven Durchströmung des letzten Auswertungszeitpunkts zur Bestimmung der laufenden effektiven Durchströmung  $D_{eff}$  des Auswertungszeit-

punkts  $t_A$ ,  $D_{eff} = D_{eff} + \sum_{i=1}^n A_{Ki}$ . Damit werden zu jedem Auswertungszeitpunkt nur die seit dem letzten Auswertungszeitpunkt hinterlegten Daten für die Klasseneinteilung verwendet. Insbesondere wird damit ein Drift der Daten in den Klassen, z.B. durch einen höheren Druckverlust hervorgerufen durch mögliches Verschmutzen/Verfetten des Filters, vermieden. Es kann vorgesehen sein, nach Berechnung von  $D_{eff}$  die hinterlegten Daten  $M_{data}$  sowie die gewichteten Anzahl Messwerte pro Klasse  $A_{Ki}$  zu löschen, d.h. nur die laufende effektive Durchströmung  $D_{eff}$  im Datenspeicher zu belassen.

**[0054]** Alternativ kann vorgesehen sein, dass zu jedem Auswertungszeitpunkt nicht nur die neu hinzugekommenen Daten gewichtet werden, sondern gleichzeitig auch die hinterlegten Daten des vorherigen Auswertungszeitpunkts. In diesem Falle werden zu jedem Auswertungszeitpunkt alle hinterlegten Daten neu in Klassen eingeteilt und gewichtet, d.h. die Klasseneinteilung wird über eine Summenkurve oder Spannweiten basierend auf allen hinterlegten Daten er-

mittelt. Die tatsächliche effektive Durchströmung wird dann zu jedem Zeitpunkt zu  $D_{eff} = \sum_{i=1}^n A_{Ki}$  bestimmt, wobei  $N_i$  mit jedem Auswertungszeitpunkt zunimmt. Im Vergleich zu der vorherigen Methode zur Bestimmung der tatsächlichen effektiven Durchströmung ergibt sich damit eine dynamischere Berechnung der tatsächlichen effektiven Durchströmung, da auch in der Vergangenheit bereits ermittelte Filterbelastungen neu bewertet werden. Ist z.B. zu einem Auswertungszeitpunkt die Filterbox nur schwach durchströmt worden, so kann die berechnete effektive Durchströmung zunächst übergewichtet werden und von der tatsächlichen Filterbelastung deutlich abweichen. Ist der Filter dann zum nächsten Auswertungszeitpunkt in der Zwischenzeit z.B. stärker durchströmt worden, sind die vorherigen hinterlegten Messwerte im Vergleich zu den neu hinzugekommenen deutlich schwächer gewichtet.

**[0055]** Überschreitet die laufende effektive Durchströmung  $D_{eff}$  des Filters einen Grenzwert  $D_S$ , so wird wie oben beschrieben ein Signal ausgegeben, das die Notwendigkeit eines Filterwechsels anzeigt. Wird der Filter gewechselt, so wird die effektive Durchströmung  $D_{eff} = 0$  gesetzt. Alternativ ist denkbar, anstelle  $D_{eff} = 0$  den Grenzwert  $D_S$  zu erhöhen. Bevorzugt sind mehr als ein Grenzwert der effektiven Durchströmung vorgesehen. So kann z.B. bei Überschreiten eines ersten Grenzwerts  $D_{S1}$  ein Benutzer lediglich darauf hingewiesen werden, dass bald ein Filterwechsel erfolgen sollte. Wechselt der Benutzer den Filter nicht, so kann z.B. bei Überschreiten eines zweiten Grenzwerts  $D_{S2} > D_{S1}$  der Benutzer nochmals, unter Umständen dringlicher, auf die Notwendigkeit eines Filterwechsels hingewiesen werden. Es sind beliebig viele Grenzwerte denkbar.

**[0056]** Figur 8 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Filterbox 1. Die Filterbox 1 weist eine Einlassöffnung 8 sowie eine Auslassöffnung 9 auf, so dass die Filterbox 1 von einem Fluid durchströmt werden kann. Ein Filter 10 ist in Strömungsrichtung vor der Auslassöffnung 9 angeordnet. Die Auslassöffnung 9 der Filterbox 1 kann ein Gitter aufweisen. Bei der in Figur 4 gezeigten Ausführungsform befindet sich der Filter in Strömungsrichtung unmittelbar vor dem Gitter. Damit kann der Filter 10 einfach gewechselt werden. Die Filterbox 1 kann eine oder mehrere Leitlamellen 14 aufweisen, um die Strömung durch die Filterbox 1 zu führen, insbesondere um für eine gute Umlenkung des die Filterbox 1 durchströmenden Fluids zu sorgen. Weiterhin weist die Filterbox 1 eine Messeinheit 6 auf. Bei der in Figur 8 gezeigten Ausführungsform ist die Messeinheit 6 lösbar an einer Außenseite 11 der Filterbox 1 befestigt. Es ist aber auch denkbar, dass die Messeinheit 6 nicht lösbar mit der Filterbox 1 verbunden ist, und/oder innerhalb der Filterbox 1 angeordnet ist. Die Filterbox 1 kann eine Filterwechselanzeige 7 aufweisen. Die Filterwechselanzeige 7 kann aber auch in der Messeinheit 6 oder an einer Außenseite der Messeinheit 6 angeordnet sein.

**[0057]** Figur 9 zeigt eine Messeinheit 6 einer erfindungsgemäßen Filterbox 1. Die Messeinheit 6 kann einen Einlass 15 und einen Auslass 16 aufweisen, so dass ein Teilstrom des in die Filterbox 1 einströmenden Fluids die Messeinheit 6 durchströmen kann. Die Messeinheit 6 weist einen Sensor 2 zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit des Fluids auf. Weiterhin weist die Messeinheit 6 eine Filterwechselanzeige 7 auf, der bei der in Figur 5 gezeigten Ausführungsform einer LED 7 entspricht. Zudem weist die Messeinheit 6 ein Zurücksetzelement 5 auf, hier einen Lichterfassungssensor. Wird der Filter 10 gewechselt, so fällt Licht auf die Lichterfassungssensor 5 bzw. wird das Zurücksetzelement 5 ausgelöst. Ein mit der Messeinheit 6 verbundener Mikrocontroller 3 setzt daraufhin die laufende effektive Durchströmung  $D_{eff}$  der Filterbox zurück.

**[0058]** Figur 10 und Figur 11 zeigen schematisch die Durchströmung verschiedener erfindungsgemäßen Ausführungsformen einer Messeinheit 6. Ein Teilstrom des in die Filterbox 1 einströmenden Fluid wird über einen Bypass in die Messeinheit 6 eingeleitet und überströmt einen in der Messeinheit 6 angeordneten Sensor 2 bzw. dessen Sonde. Ein Vergleichssensor 4 ist in einem nicht überströmten Bereich angeordnet. Der Teilstrom wird anschließend entweder wie in Figur 6 gezeigt in die Filterbox 1 zurückgeführt, oder wie in Figur 7 gezeigt in die Umgebung der Filterbox 1 herausgeführt.

