

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 715 947 B1**

(51) Int. Cl.: **A61M 16/00** (2006.01)
A61M 15/00 (2006.01)

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTSCHRIFT**

(21) Anmeldenummer: 00247/20

(22) Anmeldedatum: 02.03.2020

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.09.2020

(30) Priorität: 04.03.2019 EP 19 160 499.0

(24) Patent erteilt: 13.11.2020

(45) Patentschrift veröffentlicht: 13.11.2020

(73) Inhaber:
Sensirion AG, Laubisrütistrasse 50
8712 Stäfa (CH)

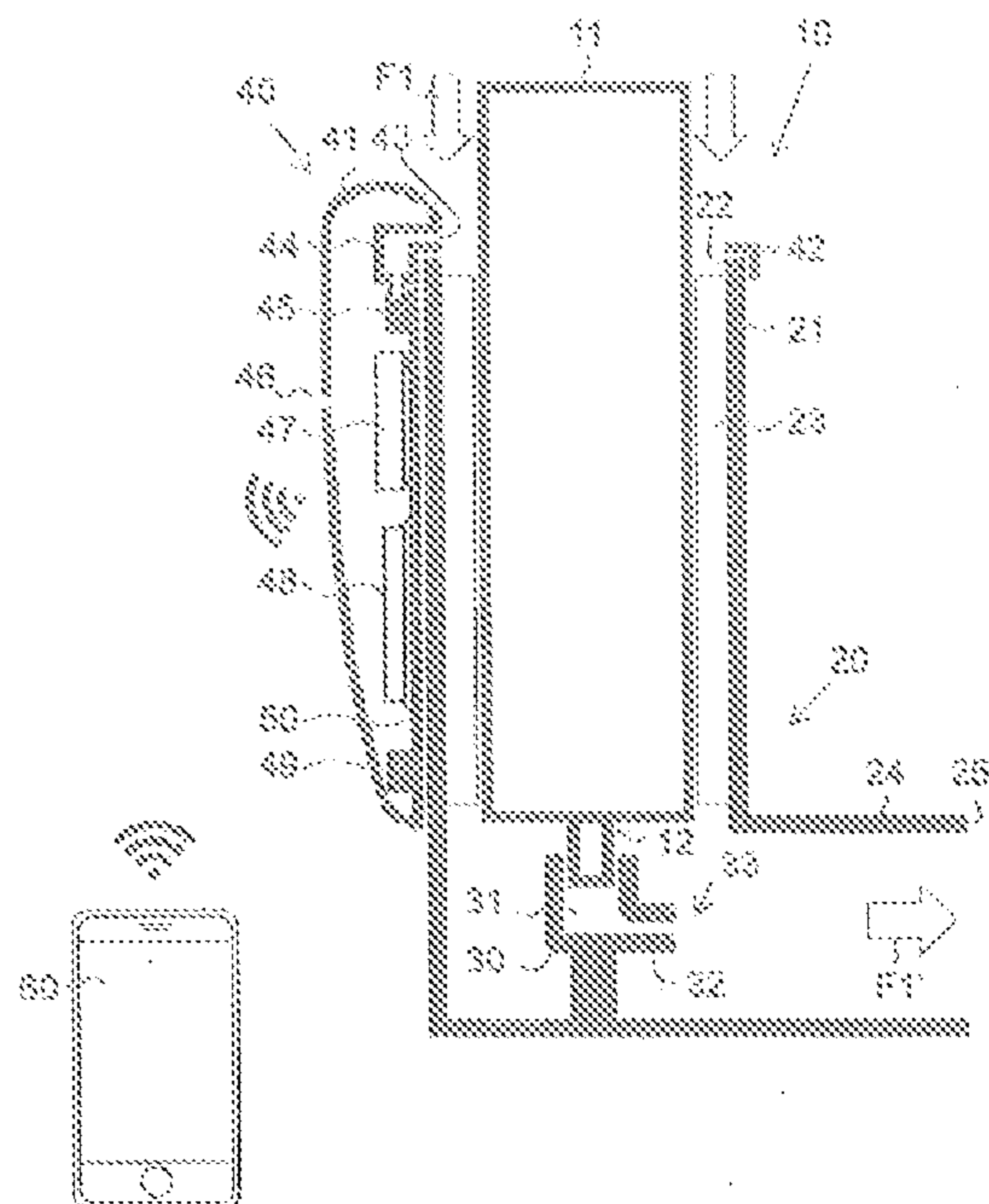
(72) Erfinder:
Andreas Alt, 8712 Stäfa (CH)
Christoph Zipkes, 8712 Stäfa (CH)
Mark Hornung, 8712 Stäfa (CH)

(74) Vertreter:
Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772
8027 Zürich (CH)

(54) **Überwachungssystem zum Überwachen der Handhabung eines Inhalators, Verfahren zum Betrieb des Systems und Computerprogrammprodukt zur Nutzung in der Umsetzung des Verfahrens**

(57) Ein Überwachungssystem zum Überwachen der Handhabung eines Inhalators (10) umfasst eine Durchflussmessvorrichtung (45) zum Messen eines Durchflusssignals, das eine Durchflussrate durch den Inhalator (10) angibt und eine Sekundärmeßvorrichtung (49) zum Messen eines Sekundärsignals, das die Handhabung des Inhalators angibt, sowie einen Ereignisanalysator (47), der das Durchflusssignal und das Sekundärsignal empfängt dahingehend analysiert, ob Merkmale dieser Signale zeitlich korrelieren. Auf der Grundlage einer solchen zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal und dem Sekundärsignal bestimmt der Ereignisanalysator, ob ein Handhabungsereignis eingetreten ist. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit, dass falsche Handhabungsereignisse erfasst werden, reduziert.

Neben dem Überwachungssystem betrifft die Erfindung ebenso einen Inhalator mit dem System, ein Inhalatorzubehörteil mit dem System, Verfahren zum Betrieb des Systems und ein Computerprogrammprodukt zur Nutzung in der Umsetzung des Verfahrens.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Überwachungssystem zur Überwachung der Handhabung eines medizinischen Inhalators, auf ein Verfahren zum Betrieb eines solchen Überwachungssystems und auf ein entsprechendes Computerprogrammprodukt.

STAND DER TECHNIK

[0002] Inhalatoren sind die am häufigsten verwendeten Geräte zur Behandlung von Atemwegserkrankungen wie Asthma und chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (COPD). Sie sind dazu ausgebildet, ein Medikament in Form eines Aerosols (d.h. einer Dispersion aus feinen festen Partikeln oder Flüssigkeitströpfchen in Luft) in die Lunge des Patienten zu bringen. Die häufigsten Arten von Inhalatoren sind druckbeaufschlagte Dosier-Inhalatoren (engl. metered-dose inhalers, MDIs) und Trockenpulver-Inhalatoren (engl. dry-powder inhalers, DPIs).

[0003] Ein MDI wird z.B. in US 2002/0144678 A1 offenbart. Das Medikament ist in Lösung oder Suspension zusammen mit einem Treibmittel in einem Druckbehälter gelagert. Der Behälter ist mit einem Dosierventil verschlossen. Der Behälter ist in einem Kunststoffgehäuse gehalten, das einen Lufteinlass und einen Luftauslass des Inhalators begrenzt. Am Luftauslass bildet das Gehäuse ein Mundstück. Das Gehäuse umfasst eine Fassung zur Aufnahme eines Ventilschaftes des Dosierventils. Die Fassung definiert einen Kanal, der zu einer Düsenöffnung führt, die sich im Luftstromweg zwischen dem Lufteinlass und dem Luftauslass des Inhalators befindet. Im Gebrauch atmet der Benutzer durch das Mundstück ein. Dadurch wird ein Luftstrom durch das Gehäuse und an der Düsenöffnung vorbei erzeugt. Nachdem der Benutzer mit dem Einatmen begonnen hat, drückt er den Behälter in das Gehäuse auf den Ventilschaft, der in der Fassung sitzt, wodurch das Dosierventil geöffnet und eine dosierte Menge des Medikaments durch die Düsenöffnung freigegeben wird. Das freigesetzte Medikament vermischt sich mit dem Luftstrom und wird somit vom Benutzer durch das Mundstück inhaliert.