**[0059]** Wie in Figur 12 dargestellt ist der Sensor 2 in einer erfindungsgemäßen Ausführungsform mit einem Computersystem 3 verbunden. Das Computersystem 3 kann weiterhin mit einem oder mehreren Vergleichssensoren 4 sowie mit einer oder mehreren Filterwechselanzeigen 7 und/oder einem oder mehreren Zurücksetzelementen 5 verbunden sein. Das Computersystem 3 kann einen Datenspeicher aufweisen. Das Computersystem 3 empfängt Messdaten des

Sensors 2 und gegebenenfalls des Vergleichssensors 4. Die empfangenen Messdaten können von dem Computersystem 3 weiterverarbeitet und/oder als Rohdaten oder in weiterverarbeiteter Form in dem Datenspeicher abgespeichert werden. Das Computersystem 3 kann Befehle von dem Zurücksetzelement 5 oder von nicht in Figur 12 gezeigten weiteren Betätigungselementen, mobilen Geräten oder Regler- und/oder Steuerelementen empfangen und verarbeiten. Das

Computersystem 3 kann Befehle an die Filterwechselanzeige 7 und/oder andere nicht in Figur 12 gezeigten Empfänger, wie z.B. ein Display, ein Mobilgerät oder sonstige Regler- und/oder Steuerelemente ausgeben.

**[0060]** Figur 13 zeigt eine Außenseite 11 einer erfindungsgemäßen Filterbox 1, wobei die Außenseite 11 mindestens eine Auftragung 13 zur Befestigung einer Messeinheit 6 aufweisen kann. Damit kann die Messeinheit 6 bequem vorpositioniert werden. Insbesondere kann sichergestellt werden, dass Ein- und ggf. vorhandene Austrittslöcher 17; 18 der

Filterbox 1 mit dem Einlass 15 und ggf. dem Auslass 16 der Messeinheit 6 fluchten.

**[0061]** Figur 14 zeigt eine Ausführungsform eines Aufsatzes 12 einer Messeinheit 6, beispielsweise zur Montage der Messeinheit 6 an einem Zuflussrohr einer Filterbox 1, sowie eine an einem Rohr befestigte Messeinheit 6. Es kann auch vorgesehen sein, dass der Aufsatz 12 derart ausgestaltet ist, dass er an einer Auftragung 13 befestigbar ist. In einer weiteren Ausführungsform kann der Aufsatz 12 eine Auftragung 13 zur Vorpositionierung der Messeinheit 6 aufweisen.

**[0062]** Figur 15 zeigt eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Anordnung zweier Filterboxen 1, 1.1; 1.2. Der in eine erste Filterbox 1.1 eintretende, zu filternde Fluidstrom durchströmt zu einem Teil einen Filter 10 der ersten Filterbox 1.1, und zu dem verbleibenden Teil einen Filter 10 der zweiten Filterbox 1.2. Die Filterboxen 1.1; 1.2 können Leitbleche 14 aufweisen, mit denen der jeweilige, den jeweiligen Filter 10 durchströmende Teilstrom vorgegeben und/oder eingestellt werden kann. Es ist denkbar, dass die jeweiligen Leitbleche 14 beweglich sind bzw. durch einen Aktor bewegt werden können. Bevorzugt kann der Aktor von einem Regler gesteuert werden. Es ist aber auch möglich, dass die Leitbleche 14 unbeweglich sind und/oder nach Einbau des Filters 10 nicht mehr bewegt werden können und/oder nur bei ausgebautem Filter 10 bewegt werden können. Die jeweiligen Messeinheiten 6 der jeweiligen Filterboxen 1 sind dabei derart angeordnet, dass die

**[0063]** Strömungsgeschwindigkeiten der jeweiligen Teilströme gemessen werden können. Damit kann für jeden Filter 10 separat ein Filterwechselzeitpunkt bestimmt werden. Es sind auch Anordnungen mit mehr als zwei hintereinandergeschalteten Filterboxen 1 möglich. Ebenso kann der in die erste Filterbox 1 eintretende Fluidstrom in mehr als zwei Teilströme aufgeteilt werden. Auch in diesem Fall kann für jeden Filter 10 jeder Filterbox 1 ein separater Filterwechselzeitpunkt bestimmt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	Filterbox	UVergl	Spannung
2	Sensor	$\Delta U$	Spannungsdifferenz
3	Mikrocontroller / Computersystem	GGW	Gleichgewichtszustand
4	Vergleichssensor	$\Delta t$	Wartezeit
5	Zurücksetzelement / Lichterfassungssensor	$t_D$	Zeitintervall
6	Messeinheit	$t_A$	Auswertzeitpunkt
7	Filterwechselanzeige / LED	$M_{data}$	hinterlegte Daten
8	Einlassöffnung	$D_{eff}$	Durchströmung
9	Auslassöffnung	S	Summenkurve
10	Filter / Filtersubstrat	$K_i$	Klassen
11	Außenseite	$K_{1-3}$	Klasseneinteilung
12	Aufsatz	$w_i$	Gewichtsfaktor
13	Auftragung	$A_{Ki}$	Messwerte
14	Leitlamellen / Leitblech	$D_s$	Grenzwert
15	Einlass	$D_{S1}$	Grenzwert
16	Auslass	$D_{S2}$	Grenzwert
17	Austrittsloch	F	Frequenz
18	Austrittsloch	$M_S$	Schwellwert
1.1	Filterbox	$\Delta U$	Spannungsdifferenz
1.2	Filterbox	M	Mittelwert
M	Messwert		
$U_{Mess}$	Spannung		

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Bestimmung eines Filterwechselzeitpunkts eines Filtersubstrats (10), wobei das Filtersubstrat (10) von einem zu filternden Fluid durchströmt wird, mit den folgenden Schritten:

a. Erfassen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts (M) und Hinterlegen des kennzeichnenden Werts (M) in einem Datenspeicher abgespeicherter Werte ( $M_{data}$ ), vorzugsweise in festgelegten Zeitintervallen ( $t_D$ ) und/oder mit einer Frequenz (F) von 1/min, falls ein Schwellwert ( $M_S$ ) überschritten ist;  
 b. Durchführen einer Klasseneinteilung der abgespeicherten Werte ( $M_{data}$ ) nach Häufigkeit der abgespeicherten Werte und zu festgelegten Auswertungszeitpunkten ( $t_A$ ) in mindestens zwei Klassen ( $K_1$ ,  $K_2$ ) und Bestimmen einer Anzahl ( $N_1$ ,  $N_2$ ) abgespeicherter Werte ( $M_{data}$ ) jeder Klasse ( $K_1$ ,  $K_2$ ), wobei entweder

i. die Klassen ( $K_1$ ,  $K_2$ ) mit einer Summenkurve (S) der Häufigkeit der abgespeicherten Werte ( $M_{data}$ ) eingeteilt werden und die Summenkurve aus den abgespeicherten Werten ( $M_{data}$ ) erstellt wird, oder  
 ii. die Klassen ( $K_1$ ,  $K_2$ ) durch Bestimmung der Klassen entsprechender Spannweiten ( $S_i$ ) eingeteilt werden, wobei die Spannweiten ( $S_i$ ) mittels eines maximalen und minimalen Werts der abgespeicherten Werte ( $M_{data}$ ) ermittelt werden;

c. Bestimmen einer gewichteten Anzahl Werte ( $A_{K1}$ ,  $A_{K2}$ ) durch Gewichtung der Anzahl ( $N_1$ ,  $N_2$ ) der abgespeicherten Werte ( $M_{data}$ ) pro Klasse ( $K_1$ ,  $K_2$ ) mit klassenspezifischen Gewichtungsfaktoren ( $w_1$ ,  $w_2$ );  
 d. Bestimmen eines laufenden Belastungsgrads ( $D_{eff}$ ) des Filtersubstrats mittels der gewichteten Anzahl Werte ( $A_{K1}$ ,  $A_{K2}$ );  
 e. Überprüfen, ob der laufende Belastungsgrad ( $D_{eff}$ ) einen Grenzwert ( $D_S$ ) überschreitet; und  
 f. Ausgeben eines Signals zur Anzeige des Filterwechselzeitpunkts, falls der laufende Belastungsgrad ( $D_{eff}$ ) den Grenzwert ( $D_S$ ) überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die bei dem Erfassen des Werts der den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werte (M) entweder

a. gemessene, die Strömungsgeschwindigkeit einer das Filtersubstrat durchströmenden Fluids kennzeichnende Messwerte, vorzugsweise Temperaturwerte, Widerstandswerte und/oder Spannungswerte, oder gemessene flüchtige organische Verbindungen, oder  
 b. zeitlichen Mittelwerten der gemessenen, die Strömungsgeschwindigkeit eines das Filtersubstrat durchströmenden Fluids kennzeichnenden Messwerte, vorzugsweise Temperaturwerte oder Spannungswerte, oder zeitlichen Mittelwerten gemessener flüchtiger organischer Verbindungen entsprechen oder aufweisen.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, bei dem im Fall b) ii) des Anspruchs 1 die Klasseneinteilung der abgespeicherten kennzeichnenden Werte ( $M_{data}$ ) folgende Schritte aufweist:

a. Ermitteln des maximalen und des minimalen Werts der abgelegten Werte ( $M_{data}$ );  
 b. Berechnen einer Gesamtspannweite durch Subtraktion des minimalen Werts von dem maximalen Wert;  
 c. Unterteilen der Gesamtspannweite in den jeweiligen Klassen ( $K_1$ ,  $K_2$ ) entsprechenden Spannweiten.

4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem bei der Klasseneinteilung die abgespeicherten kennzeichnenden Werte in drei Klassen ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ) eingeteilt werden, wobei das Unterteilen der Gesamtspannweite die folgenden Schritte aufweist:

a. Unterteilen der Gesamtspannweite in eine der ersten Klasse ( $K_1$ ) entsprechenden erste Spannweite, wobei die erste Spannweite ein Intervall [minimaler Wert; minimaler Wert +  $d_1$  \* Gesamtspannweite) aufweist, wobei vorzugsweise  $d_1$  einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweist und/oder der Gewichtungsfaktor ( $w_1$ ) der ersten Klasse ( $K_1$ ) vorzugsweise einen Wert im Bereich 0,2 - 0,6 aufweist;  
 b. Unterteilen der Gesamtspannweite in eine der zweiten Klasse ( $K_2$ ) entsprechenden zweiten Spannweite, wobei die zweite Spannweite ein Intervall [minimaler Wert +  $d_2$  \* Gesamtspannweite; maximaler Wert -  $d_3$  \* Gesamtspannweite] aufweist, wobei vorzugsweise  $d_2$  und  $d_3$  jeweils einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweisen und/oder der Gewichtungsfaktor ( $w_2$ ) der zweiten Klasse ( $K_2$ ) vorzugsweise einen Wert im Bereich 0,8 - 1,2 aufweist;  
 c. Unterteilen der Gesamtspannweite in eine der dritten Klasse ( $K_3$ ) entsprechenden dritten Spannweite, wobei die dritte Spannweite ein Intervall (maximaler Wert -  $d_4$  \* Gesamtspannweite; maximaler Wert] aufweist, wobei vorzugsweise  $d_4$  einen Wert im Bereich 0,1 bis 0,4 aufweist und/oder der Gewichtungsfaktor ( $w_3$ ) der dritten

Klasse ( $K_3$ ) vorzugsweise einen Wert im Bereich 1,3 - 1,7 aufweist.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 2 bis 4, bei dem die die Strömungsgeschwindigkeit eines das Filtersubstrat durchströmenden Fluids kennzeichnenden Messwerte (M) durch ein thermisches Anemometer gemessen werden, wobei das thermische Anemometer vorzugsweise im Constant-Current Verfahren oder im Constant-Temperature Verfahren betrieben wird.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Messen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnenden Werts (M) folgende Schritte aufweist:
  - a. Messen einer an einem Sensor (2) abfallenden Spannung ( $U_{\text{Mess}}$ ) und Messen einer an einem Vergleichssensor (4) abfallenden Spannung ( $U_{\text{Vergl}}$ ); und
  - b. Bestimmen des kennzeichnenden Werts (M) unter Bilden einer Differenz der gemessenen Spannungen ( $U_{\text{Mess}}$ ,  $U_{\text{Vergl}}$ ).
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach Überschreiten des Schwellwerts ( $M_S$ ) erst nach Ablauf einer Wartezeit ( $\Delta t$ ) der den Belastungsgrad des Filtersubstrats kennzeichnende Wert (M) hinterlegt wird, wobei die Wartezeit ( $\Delta t$ ) bevorzugt mindestens 100 Sekunden, besonders bevorzugt mindestens 120 Sekunden beträgt.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem zu jedem festgelegten Auswertungszeitpunkt ( $t_A$ ) eine neue Klasseneinteilung der seit einem vorherigen Auswertungszeitpunkt ( $t_A$ ) abgespeicherten Werte ( $M_{\text{data}}$ ) durchgeführt wird, wobei nach einer Summation der laufende Belastungsgrad ( $D_{\text{eff}}$ ) und der gewichteten Anzahl Werte ( $A_{K1}$ ,  $A_{K2}$ ) die abgespeicherten Werte ( $M_{\text{data}}$ ) und die Klasseneinteilung gelöscht werden.
9. Filterbox (1) zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Filterbox (1) mindestens eine Einlassöffnung (8) und mindestens eine Auslassöffnung (9) zum Durchströmen der Filterbox (1) mit einem Fluid aufweist, wobei die Filterbox (1) mindestens ein von dem Fluid durchströmtes Filtersubstrat (10) und eine Messeinheit (6) mit einem Sensor (2) zum Erfassen eines einen Belastungsgrad des Filtersubstrats (10) kennzeichnenden Werts (M) aufweist, wobei der Sensor (2) mit einem Computersystem (3), bevorzugt einem Mikrocontroller (3), kommunikativ verbunden ist, wobei die Filterbox (1) mindestens eine mit dem Computersystem (3) verbundene Filterwechselanzeige (7) zum Ausgeben eines Signals zum Anzeigen eines Filterwechselzeitpunkts aufweist, wobei das Computersystem (3) einen Datenspeicher zum Hinterlegen der gemessenen Messwerte (M) aufweist und dazu eingerichtet ist, eine laufenden Belastungsgrad ( $D_{\text{eff}}$ ) nach dem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu bestimmen und gegebenenfalls ein Signal zur Anzeige des Filterwechselzeitpunkts auszugeben.
10. Filterbox (1) nach Anspruch 9, bei der die Messeinheit (6) einen Vergleichssensor (4) aufweist, der in einem nicht durchströmten Bereich angeordnet und mit dem Computersystem (3) kommunikativ verbunden ist, wobei der Sensor (2) und der Vergleichssensor (4) thermische Anemometer aufweisen, wobei an dem Sensor (2) und an dem Vergleichssensor (4) jeweils eine Spannung ( $U_{\text{Mess}}$ ,  $U_{\text{Vergl}}$ ) abfällt.
11. Filterbox (1) nach einem der Ansprüche 9 oder 10, bei der die Filterwechselanzeige (7) einen optischen Signalgeber, beispielsweise eine LED oder ein Display, einen akustischen Signalgeber, beispielsweise einen Ultraschallwellensender oder einen Lautsprecher, und/oder einen elektromagnetischen Signalgeber, beispielsweise ein WLAN-Modul, ein Infrarot-Modul oder ein Bluetooth-Modul aufweist.
12. Filterbox (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 11, bei der die Messeinheit (6) an einer Außenseite (11) der Filterbox (1) angeordnet ist, wobei ein Teilstrom eines in die Filterbox (1) einströmenden Fluids über einen Bypass in die Messeinheit (6) eingeführt, durch die Messeinheit (6) durchgeführt und in die Filterbox (1) zurück- oder in die Umgebung der Filterbox (1) herausgeführt ist.
13. Filterbox (1) nach einem der Ansprüche vorhergehenden Ansprüche 9 bis 12, bei der die Messeinheit (6) an einer Außenseite (11) der Filterbox (1) mittels eines Aufsatzgehäuses (12) befestigt ist, das an die Geometrie der Außenseite (11) angepasst ist.
14. Filterbox (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 10 bis 13, bei der die Außenseite (11) eine Auftragung (13) aufweist, an der die Messeinheit (6) positioniert werden kann.