[0004] Studien haben gezeigt, dass viele Patienten bei der Verwendung eines Inhalators mindestens einen Fehler machen, der dazu führt, dass das Medikament unvollständig in die Lunge gelangt. Die beiden grössten und schwerwiegendsten Fehler bei der Verwendung eines MDIs stehen beide im Zusammenhang mit der Inhalation durch den Patienten. Der erste Fehler ist eine mangelnde Koordination zwischen dem Einatmen und dem Auslösen der Dosisfreisetzung des Inhalators; selbst eine kurze Verzögerung kann dazu führen, dass nur ein kleiner Teil des Medikaments in die Lunge gelangt. Der zweitwichtigste Fehler ist, dass nicht genügend tief eingeatmet wird, was ebenfalls dazu führen kann, dass weniger Medikament in die Lunge gelangt.

[0005] Andreas Alt, „Flow Measurements in Smart Inhalers for Connected Drug Delivery“, („Flussmessungen in intelligenten Inhalatoren für die vernetzte Medikamentenverabreichung“), ONdrugDelivery 93 (2018), S. 22-26, befasst sich mit diesen Fragen. Das Dokument offenbart ein 3D-gedrucktes Inhalator-Zusatzgerät, das einen Durchflusssensor zur Überwachung von Inhalationsereignissen enthält. Das Prinzip der Durchflusssensor basiert auf dem Venturi/Bernoulli-Effekt, und der Durchflusssensor ist so angeordnet, dass der Luftstrom durch den Inhalator, an dem das Zusatzgerät angebracht ist, nicht gestört wird. Weitere Einzelheiten sind in der europäischen Patentanmeldung Nr. 18 207 022.7 enthalten, die am 19. November 2018 vom selben Anmelder wie die vorliegende Patentanmeldung eingereicht wurde und am 20. Mai 2020 als EP 3 653 247 A1 veröffentlicht wurde.

[0006] Häufig ist es erforderlich, dass der Benutzer den Inhalator vor der Anwendung schüttelt, um eine gute Mischung des Medikaments und des Treibmittels im Medikamentenbehälter zu gewährleisten. Wenn ein Inhalator zum ersten Mal benutzt wird, kann es notwendig sein, den Medikamentenpfad im Inneren des Inhalators zunächst zu spülen, indem mehrere Pseudofreisetzungseignisse durchgeführt werden, wobei der Inhalator wie bei einem normalen Medikamentenfreisetzungseignisse betrieben wird, ohne jedoch durch den Inhalator zu inhalieren.

[0007] WO 2017/178865 A1 offenbart einen MDI, der mit einem Zusatzgerät ausgestattet ist, welches an einem Mundstückteil des MDI befestigt ist. Das Zusatzgerät umfasst einen ersten Drucksensor zur Registrierung von Luftdruckänderungen aufgrund der Inhalation durch den Benutzer, einen zweiten Drucksensor zur Registrierung der Kompression des Gehäuses des Zusatzgeräts, wenn der Benutzer das Medikament freisetzt, und einen Bewegungssensor zur Registrierung von Bewegungen aufgrund des Schüttelns des MDI durch den Benutzer. Wenn das Zusatzgerät mit Hilfe des Bewegungssensors Schüttelvorgänge registriert, wacht es aus einem Schlafmodus auf, um einen nachfolgenden Medikamentenabgabevorgang zu überwachen. Während des Medikamentenabgabevorgangs wird ein Inhalationsereignis auf der Basis der Signale des ersten Drucksensors und ein Medikamentenfreisetzungseignisse auf der Basis der Signale des zweiten Drucksensors erfasst. Die Ereigniserkennung basiert immer nur auf den Signalen eines einzelnen Sensors. Dies kann dazu führen, dass das Gerät falsche Ereignisse registriert.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0008] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Überwachungssystem zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators bereitzustellen, wobei das Überwachungssystem eine reduzierte Wahrscheinlichkeit hat, dass falsche Ereignisse registriert werden.

[0009] Diese Aufgabe wird durch ein Überwachungssystem nach Anspruch 1 gelöst. Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0010] Die vorliegende Erfindung stellt ein Überwachungssystem zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators zur Verfügung, wobei das Überwachungssystem aufweist:

eine Durchflussmessvorrichtung zur Bestimmung eines Durchflusssignals, das eine Durchflussrate durch den Inhalator anzeigt;

eine Sekundärmessvorrichtung zum Bestimmen eines Sekundärsignals, das die Handhabung des Inhalators anzeigt; und

einen Ereignisanalysator, der dazu ausgebildet ist, das folgende Verfahren durchzuführen:

Empfangen des Durchflusssignals von der Durchflussmessvorrichtung;

Empfangen des Sekundärsignals von der Sekundärmessvorrichtung;

Analysieren des Durchflusssignals und des Sekundärsignals in Hinblick auf zeitliche Korrelationen; und

Bestimmen eines Ereignisindikators, der ein Handhabungsereignis während der Handhabung des Inhalators anzeigt, unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal und dem Sekundärsignal.

[0011] Erfindungsgemäss wird das Durchflusssignal mit einem sekundären Messsignal zur Erkennung bestimmter Handhabungsereignisse korreliert. Auf diese Weise können Ereignisse zuverlässiger registriert werden, als wenn nur die Signale eines einzelnen Sensors verwendet werden, und die Wahrscheinlichkeit, dass falsche Ereignisse registriert werden, wird reduziert.

[0012] In einigen Ausführungsformen weist die Sekundärmessvorrichtung einen Beschleunigungssensor auf, der so konfiguriert ist, dass er Bewegungen des Inhalators detektiert, und das Sekundärsignal ist dementsprechend ein Beschleunigungssignal. In diesem Fall kann der Beschleunigungssensor nicht nur dazu verwendet werden, die Durchflussrate mit den Bewegungen des Inhalators zu korrelieren, um bestimmte Handhabungsereignisse zu erkennen, sondern es wird auch möglich, auf der Grundlage der vom Beschleunigungssensor empfangenen Beschleunigungssignale die Orientierung des Inhalators während seiner Verwendung zu bestimmen. Dies kann zumindest für einige Arten von Inhalatoren eine wichtige Information sein.

[0013] In anderen Ausführungsformen weist die Sekundärmessvorrichtung ein Mikrofon auf, das so konfiguriert ist, dass es Geräuschsignale erkennt, die auf die Handhabung des Inhalators zurückzuführen sind. Insbesondere sind bestimmte Geräuschmuster charakteristisch für bestimmte Aktionen, die vom Benutzer ausgeführt werden, wie z.B. die Freisetzung von Medikamenten oder das Schütteln, und solche Geräuschmuster können erkannt und mit der Durchflussrate korreliert werden, um bestimmte Handhabungsereignisse zuverlässiger zu erkennen.

[0014] Bei anderen Ausführungsformen weist die Sekundärmessvorrichtung einen Betätigungssensor auf, der so konfiguriert ist, dass er Betätigungssignale erkennt, die auf eine Betätigung des Inhalators hinweisen. Der Betätigungssensor kann auf Bewegungen zwischen einem Medikamentenbehälter des Inhalators und einem Gehäuse des Inhalators empfindlich sein. Der Betätigungssensor kann ein induktiver Sensor sein. Bei einem MDI besteht die Betätigung darin, dass der Benutzer den Medikamentenbehälter in das Gehäuse drückt, und der Betätigungssensor kann dementsprechend z.B. neben dem Medikamentenbehälter angeordnet werden, um Bewegungen des Medikamentenbehälters relativ zum Gehäuse zu erfassen. Bei anderen Arten von Inhalatoren kann der Betätigungssensor neben anderen Inhalatorteilen angeordnet werden, um Relativbewegungen zwischen zwei Inhalatorteilen zu erfassen. Solche Bewegungen können mit der Durchflussrate korreliert werden, um bestimmte Handhabungsvorgänge zuverlässiger zu erkennen.