15. Anordnung mindestens zweier miteinander verbundener Filterboxen (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 14, wobei eine erste Filterbox (1.1) mindestens eine Einlassöffnung (8) und mindestens zwei Auslassöffnungen (9) aufweist, wobei ein Filtersubstrat (10) in Strömungsrichtung vor der ersten Auslassöffnung (9) angeordnet ist, wobei eine zweite Filterbox (1.2) mindestens eine Einlassöffnung (8) und mindestens eine Auslassöffnung (9) aufweist, wobei ein Filtersubstrat (10) in Strömungsrichtung vor der Auslassöffnung (9) der zweiten Filterbox (1.2) angeordnet ist, wobei die zweite Auslassöffnung (9) der ersten Filterbox (1.1) mit der Einlassöffnung (8) der zweiten Filterbox (1.2) fluidisch verbunden ist, so dass ein in die Einlassöffnung (8) der ersten Filterbox (1.1) eintretender Fluidstrom zumindest teilweise durch die erste Auslassöffnung (9) der ersten Filterbox (1.1) und teilweise durch die Auslassöffnung (9) der zweiten Filterbox (1.2) ausströmen kann, wobei die Messeinheit (6) der ersten Filterbox (1.1) in Strömungsrichtung vor dem Filtersubstrat (10) der ersten Filterbox (1.1) und die Messeinheit (6) der zweiten Filterbox (1.2) in Strömungsrichtung vor dem Filtersubstrat (10) der zweiten Filterbox (1.2) angeordnet ist.

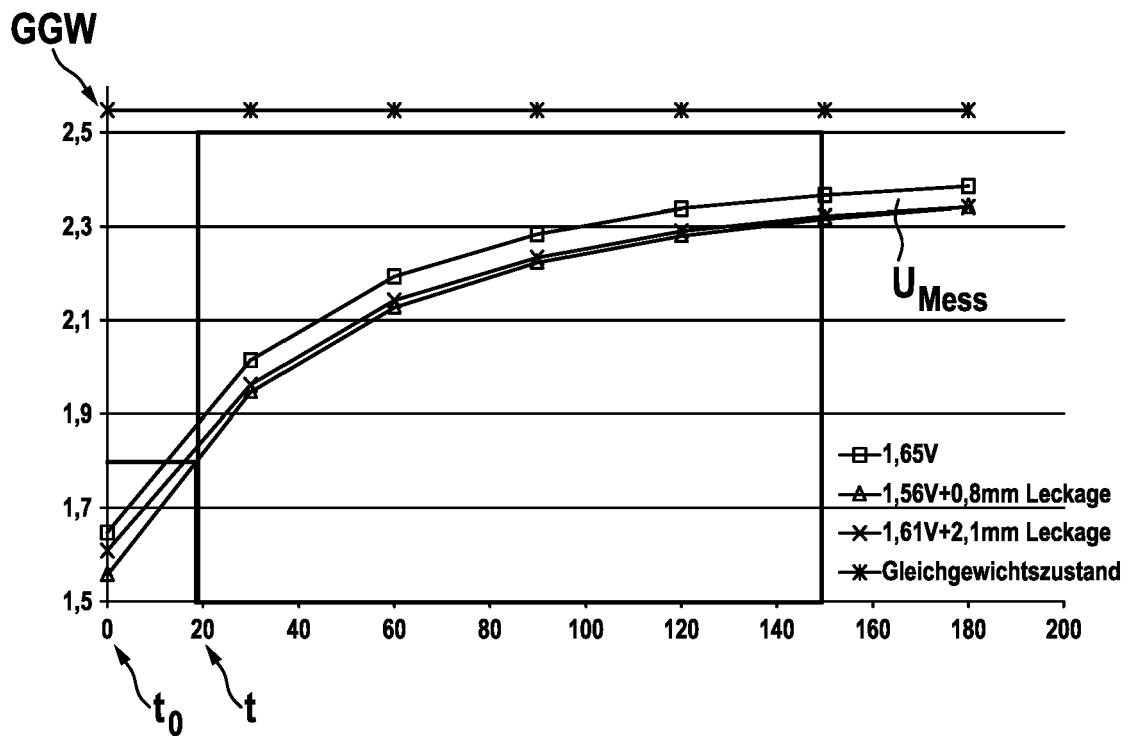


Fig. 1

Spannung [V]	4,88 mV/Dg(10bit A/D Wandler)
1,607	329
1,963	402
2,144	439
2,235	457
2,291	469
2,324	476
2,342	479

Fig. 2

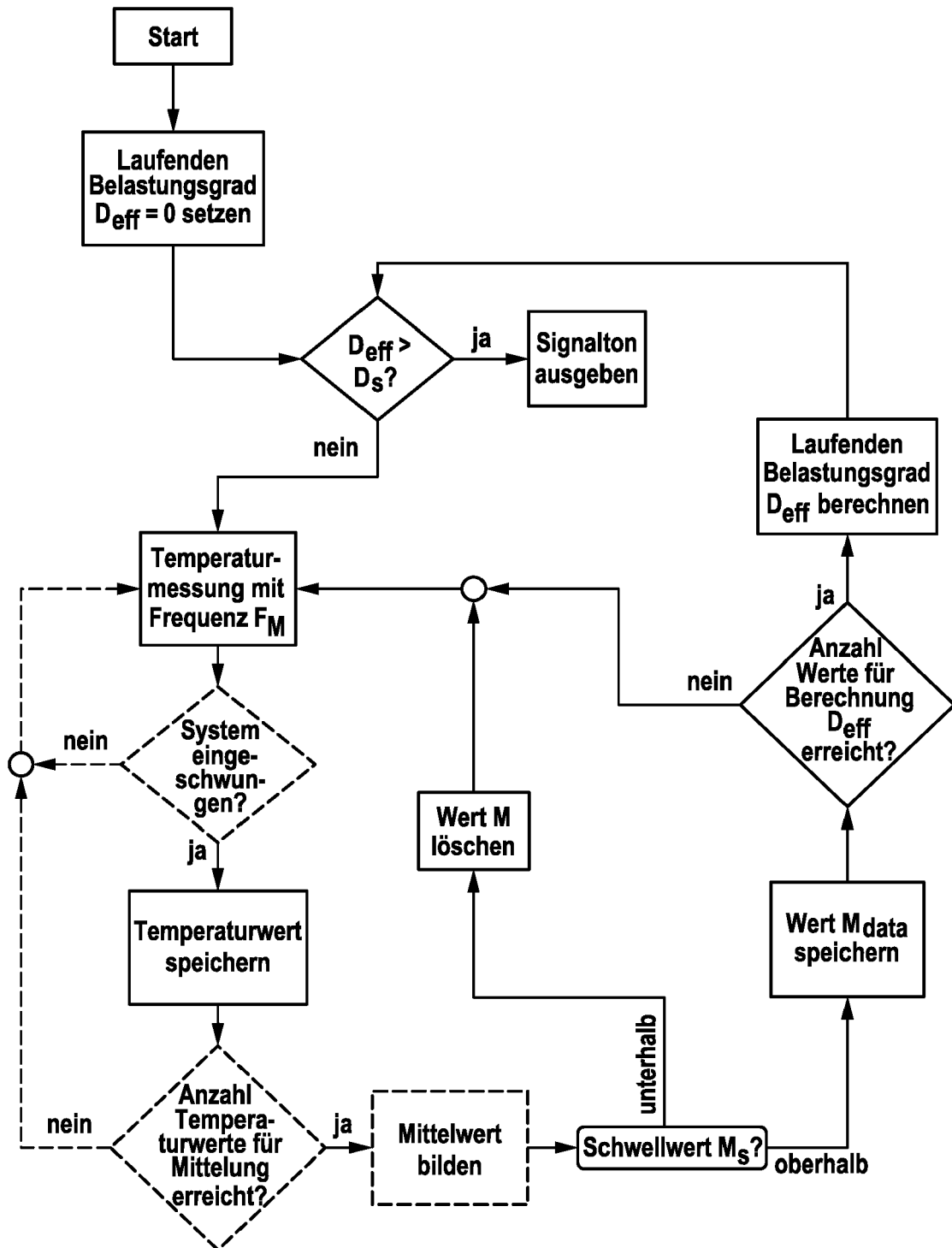
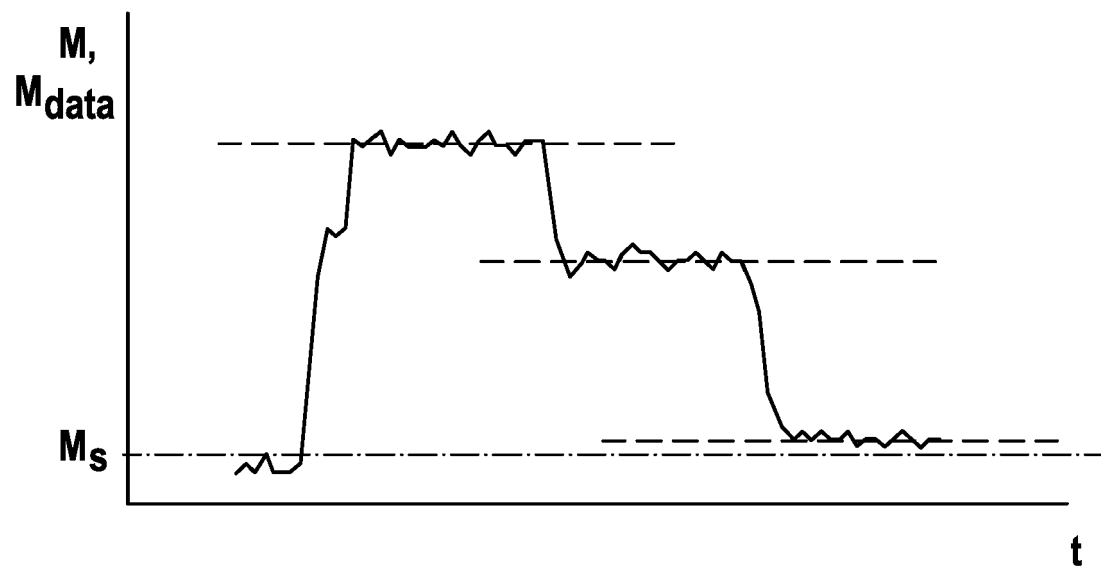
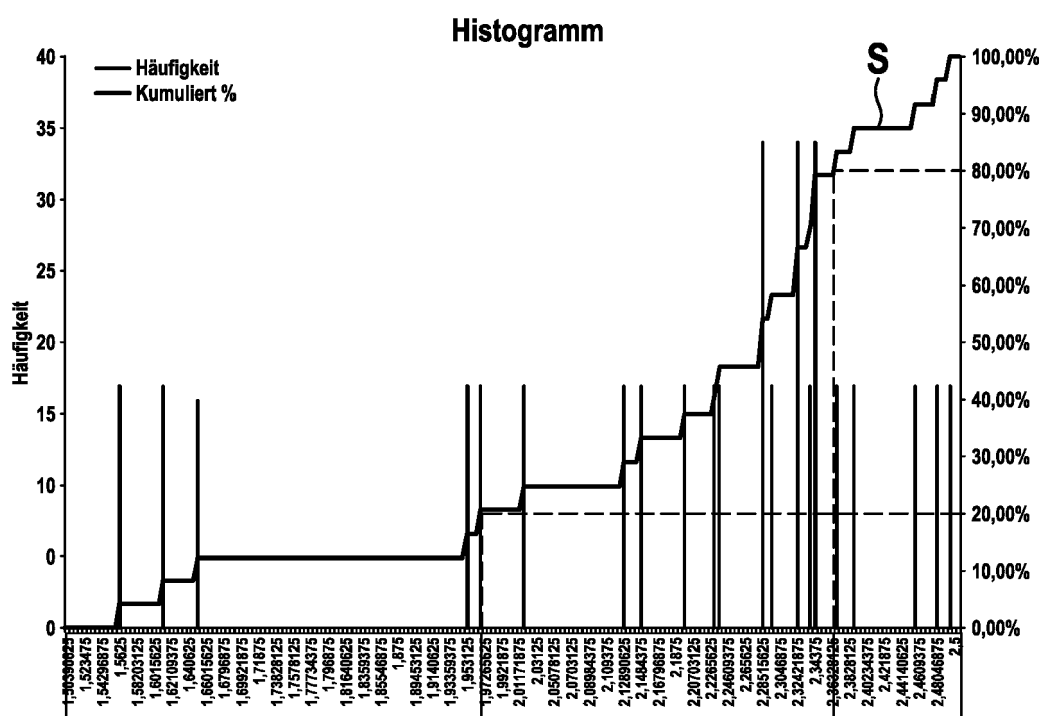