[0015] In einigen Ausführungsformen kann der Ereignisindikator ein Schüttelereignisindikator sein, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator schüttelt. In diesem Fall ist der Ereignisanalysator so konfiguriert, dass er den Schüttelereignisindikator unter Berücksichtigung der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt:

das Sekundärsignal zeigt an, dass der Inhalator einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster ausgesetzt ist, das für das Schütteln charakteristisch ist; und

das Durchflusssignal zeigt ein Durchflussratenmuster an, das mit dem Bewegungsmuster übereinstimmt.

[0016] Der Schüttelereignisindikator kann nicht nur anzeigen, ob der Inhalator überhaupt geschüttelt wurde, sondern auch, ob das Schütteln korrekt durchgeführt wurde, z.B. mit ausreichender Stärke und während eines ausreichend langen Zeitintervalls.

[0017] Ist beispielsweise die Sekundärmessvorrichtung ein Beschleunigungssensor, so zeigt das vom Sensor ermittelte Beschleunigungssignal beim Schütteln des Inhalators ein schnelles Schwingungsverhalten, wobei die Amplitude des Beschleunigungssignals von der Intensität des Schüttelvorgangs abhängt. Dieses charakteristische Bewegungsmuster ist leicht zu erkennen. Auch das Durchflusssignal zeigt aufgrund der Trägheit der Luft im Inneren des Inhalators ein schnelles Schwingungsverhalten. Auch dieses charakteristische Durchflussmuster ist leicht zu erkennen. Das Bewegungsmuster und das Durchflussratenmuster können dann verglichen werden, um festzustellen, ob sie miteinander übereinstimmen, d.h. ob sie gleichzeitig auftreten und ähnliche Eigenschaften aufweisen. Wenn ein Bewegungsmuster, aber kein übereinstimmendes Durchflussratenmuster erkannt wird oder umgekehrt, kann dies entweder auf eine Fehlerkennung oder auf eine Fehlfunktion des Geräts hinweisen und damit eine weitere Analyse auslösen.

[0018] Eine ähnliche Analyse kann auch durchgeführt werden, wenn die Sekundärmessvorrichtung ein Mikrofon ist, das ein charakteristisches Geräuschemuster aufgrund des Schütteln des Inhalators aufzeichnet, oder wenn die Sekundärmessvorrichtung ein Betätigungssensor ist, der ebenfalls charakteristische Signale aufgrund unvermeidlicher Relativbewegungen der Inhalatorteile (insbesondere kleine Relativbewegungen zwischen dem Medikamentenbehälter und dem Gehäuse) beim Schütteln des Inhalators erfassen kann.

[0019] Häufig benötigt das Sekundärmessgerät für seinen Betrieb wesentlich weniger elektrische Energie als das Durchflussmessgerät. Es ist daher vorteilhaft, das Durchflussmessgerät nur dann zu aktivieren, wenn das Sekundärsignal anzeigt, dass der Inhalator bewegt wird. Insbesondere kann der Ereignisanalysator so konfiguriert werden, dass er das folgende Verfahren durchführt:

Betrieb in einem Schlafmodus, in dem das Sekundärmessgerät aktiviert ist, während das Durchflussmessgerät deaktiviert ist;

Ausführen einer Aufweckroutine, wenn das Sekundärsignal anzeigt, dass der Inhalator Bewegungen ausgesetzt ist, wobei die Aufweckroutine die Aktivierung der Durchflussmessvorrichtung bewirkt;

Betreiben der Durchflussmessvorrichtung, um das Durchflusssignal zu bestimmen und das Durchflusssignal an den Ereignisanalysator zu übermitteln; und

Bestimmung des Schüttelereignisindikators unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal und dem Sekundärsignal.

[0020] In einigen Ausführungsformen kann der Ereignisindikator ein Auslöseereignisindikator sein, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator betätigt, während er durch den Inhalator einatmet. In diesem Fall ist der Ereignisanalysator so konfiguriert, dass er den Auslöseereignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt:

das Durchflusssignal zeigt ein Durchflussmuster, das für die Inhalation durch den Inhalator charakteristisch ist;

das Sekundärsignal zeigt an, dass der Inhalator einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist, und

das Bewegungsmuster, das für ein Medikamenten freisetzungseignis charakteristisch ist, tritt auf, während das Durchflussmuster auf eine Inhalation hinweist.

[0021] Mit anderen Worten, ein Inhalationseignis, wie es durch das Durchflussmessgerät bestimmt wird, wird mit einem Medikamentenfreisetzungseignis, wie es durch die Sekundärmessvorrichtung bestimmt wird, korreliert, und diese Ereignisse werden korreliert, um zu vermeiden, dass falsche Medikamentenfreisetzungseignisse erfasst werden. Die Durchflussmessung definiert den Zeitrahmen, in dem das Sekundärsignal möglicherweise ein Medikamentenfreisetzungseignis anzeigen kann. Diese Korrelationsanalyse ist besonders vorteilhaft, wenn das Sekundärmessgerät ein Beschleunigungssensor oder ein Mikrofon ist. Wenn solche Sensoren zur Erkennung von Medikamentenfreisetzungseignissen eingesetzt werden, ist die Wahrscheinlichkeit, dass falsche Medikamentenfreisetzungseignisse erfasst werden, besonders hoch, es sei denn, die Sekundärsignale dieser Sensoren werden gegen ein unabhängiges Signal, wie z.B. das Durchflusssignal, doppelt geprüft. Durch eine Analyse der Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal und dem Sekundärsignal wird es praktisch möglich, auf einen separaten Auslösesensor zu verzichten und stattdessen den Beschleunigungssensor oder das Mikrofon zur Erkennung von Medikamentenfreisetzungseignissen zu verwenden.

[0022] Ein Medikamentenfreisetzungseignis kann auch eine kleine zusätzliche Signatur im Durchflusssignal selbst verursachen, die dem Durchflussratenmuster durch die Inhalation überlagert ist. Daher kann es vorteilhaft sein, wenn der Ereignisanalysator so konfiguriert ist, dass er die folgenden zusätzlichen Bedingungen berücksichtigt:

das Durchflusssignal zeigt eine zusätzliche Durchflusssignatur, die charakteristisch für ein Medikamentenfreisetzungseignis während der Inhalation ist, zusätzlich zu dem Durchflussratenmuster, das für die Inhalation durch den Inhalator charakteristisch ist; und

die zusätzliche Durchflusssignatur tritt gleichzeitig mit dem Bewegungsmuster auf, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist, wie es von der Sekundärmessvorrichtung bestimmt wird.

[0023] In einigen Ausführungsformen kann der Ereignisindikator ein Pseudofreisetzungseignisindikator sein, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator betätigt, ohne durch den Inhalator zu inhalieren, und der Ereignisanalysator ist so konfiguriert, dass er den Pseudofreisetzungseignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt:

das Sekundärsignal zeigt an, dass der Inhalator einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist;

das Durchflusssignal zeigt eine Durchflusssignatur an, die charakteristisch ist für ein Medikamentenfreisetzungseignis in Abwesenheit einer Inhalation; und

die Durchflusssignatur, die für ein Medikamentenfreisetzungseignis bei fehlender Inhalation charakteristisch ist, tritt gleichzeitig mit dem Bewegungsmuster auf, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist.