Fig. 3





**Fig. 4**



**Fig. 5**

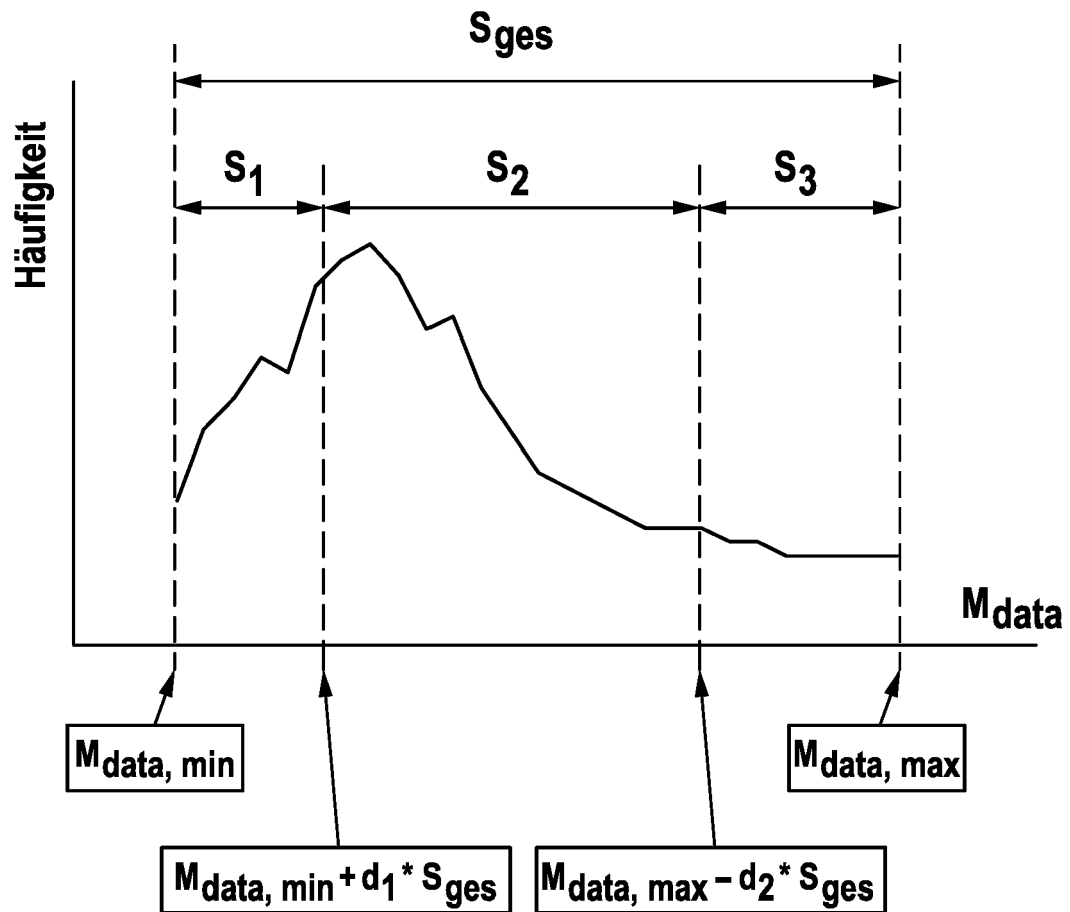


Fig. 6

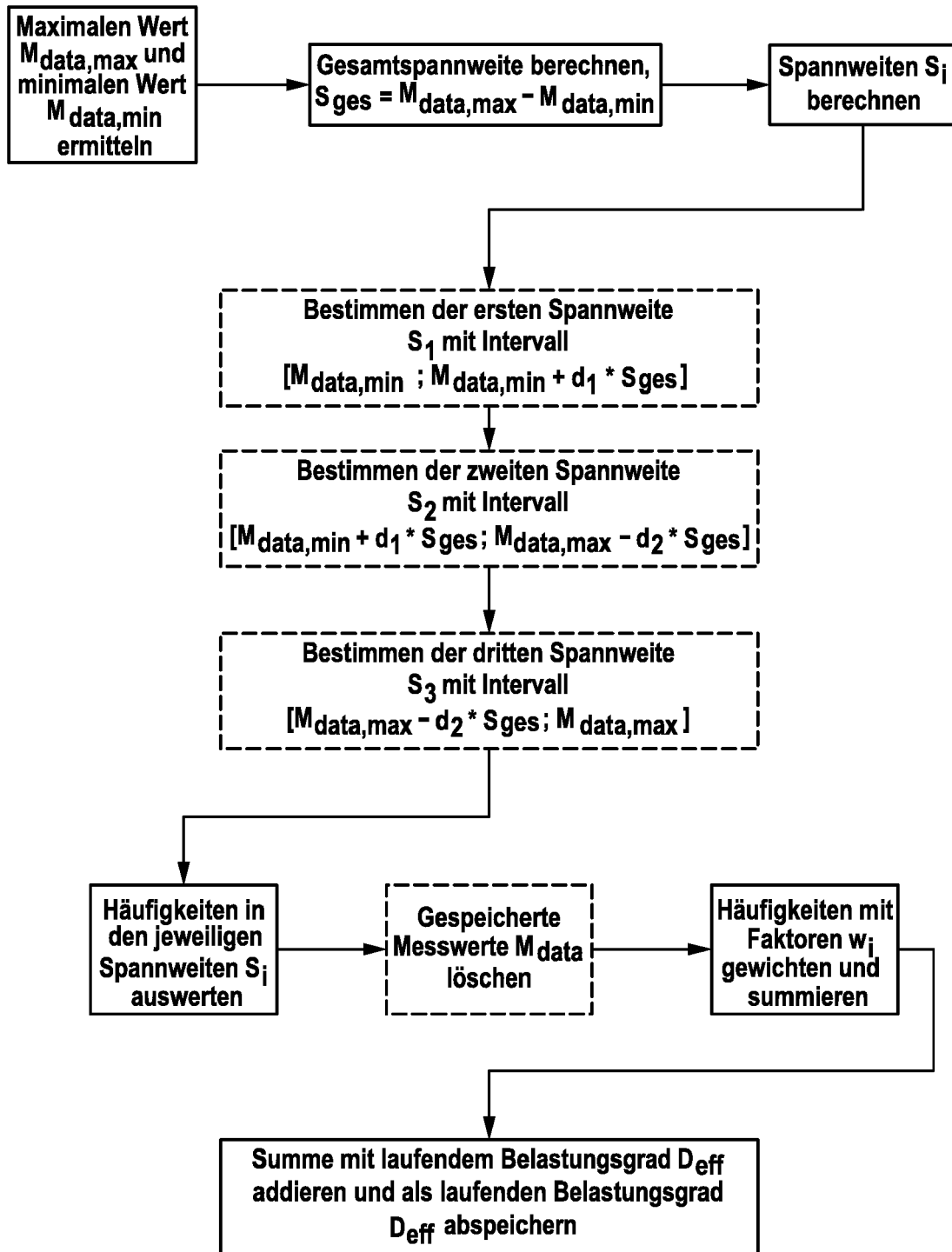
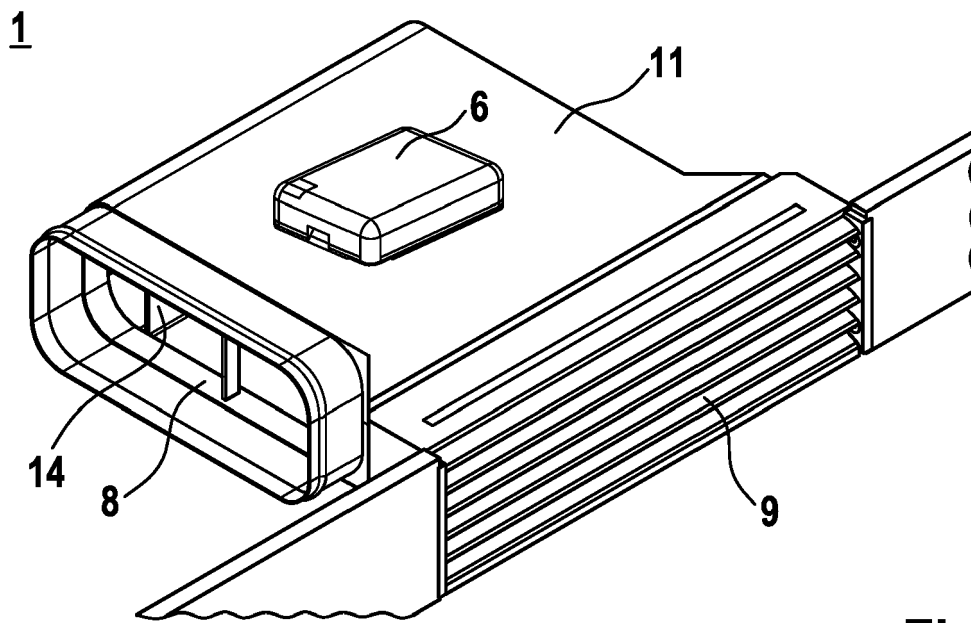
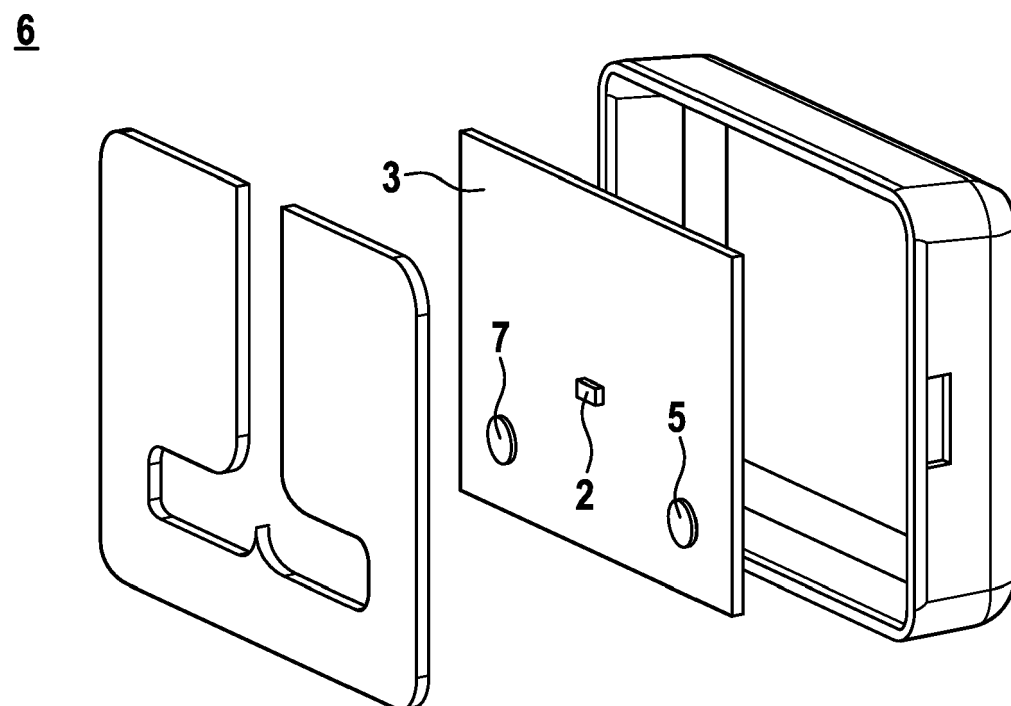


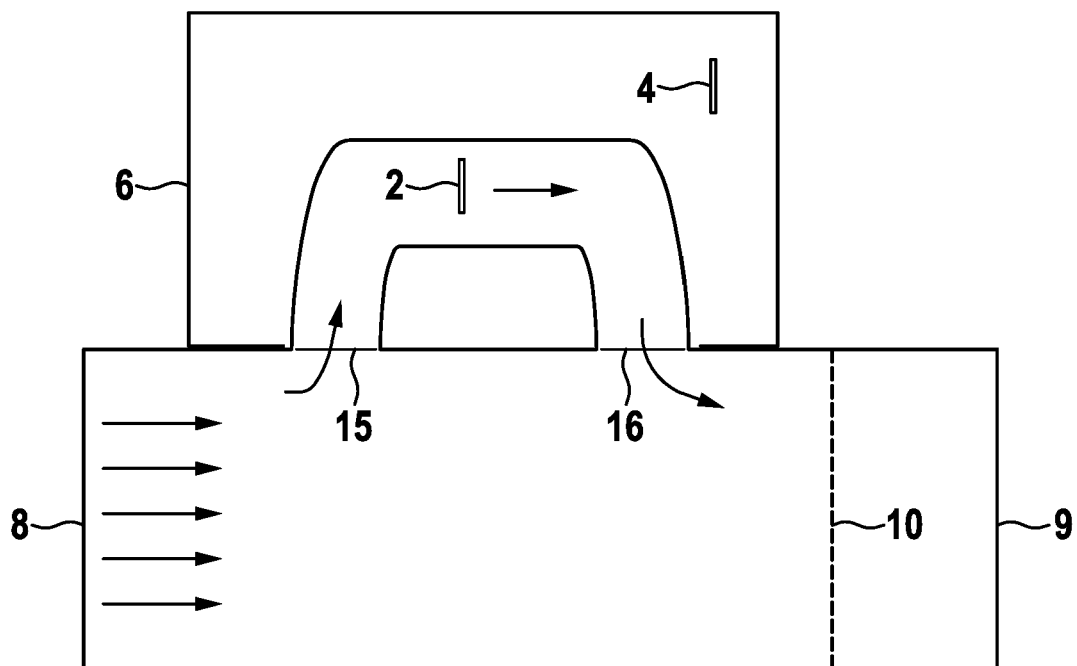
Fig. 7



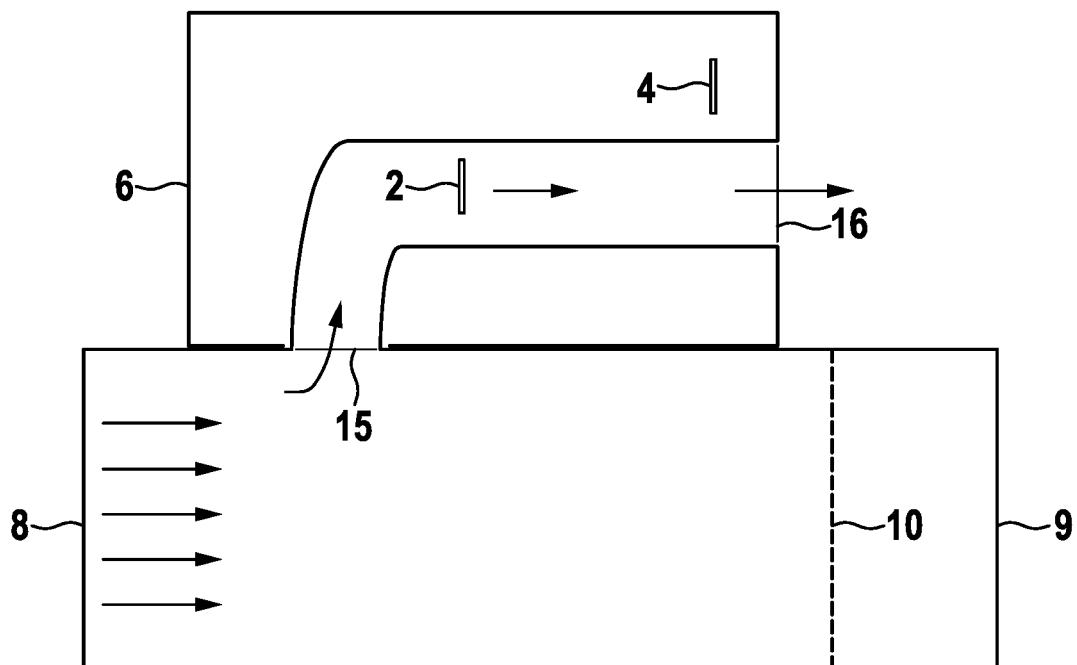
**Fig. 8**



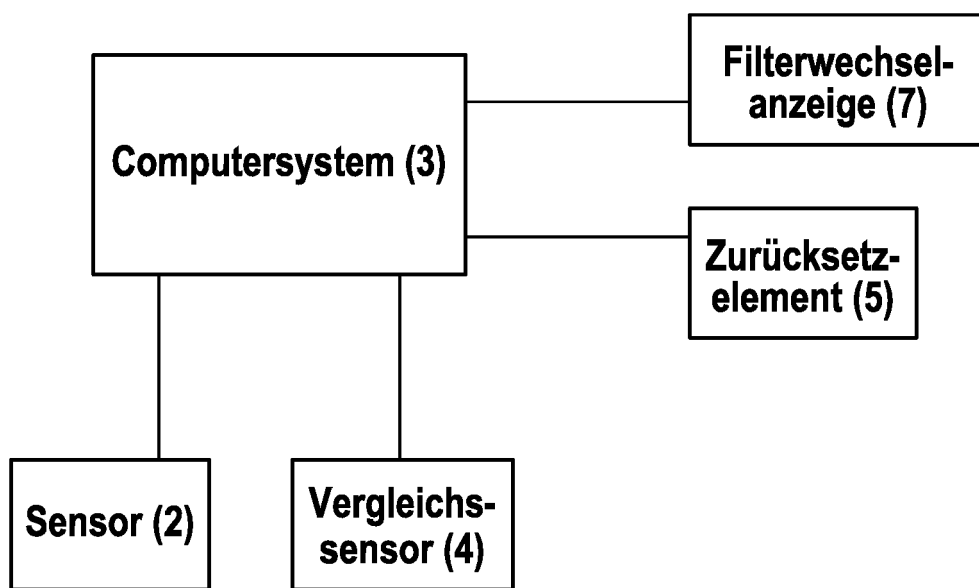
**Fig. 9**



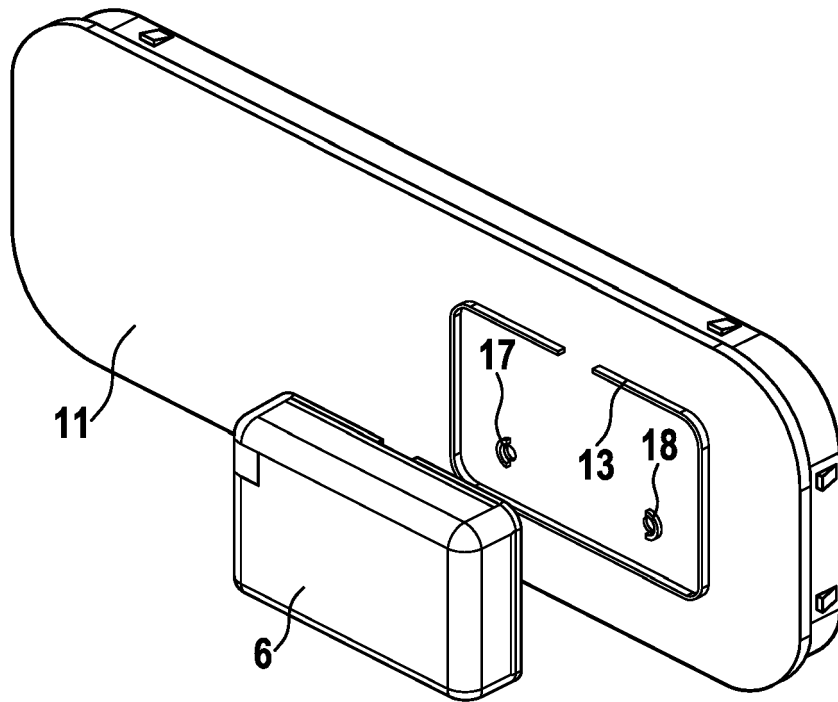
**Fig. 10**



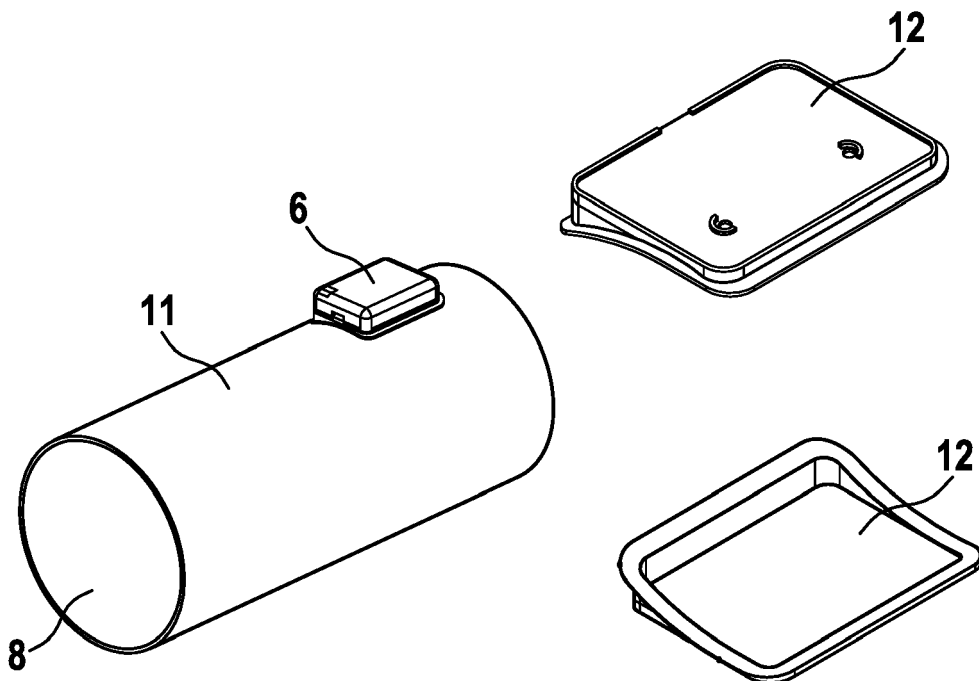
**Fig. 11**



**Fig. 12**

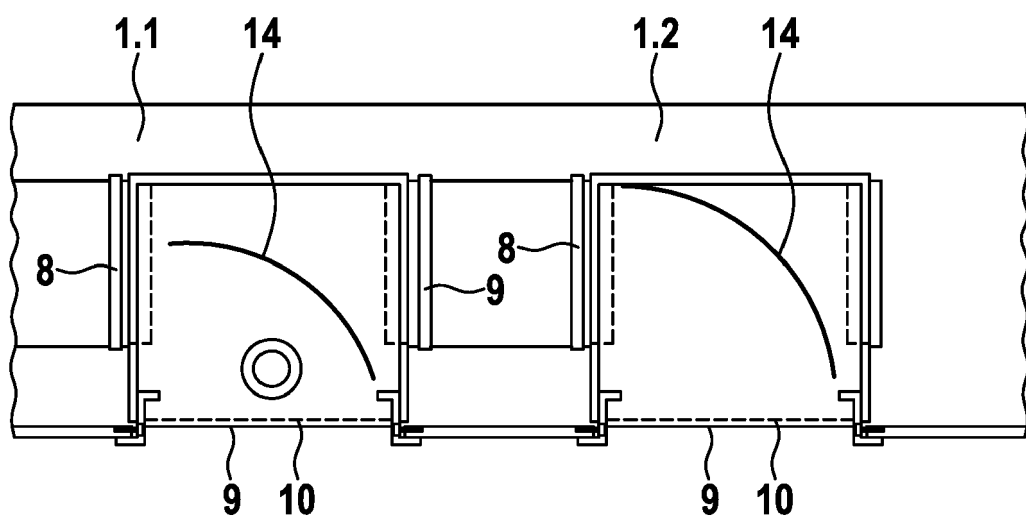


**Fig. 13**



**Fig. 14**





**Fig. 15**



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung  
EP 20 18 2294

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2017 127229 A1 (MIELE & CIE [DE]) 23. Mai 2019 (2019-05-23) * Absätze [0042] - [0045], [0063] - [0064] *	1-15	INV. F24C15/20 B01D35/143
A	DE 10 2010 001547 A1 (BEHR GMBH & CO KG [DE]) 4. August 2011 (2011-08-04) * das ganze Dokument *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F24C B01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>Den Haag</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>15. März 2021</b>	Prüfer <b>Meyers, Jerry</b>
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 20 18 2294

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-03-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102017127229 A1	23-05-2019	DE 102017127229 A1	23-05-2019
			EP 3511633 A2	17-07-2019
15	DE 102010001547 A1	04-08-2011	KEINE	
20				
25				
30				
35				
40				
45				
50				
55				

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- US 4050291 A **[0003]**
- US 5668535 A **[0004]**
- WO 2006077190 A1 **[0005]**
- WO 2007125003 A1 **[0005]**