[0024] Auf diese Weise wird es möglich, zu überwachen, ob der Benutzer den Inhalator vor dem ersten Gebrauch korrekt gespült hat.

[0025] Das Überwachungssystem kann eine optische oder akustische Ausgabevorrichtung umfassen, die auf der Grundlage des Ereignisindikators ein Feedback über die Handhabung durch den Benutzer ausgibt. So kann das Überwachungssystem z.B. Rückmeldungen darüber ausgeben, ob der Inhalator korrekt geschüttelt wurde, ob die Inhalation korrekt durchgeführt wurde, ob ein Medikamentenfreisetzungseignis während der Inhalation korrekt zeitlich abgestimmt wurde oder ob der Inhalator vor dem ersten Gebrauch korrekt gespült wurde.

[0026] Das Überwachungssystem kann so konfiguriert werden, dass der Ereignisindikator über eine drahtlose Verbindung an ein entferntes Gerät übertragen wird. Bei dem entfernten Gerät kann es sich beispielsweise um ein Smartphone, einen Tablet- oder Notebook-Computer oder einen entfernten Server handeln, der über ein Weitbereichsnetz wie das Internet zugänglich ist. Das Überwachungssystem kann beispielsweise ein Modul umfassen, das eine drahtlose Punkt-zu-Punkt-Verbindung mit dem entfernten Gerät ermöglicht, wie ein Bluetooth™-Modul, oder ein Modul, das eine Netzwerkkommunikation mit dem entfernten Gerät über eine drahtlose Verbindung ermöglicht, z.B. über ein WiFi™-Netzwerk oder über ein Mobilfunknetz wie ein GSM-Netz. Das entfernte Gerät kann verwendet werden, um dem Benutzer, dem medizinischen Personal oder einem Fernanalysegerät Rückmeldung zu geben, anstatt oder zusätzlich zur Bereitstellung von Benutzer-rückmeldungen am Inhalator selbst.

[0027] Zusätzlich oder alternativ dazu kann der Ereignisindikator lokal oder im entfernten Gerät gespeichert werden, um später ausgelesen zu werden.

[0028] Die vorliegende Erfindung stellt ferner einen Inhalator oder ein Zubehörteil für einen Inhalator zur Verfügung, aufweisend ein Überwachungssystem der vorstehend beschriebenen Art. Das Zubehörteil kann ein Zusatzgerät sein, das so konfiguriert ist, dass es abnehmbar an einem vorhandenen Inhalator angebracht werden kann, wodurch ein Standardinhalator um „intelligente“ Funktionen erweitert wird.

[0029] Es ist nicht notwendig, dass das gesamte Überwachungssystem eine einzige Einheit bildet. In einigen Ausführungen sind nur einige der Komponenten des Überwachungssystems im oder am Inhalator selbst oder im Zusatzgerät vorgesehen, während andere Komponenten entfernt vom Inhalator und/oder Zusatzgerät angeordnet sind. Insbesondere ist es möglich, dass das Durchflussmessgerät und das Sekundärmessgerät im oder am Inhalator oder im Zusatzgerät angeordnet sind, während der Ereignisanalysator in einem entfernten Gerät angeordnet ist. Der Ereignisanalysator kann beispielsweise als Smartphone mit darauf installierter App implementiert werden, und der Inhalator oder das Zusatzgerät kann so konfiguriert werden, dass das Durchflusssignal und das Sekundärsignal zur Analyse an das Smartphone übertragen werden.

[0030] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein entsprechendes Verfahren zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators zur Verfügung. Das Verfahren umfasst:

Bestimmen eines Durchflusssignals, das eine Durchflussrate durch den Inhalator anzeigt;

Bestimmen eines Sekundärsignals, das die Handhabung des Inhalators anzeigt;

Analysieren des Durchflusssignals und des Sekundärsignals in Hinblick auf zeitliche Korrelationen; und

Bestimmen eines Ereignisindikators, der auf ein Handhabungsereignis während der Handhabung des Inhalators hinweist, unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal und dem Sekundärsignal.

[0031] Wie bereits diskutiert, kann das Sekundärsignal ein Beschleunigungssignal sein, das auf Bewegungen des Inhalators hinweist, ein Geräuschsignal, das auf Geräusche während der Handhabung des Inhalators hinweist, oder ein Betätigungssignal, das auf die Betätigung des Inhalators hinweist.

[0032] Wie bereits diskutiert, kann der Ereignisindikator ein Schüttetereignisindikator, ein Auslöseereignisindikator oder ein Pseudoauslöseereignisindikator sein.

[0033] Wie bereits diskutiert, kann das Verfahren das Ausgeben von visuellen oder akustischen Handhabungsinformationen an einen Benutzer auf der Grundlage des Ereignisindikators und/oder das Übertragen des Ereignisindikators an ein entferntes Gerät über eine drahtlose Verbindung umfassen.

[0034] Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Computerprogrammprodukt zum Betrieb eines Überwachungssystems zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators bereit, wobei das Überwachungssystem eine Durchflussmessvorrichtung zur Bestimmung eines Durchflusssignals, das eine Durchflussrate durch den Inhalator anzeigt, eine Sekundärmessvorrichtung zur Bestimmung eines Sekundärsignals, das die Handhabung des Inhalators anzeigt, und einen Ereignisanalysator aufweist, wobei das Computerprogrammprodukt Programmbefehle aufweist, die von einem Prozessor des Ereignisanalysators ausführbar sind, um das oben beschriebene Verfahren auszuführen. Das Computerprogramm kann auf einem Speichermedium, insbesondere auf einem nichtflüchtigen Datenträger, gespeichert sein oder über ein Netzwerk zum Herunterladen bereitgestellt werden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung werden im Folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, die zur Veranschaulichung der vorliegenden bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung dienen und nicht zur Einschränkung derselben. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 in einem stark schematischen Längsschnitt ein Inhalationssystem, das einen Inhalator und ein Zubehörteil umfasst, wobei das Zubehörteil ein Überwachungssystem gemäss einer ersten Ausführungsform implementiert, zusammen mit einer Fernsteuerungseinrichtung;
- Fig. 2 in einem stark schematischen Längsschnitt einen Teil eines Inhalationssystems, das einen Inhalator und ein Zubehörteil nach einer zweiten Ausführungsform aufweist;
- Fig. 3 ein stark schematisches Blockschaltbild eines beispielhaften Überwachungssystems für einen Inhalator;
- Fig. 4 ein schematisches Diagramm, das Beschleunigungs- und Durchflusssignale beim Schütteln des Inhalators zeigt;
- Fig. 5 ein Flussdiagramm, das einen möglichen Aufwachvorgang des Überwachungssystems in Fig. 3 veranschaulicht;
- Fig. 6 ein schematisches Diagramm, das Beschleunigungs- und Durchflusssignale während eines Auslöseereignisses zeigt;
- Fig. 7 ein Flussdiagramm, das einen möglichen Detektionsvorgang bei einem Auslöseereignis darstellt;
- Fig. 8 ein schematisches Diagramm, das Beschleunigungs- und Durchflusssignale während eines Pseudofreisetzungseignisses zeigt; und
- Fig. 9 ein Flussdiagramm, das ein mögliches Detektionsverfahren für ein Pseudofreisetzungseignis veranschaulicht.

BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0036] Beispielhafte Ausführungsform eines Inhalators mit einem Zubehörteil, das ein Überwachungssystem umfasst

[0037] Fig. 1 zeigt stark schematisch ein Inhalationssystem, das ein Überwachungssystem gemäss einer ersten Ausführungsform beinhaltet. Das Inhalationssystem umfasst einen Inhalator 10 und ein Zubehörteil 40. Das Zubehörteil 40 wird mit Hilfe einer Befestigungsstruktur 42 am Inhalator 10 befestigt, so dass es vom Inhalator 10 abnehmbar ist. Das Überwachungssystem ist im Zubehörteil 40 implementiert.

[0038] Im vorliegenden Beispiel ist der Inhalator 10 ein typischer druckbeaufschlagter MDI-Inhalator (engl. pressurized MDI, pMDI). Er umfasst ein im Wesentlichen zylindrisches Medikamentenreservoir (Medikamentenbehälter) 11, das an

seinem unteren Ende ein Dosierventil zur kontrollierten Abgabe von Einzeldosen eines Medikaments durch einen hohlen Ventilschaft 12 aufweist. Das Dosierventil wird durch Eindrücken des Ventilschaftes 12 in den Medikamentenbehälter 11 betätigt.

[0039] Der Medikamentenbehälter 11 wird in einem Inhalatorgehäuse 20 aufgenommen. Das Inhalatorgehäuse 20 ist im Wesentlichen L-förmig. Der aufrechte Schenkel des L bildet einen nach oben offenen Aufnahmeteil für den Medikamentenbehälter 10. Der Aufnahmeteil hat die Form eines Hohlzylinders, der sich nach oben bis zu einem oberen Ende 22 erstreckt. Der Aufnahmeteil wird durch eine umlaufende Gehäusewand 21 definiert. Am offenen oberen Ende 22 des Aufnahmeteils bildet die Gehäusewand 21 eine ringförmige Stirnfläche. Der Medikamentenbehälter 11 wird im Aufnahmeteil durch eine Vielzahl von Abstandsrippen 23 gehalten, die sich von der Gehäusewand 21 radial nach innen erstrecken. Dadurch ist die äussere Umfangswand des Medikamentenbehälters 11 von der Gehäusewand 21 des Gehäuses 20 beabstandet, und es bilden sich so axial verlaufende Luftkanäle zwischen der Gehäusewand 21 und dem Medikamentenbehälter 11.

[0040] Am unteren Ende des Aufnahmeteils enthält das Inhalatorgehäuse 20 einen Hohlstutzen 30. Der Ventilschaft 12 des Medikamentenbehälters 11 sitzt im Stutzen 30. Der Stutzen 30 definiert einen Kanal 31, der vom Ausgang des Ventilschaftes 12 zu einer Düsenöffnung 32 führt. Die Düsenöffnung 32 mündet in das Innere des Inhalatorgehäuses 20 in einer seitlichen Richtung, die quer zur Zylinderachse des Aufnahmeteils, aber nicht zwingend senkrecht zur Zylinderachse verläuft.

[0041] Der Querschlenkel des L-förmigen Gehäuses 20 erstreckt sich in der gleichen seitlichen Richtung wie die Düsenöffnung 32. An seinem entfernten Ende bildet er ein hohles Mundstück 24 zum Einführen in den Mund eines Benutzers. Das Mundstück 24 ist an seinem Ende 25 seitlich offen. Es hat normalerweise eine abgeflachte Querschnittsform, die der Anatomie des Mundes eines menschlichen Benutzers angepasst ist. Diese Querschnittsform unterscheidet sich im Allgemeinen von der Querschnittsform des Aufnahmeteils.

[0042] Das offene obere Ende 22 des Aufnahmeteils des Inhalatorgehäuses 20 bildet zusammen mit der Umfangswand des Medikamentenbehälters 11 einen Lufteinlass, der den Eintritt von Luft in den Inhalator ermöglicht. Das offene Ende 25 des Mundstücks 24 bildet einen Luftauslass. Zwischen dem Lufteinlass und dem Luftauslass besteht ein Durchflussweg durch das Inhalatorgehäuse 20. Die Düsenöffnung 32 ist in diesem Luftdurchflussweg angeordnet. Stromabwärts von der Düsenöffnung 32 begrenzt das Inhalatorgehäuse 20 eine Mischzone 33 zum Mischen des Luftstroms mit dem aus dem Medikamentenbehälter 11 freigesetzten Medikament.

[0043] Bei der Anwendung schüttelt der Benutzer zunächst den Inhalator, um das Medikament und das Treibmittel innerhalb des Medikamentenbehälters 11 gründlich zu mischen. Dann atmet der Benutzer aus und legt seinen Mund um das Mundstück 24. Danach atmet der Benutzer durch das Mundstück 24 ein und erzeugt dabei einen Luftstrom F1 durch das Inhalatorgehäuse 20 vom Lufteinlass zum Luftauslass. Nachdem der Benutzer begonnen hat, durch das Mundstück 14 einzusatmen, wird der Medikamentenbehälter 11 nach unten in das Gehäuse 20 gedrückt, um eine Dosis des Medikaments freizusetzen. Aufgrund des Drucks im Medikamentenbehälter 11 wird das Medikament durch den Kanal 31 und die Düsenöffnung 32 in die Mischzone 33 getrieben, wo es sich mit dem Luftstrom zu einem Aerosolstrom F1' vermischt und vom Benutzer eingeatmet wird.

[0044] Das Zubehörteil 40 umfasst ein Zubehörgehäuse 41, das mit Hilfe der Befestigungsstruktur 42 am Inhalatorgehäuse 20 gehalten wird. Im vorliegenden Beispiel bildet die Befestigungsstruktur 42 einen Ring, der auf das offene obere Ende des Aufnahmeteils des Inhalatorgehäuses 20 aufgeschoben wird. Der Ring hat an seinem oberen Ende einen sich nach innen erstreckenden Flansch, der auf der oberen Stirnfläche der Gehäusewand 21 am offenen oberen Ende 22 des Aufnahmeteils aufliegt und dadurch zusammen mit dem oberen Ende 22 des Aufnahmeteils eine axiale Anschlagstruktur bildet. Dadurch wird sichergestellt, dass das Zubehörgehäuse 41 in einer definierten axialen Position am Inhalatorgehäuse 20 befestigt wird.

[0045] Im Inneren des Zubehörgehäuses 41 befindet sich ein Träger 50 in Form einer Leiterplatte. Der Träger 50 trägt einen elektronischen Drucksensor 45, eine Steuerung 47, eine Batterie 48 und einen Beschleunigungssensor 49. Eine Öffnung im Zubehörgehäuse 41 definiert einen Druckanschluss 43. Der elektronische Drucksensor 45 kommuniziert pneumatisch über einen Kanal 44 mit dem Druckanschluss 43.

[0046] Der Druckanschluss 43 ist in einem nach innen gerichteten Wandabschnitt des Zubehörgehäuses 41 angeordnet, der unmittelbar an das offene obere Ende 22 des Inhalatorgehäuses 20 angrenzt. Der Druckanschluss 43 ist so angeordnet, dass der Luftstrom F1, unmittelbar bevor er am Lufteinlass in das Inhalatorgehäuse 20 eintritt, den Druckanschluss 43 überströmt. Die Oberfläche des Wandteils des Zubehörgehäuses 41, in dem der Druckanschluss 43 angeordnet ist, ist mit der Innenfläche der Gehäusewand 21 des Inhalatorgehäuses 20 bündig. Diese Flächen begrenzen zusammen den Luftstrom F1 am Lufteinlass. Das Zubehörteil 40 der ersten Ausführung hat keine Struktur, die in den Luftstrom F1 hineinragt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Luftstrom F1 durch das Vorhandensein des Zubehörs 40 so wenig wie möglich gestört wird.

[0047] Im Gebrauch bewirkt der Luftstrom F1, der durch das Einatmen des Benutzers verursacht wird, aufgrund des Bernoulli/Venturi-Effekts, der durch die Beschleunigung des Luftstroms beim Eintritt in den Inhalator entsteht, einen Unterdruck am Druckanschluss 43. Der Betrag des Unterdrucks steht in direktem Zusammenhang mit dem Betrag der Durchflussrate des Luftstroms F1. Der Unterdruck wird durch den elektronischen Drucksensor 45 registriert. Die Steuerung 47 liest den elektronischen Drucksensor 45 aus und ermittelt aus den vom elektronischen Drucksensor 45 ausgelesenen Sensorsi-

gnalen ein Durchflusssignal. Zu diesem Zweck kann die Steuerung 47 Kalibrierdaten verwenden, die gemessene Druckwerte mit bekannten Durchflusswerten des Luftstroms F1 in Beziehung setzen. Auf diese Weise realisiert der Drucksensor 45 im Wesentlichen eine Durchflussmessvorrichtung zur Bestimmung einer Luftdurchflussrate durch den Inhalator 10.

[0048] Es ist zu beachten, dass der Drucksensor 45 nicht nur einen Luftstrom registriert, der durch die Einatmung des Benutzers verursacht wird, sondern auch jeden anderen Luftstrom durch den Inhalator 10, einschliesslich eines Luftstroms, der durch Schütteln des Inhalators 10 durch den Benutzer oder durch die Abgabe einer Dosis des Medikaments durch den Benutzer ohne Einatmung verursacht wird.

[0049] Der elektronische Drucksensor 45 kann insbesondere ein Differenzdrucksensor sein, der auf einem Durchflussmessprinzip basiert. Ein solcher Differenzdrucksensor hat zwei Sensoranschlüsse: einen Sensoreinlass und einen Sensorauslass. Eine Druckdifferenz zwischen dem Sensoreinlass und dem Sensorauslass bewirkt einen Sensorgasstrom durch einen im Inneren des Differenzdrucksensors begrenzten Sensor-Durchflusskanal. Eine durchflussempfindliche Struktur ist angrenzend an den Sensor-Durchflusskanal angeordnet, um eine Strömungsrate des Sensorgasstroms durch den Sensor-Durchflusskanal zu messen. Ein solcher Differenzdrucksensor fungiert also im Wesentlichen als ein Durchflusssensor, der so konfiguriert ist, dass er die Druckdifferenz auf der Grundlage der Bestimmung einer Durchflussrate durch einen Durchflusskanal zwischen den Sensoranschlüssen bestimmt.

[0050] Ein geeigneter Durchflusssensor, der zur Bestimmung des Differenzdrucks verwendet werden kann, ist z.B. in US 2016/0161314 A1 angegeben. Die Einlass- und Auslassrohre des in diesem Dokument offenbarten Durchflusssensors können als die in der vorliegenden Offenbarung genannten Sensoranschlüsse fungieren.

[0051] Wenn ein Differenzdruck- oder Durchflusssensor verwendet wird, wird einer der Sensoranschlüsse des Sensors auf eine fluiddichte Weise pneumatisch mit dem Druckanschluss 43 verbunden. Der andere Sensoranschluss ist vorteilhafterweise pneumatisch mit der Umgebung des Zubehörteils 40 in einem Bereich verbunden, der nicht durch den Luftstrom F1 beeinflusst wird. Zu diesem Zweck kann das Zubehörgehäuse 41 einen Referenzanschluss 46 in Form einer Öffnung aufweisen, wobei die Öffnung in einem vom Inhalator abgewandten Bereich des Zubehörgehäuses 41 angeordnet ist. Die Öffnung bewirkt, dass der Druck im Inneren des Zubehörgehäuses 41 gleich dem Umgebungsdruck des Zubehörteils 40 in einem Bereich ist, der nicht vom Luftstrom F1 beeinflusst wird. Der Sensoranschluss, der nicht mit dem Druckanschluss 43 verbunden ist, kann daher einfach zum Inneren des Zubehörgehäuses 41 hin geöffnet werden, ohne dass eine fluiddichte Verbindung zwischen diesem Sensoranschluss und dem Referenzanschluss 46 erforderlich ist.

[0052] Bewegungen des Inhalators bewirken, dass der Beschleunigungssensor 49 Beschleunigungssignale registriert. Die Beschleunigungssignale können insbesondere dadurch hervorgerufen werden, dass der Benutzer den Inhalator schüttelt, oder dass der Benutzer den Behälter 11 nach unten drückt, um eine Dosis des Medikaments freizusetzen. Der Beschleunigungssensor 49 registriert jedoch auch alle anderen Bewegungen, einschliesslich unbeabsichtigter Bewegungen.

[0053] Die Steuerung 47 empfängt Durchflusssignale vom Drucksensor 45 und Beschleunigungssignale vom Beschleunigungssensor 49 sowie weitere Signale von allen anderen Sensoren, die im Zubehörteil 40 vorhanden sein können. Die Steuerung 47 führt auf der Grundlage dieser Sensorsignale ein Überwachungsverfahren durch. Das Überwachungsverfahren umfasst eine Analyse der Korrelationen zwischen den Durchflusssignalen des Drucksensors 45 und den Beschleunigungssignalen des Beschleunigungssensors 49, um bestimmte Handhabungsereignisse zu erkennen, wie im Folgenden näher beschrieben wird. Das Ergebnis der Analyse ist ein Ereignisindikator, der anzeigt, ob eine bestimmte Art von Handhabungsereignissen stattgefunden hat. Die Steuerung 47 implementiert somit einen Ereignisanalysator.

[0054] Das Zubehörteil 40 kann eine Struktur zur Erzeugung von Benutzerrückmeldungen für den Benutzer auf der Grundlage der erkannten Ereignisse umfassen. So kann das Zubehörteil beispielsweise einen Tongenerator enthalten, der ein akustisches Signal erzeugt, das dem Benutzer anzeigt, ob der Inhalator korrekt geschüttelt wurde, ob die Durchflussrate innerhalb eines gewünschten Bereichs liegt, ob eine Dosis zum richtigen Zeitpunkt abgegeben wurde usw. Als weiteres Beispiel kann das Zubehörteil einen Vibrator enthalten, um ein taktiles Signal in Form eines Vibrationsmusters zu erzeugen, das dem Benutzer anzeigt, ob diese Ziele erreicht wurden. Als ein weiteres Beispiel kann das Zubehörteil eine Anzeige, z.B. eine LCD-Anzeige oder eine oder mehrere LEDs, enthalten, um ein visuelles Signal zu erzeugen, das dem Benutzer anzeigt, ob diese Ziele erreicht wurden.

[0055] Das Zubehörteil 40 kann ein drahtloses Kommunikationsmodul zur Übertragung des Ereignisindikators über eine drahtlose Verbindung zu einem entfernten Gerät 60 umfassen. Das entfernte Gerät 60 kann z.B. ein Smartphone, ein Tablet- oder ein Notebook-Computer sein. In anderen Ausführungsformen kann das entfernte Gerät ein spezielles Gerät sein, das speziell für die Interaktion mit dem Zubehörteil 40 konfiguriert ist. In anderen Ausführungsformen kann das entfernte Gerät ein entfernter Server sein. Das Modul für die drahtlose Kommunikation kann z.B. ein Bluetooth™-Modul zur Herstellung einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung zwischen dem Zubehörteil 40 und dem entfernten Gerät 60 sein, oder es kann ein WiFi™-Modul zur Verbindung des Zubehörteils 40 mit einem drahtlosen LAN sein, das das entfernte Gerät 60 enthält.

Unterscheidung verschiedener Durchflussrichtungen

[0056] Es ist zu beachten, dass das Zubehörteil 40 der ersten Ausführungsform nicht zwischen einem Durchfluss F1, der durch das Einatmen durch den Inhalator verursacht wird, und einem umgekehrten Durchfluss in die entgegengesetzte Richtung unterscheiden kann, wie es bei der Ausatmung durch den Inhalator der Fall wäre.

[0057] Fig. 2 zeigt schematisch eine zweite Ausführungsform, die diesen Nachteil vermeidet. Die zweite Ausführungsform ist weitgehend identisch mit der ersten Ausführungsform, und es ist nur ein Teil um das obere offene Ende des Inhalatorgehäuses 20 dargestellt. Elemente, die die gleiche Funktionalität wie in der ersten Ausführungsform haben, werden mit den gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1 bezeichnet.

[0058] Ein wesentlicher Unterschied der zweiten Ausführungsform gegenüber der ersten Ausführungsform liegt in der Ausführung des Zubehörgehäuses 41 in unmittelbarer Nähe des Druckanschlusses 43. Während bei der ersten Ausführung der Druckanschluss 43 in einem glatten Wandteil des Zubehörgehäuses 41 angeordnet ist, der den Luftstrom F1 nur minimal verändert, umfasst das Zubehörgehäuse 41 bei der zweiten Ausführung eine strömungsmodifizierende Struktur 51, die bewusst in den Strömungsweg des Luftstroms F1 hineinragt, um den Luftstrom zu verändern. Im vorliegenden Beispiel wirkt die strömungsmodifizierende Struktur 51 für einen umgekehrten Luftstrom F2 als lokale Barriere unmittelbar stromabwärts vom Druckanschluss 43, wodurch für den umgekehrten Luftstrom F2 ein positiver dynamischer Druck (Staudruck) am Druckanschluss 43 erzeugt wird. Auf diese Weise können der Luftstrom F1 durch Einatmen und der umgekehrte Luftstrom F2 durch Ausatmen leicht anhand des Vorzeichens der Druckänderung am Druckanschluss 43 unterschieden werden.

[0059] Ebenfalls in Fig. 2 ist die fluiddichte Verbindung zwischen dem elektronischen Sensor 45 und dem Kanal 44, der zum Druckanschluss 43 führt dargestellt, symbolisiert durch eine Dichtung 52.

Beispielhafter Aufbau des Überwachungssystems

[0060] Fig. 3 ist ein Blockdiagramm, das auf stark schematische Weise einen möglichen Aufbau der Steuerung 47 veranschaulicht. Die Steuerung umfasst einen Mikroprozessor 71, der über einen Bus 72 mit verschiedenen anderen Komponenten kommuniziert.

[0061] An den Bus 72 sind auch ein ROM-Modul (engl. Read-Only Memory) 73 und ein RAM-Modul (engl. Random Access Memory) 77 angeschlossen. Das ROM-Modul 73 speichert unter anderem eine erste Nachschlagetabelle (engl. Look-up Table, LUT) 74, die Kalibrierdaten zur Bestimmung eines Durchflusssignals aus dem Ausgang des elektronischen Drucksensors 45 enthält, und eine zweite Nachschlagetabelle (LUT) 75, die Kalibrierdaten für den Beschleunigungssensor 49 enthält. Das ROM-Modul 73 speichert ausserdem Programmdateien mit Anweisungen für den Mikroprozessor 71 zur Durchführung des Überwachungsverfahrens.

[0062] Eine Ein-/Ausgabeschnittstelle 78 stellt eine Schnittstelle für verschiedene Ein- und Ausgabevorrichtungen bereit, insbesondere für den elektronischen Drucksensor 45, den Beschleunigungssensor 49, ein Mikrofon 81, einen induktiven Betätigungssensor 82, einen Lautsprecher 83 und eine optische Anzeige 84 wie eine LED oder einen LCD-Bildschirm.

[0063] Ein drahtloses Kommunikationsmodul 79, wie z.B. ein Bluetooth™- oder WiFi™-Modul, ermöglicht eine drahtlose Verbindung zu einem entfernten Gerät 60.

Entferntes Gerät

[0064] Im vorliegenden Beispiel führt das entfernte Gerät 60 ein Computerprogramm (eine „App“) aus, das bewirkt, dass das entfernte Gerät 60 den Ereignisindikator vom Zubehörteil 40 über die drahtlose Verbindung empfängt und über eine Ausgabevorrichtung des entfernten Geräts eine Benutzerrückmeldung erzeugt. Die App kann beispielsweise bewirken, dass das entfernte Gerät die Benutzerrückmeldung und/oder Anweisungen für die korrekte Handhabung des Inhalators auf einem Bildschirm des entfernten Geräts anzeigt. In einem anderen Beispiel kann die App das entfernte Gerät dazu veranlassen, ein akustisches Signal, z.B. eine Sprachnachricht, über einen Lautsprecher des entfernten Geräts auszugeben, das den Benutzer anweist, den Inhalator auf eine bestimmte Art und Weise zu handhaben. In einem weiteren Beispiel kann die App das entfernte Gerät dazu veranlassen, eine taktile Rückmeldung zu geben, z.B. durch Vibrationen, je nachdem, wie der Benutzer den Inhalator handhabt. Dies alles kann in Echtzeit erfolgen.

[0065] Darüber hinaus kann die App das entfernte Gerät dazu veranlassen, die empfangenen Ereignisindikatoren zum späteren Auslesen zu speichern und/oder die empfangenen Ereignisindikatoren oder aus den empfangenen Ereignisindikatoren abgeleitete Grössen, wie z.B. statistische Daten, zur Analyse an einen entfernten Server zu übertragen. Dies ermöglicht die Fernüberwachung der Verwendung des Inhalators durch medizinisches Personal. In anderen Ausführungsformen werden die Ereignisindikatoren direkt aus dem Zubehörteil zur Analyse an einen entfernten Server übertragen.

Erkennung von Schüttelereignissen

[0066] Fig. 4 veranschaulicht, wie ein Schüttelereignis zuverlässig erkannt werden kann. Wenn der Inhalator geschüttelt wird, gibt der Beschleunigungssensor 49 ein Beschleunigungssignal „a“ aus, das bei der Frequenz, mit der der Inhalator geschüttelt wird, schnell mit hoher Amplitude schwingt. Das Beschleunigungssignal wird von der Steuerung 47 registriert.

Das resultierende Signalmuster 91 ist sehr charakteristisch für das Schütteln und kann von bekannten Mustererkennungs-
algorithmen leicht erkannt werden.

[0067] Das Schütteln des Inhalators bewirkt aufgrund der Trägheit der Luft auch einen oszillierenden Luftstrom im Inneren
des Inhalators. Dieser oszillierende Luftstrom wird durch den Drucksensor 45 erfasst, der dementsprechend ein oszillie-
rendes Durchflusssignal „f“ ausgibt, das in Fig. 4 schematisch als Durchflussmuster 92 dargestellt ist.

[0068] Um die Wahrscheinlichkeit der Registrierung eines falschen Schüttelereignisses zu verringern oder um Fehlfunk-
tionen des Systems zu erkennen, analysiert die Steuerung 47 das Beschleunigungssignal „a“ und das Durchflusssignal
„f“ dahingehend, ob das Bewegungsmuster 91 mit dem Durchflussmuster 92 übereinstimmt. Eine Übereinstimmung wird
z.B. dann erfasst, wenn beide Muster gleichzeitig auftreten und Schwingungen mit der gleichen Frequenz aufweisen.

[0069] Auf der Grundlage dieser Analyse bestimmt die Steuerung 47 einen Schüttelereignisindikator. Dieser Indikator
kann ausgegeben, an das entfernte Gerät 60 übertragen oder zur späteren Verwendung gespeichert werden.

[0070] Zwischen den Einsätzen kann die Steuerung 47 in einen Schlafmodus übergehen, in dem der Drucksensor 45 und
andere Komponenten wie das drahtloses Kommunikationsmodul 79 deaktiviert werden und nur der Beschleunigungssens-
sor 49 aktiv bleibt. Die Steuerung 47 kann dann durch die Erkennung von grossen Beschleunigungssignalen, wie z.B.
den Signalen, die aus dem Schütteln resultieren, aufgeweckt werden. Wenn die Steuerung aufwacht, aktiviert sie den
Drucksensor 45 und andere Komponenten und zeichnet sowohl das Durchflusssignal als auch das Beschleunigungssignal
auf, um die oben beschriebene Analyse durchzuführen.

[0071] Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das eine entsprechende Abfolge von Aktionen veranschaulicht. Zunächst befindet
sich die Steuerung im Schlafmodus (Kasten 101). Wenn die Steuerung mit dem Beschleunigungssensor Bewegungen des
Inhalators registriert (Kasten 102), wacht er auf (Kasten 103) und beginnt zusätzlich mit der Detektion von Durchflusssi-
gnalen vom Drucksensor (Kasten 104). Die Steuerung korreliert dann das Beschleunigungssignal mit dem Durchflusssi-
gnal (Kasten 105), um den Schüttelereignisindikator zu bestimmen. Wenn der Schüttelereignisindikator anzeigt, dass das
System ordnungsgemäss funktioniert und das Schütteln korrekt ausgeführt wurde (Schritt 106), beginnt die Steuerung
mit der Überwachung der Beschleunigungs- und Durchflusssignale für ein Medikamentenabgabeereignis (Kasten 108).
Andernfalls gibt er eine entsprechende Fehlermeldung aus (Kasten 107) und/oder geht wieder in den Schlafmodus über.

Erkennung von Medikamentenabgabeereignissen

[0072] Fig. 6 zeigt ein typisches Durchflussprofil 93 während der Inhalation. Die Durchflussrate steigt zunächst an, erreicht
dann ein Plateau und fällt schliesslich wieder ab. Ein Medikamentenfreisetzungereignis wird registriert, wenn der Be-
schleunigungssensor ein typisches Bewegungsmuster 94 erkennt, das einer Situation entspricht, in der ein Benutzer den
Inhalator betätigt, um eine Dosis des Medikaments freizusetzen, während das Durchflusssignal anzeigt, dass die Inhala-
tion stattfindet, z.B. während das Durchflusssignal über einem bestimmten Schwellenwert liegt. Das Bewegungsmuster
94 ist in Fig. 6 nur symbolisch dargestellt. Seine genaue Form hängt im Allgemeinen vom Typ des Inhalators ab. Dieses
Muster kann von Algorithmen zur Mustererkennung leicht erkannt werden.

[0073] Darüber hinaus kann das Medikamentenfreisetzungereignis eine kleine zusätzliche Durchflusssignatur 95 im
Durchflusssignal zusätzlich zum Durchflussprofil 93 verursachen, die zur Erkennung des Medikamentenfreisetzungser-
eignisses zusätzlich berücksichtigt werden kann.

[0074] Durch die Korrelation des Beschleunigungssignals mit dem Durchflusssignal wird es somit möglich, mit dem Be-
schleunigungssensor zuverlässig Medikamentenfreisetzungereignisse zu erkennen, während die alleinige Berücksichti-
gung des Beschleunigungssignals dazu führen würde, dass eine grosse Anzahl von falschen Ereignissen registriert wird.

[0075] Ein entsprechendes Flussdiagramm ist in Fig. 7 dargestellt. Es werden Fluss- und Beschleunigungssignale erfasst
(Kästen 111, 112). Diese Signale werden hinsichtlich der oben beschriebenen Muster analysiert. Wenn in einem der Si-
gnale typische Muster erkannt werden, werden die Signale auf Korrelationen analysiert, um einen Indikator für ein Auslö-
seereignis zu bestimmen (Kasten 113).

[0076] Wenn der Indikator für ein Freisetzungereignis anzeigt, dass ein Freisetzungereignis registriert wurde (Schritt
114), kann der Indikator zur weiteren Analyse an das entfernte Gerät übertragen werden (Kasten 115), oder es kann ein
Benutzer-Feedback abgeleitet und ausgegeben werden.

Erkennung von Pseudofreisetzungereignissen

[0077] Fig. 8 zeigt das Beschleunigungssignal und die Durchflussrate im Falle eines Pseudofreisetzungereignisses, bei
dem der Inhalator so betrieben wird, als ob eine Dosis freigesetzt würde, jedoch ohne Inhalation.

[0078] Wie in Fig. 6 zeigt das Beschleunigungssignal ein typisches Bewegungsmuster 96, das für die Betätigung des In-
halators zur Freisetzung einer Dosis des Medikaments charakteristisch ist. Das Durchflusssignal weist eine kleine Signatur
97 auf, die durch den Fluss des Treibmittels innerhalb des Inhalators verursacht wird. Durch Erkennung und Korrelation
dieser Merkmale kann ein Pseudofreisetzungereignis zuverlässig erkannt werden.

[0079] Durch die Korrelation des Beschleunigungssignals mit dem Durchflusssignal wird es somit möglich, Pseudofreisetzungseignisse mit dem Beschleunigungssensor zuverlässig zu erkennen, während die Berücksichtigung des Beschleunigungssignals allein dazu führen würde, dass eine grosse Anzahl von falschen Ereignissen registriert wird.

[0080] Ein entsprechendes Flussdiagramm ist in Fig. 9 dargestellt. Es werden Durchfluss- und Beschleunigungssignale erfasst (Kästen 121, 122). Diese Signale werden hinsichtlich der oben beschriebenen Merkmale analysiert. Wenn die oben beschriebenen Merkmale in mindestens einem der Signale erkannt werden, werden die Signale auf Korrelationen analysiert, um einen Pseudofreisetzungseignisindikator zu bestimmen (Kasten 123).

[0081] Wenn der Pseudofreisetzungseignisindikator anzeigt, dass ein Pseudofreisetzungseignis registriert wurde (Schritt 124), kann der Indikator zur weiteren Analyse an das entfernte Gerät übertragen werden (Feld 125), oder es kann eine Rückmeldung an den Benutzer abgeleitet und ausgegeben werden. Wenn der Inhalator zum Beispiel zum ersten Mal verwendet wurde, kann die Anzahl der Pseudofreisetzungseignisse angegeben werden, die noch benötigt werden, bevor der Inhalator zur Behandlung verwendet werden kann.

Modifikationen

[0082] Zwar wurden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnungen veranschaulicht, doch ist die Erfindung keineswegs auf diese Ausführungsformen beschränkt, und viele Modifikationen sind möglich, ohne dass der Bereich der vorliegenden Erfindung verlassen wird.

[0083] Während in den oben genannten Ausführungsformen das Überwachungssystem in einer einzigen Einheit (dem Zubehörteil 40) implementiert ist, muss dies nicht zwingend der Fall sein. Das Überwachungssystem kann auch auf zwei oder mehrere Einheiten verteilt werden, die miteinander interagieren. So ist es beispielsweise möglich, statt die Korrelation der Bewegungs- und Beschleunigungssignale durch den Mikroprozessor 71 im Zubehörteil durchzuführen, die Bewegungs- und Beschleunigungssignale an das entfernte Gerät 60 zu übertragen und die Korrelation durch einen Prozessor im entfernten Gerät 60 durchzuführen.

[0084] Anstatt das Überwachungssystem oder Teile davon in einem vom Inhalator getrennten Zubehörteil zu implementieren („intelligentes Zubehörteil“), kann das Überwachungssystem im Inhalator selbst implementiert werden („intelligenter Inhalator“).

[0085] Wenn das Überwachungssystem unter Verwendung eines Zubehörteils eines Inhalators implementiert wird, kann das Zubehörteil auf eine andere als die beschriebene Weise am Inhalator befestigt werden. So kann das Zubehörteil z.B. mit zwei hakenartigen Armen am Inhalatorgehäuse angeklemt werden.

[0086] Die Durchflussmenge durch den Inhalator muss nicht, wie bei den obigen Ausführungsformen, anhand des Bernoulli/Venturi-Effekts bestimmt werden. Sie kann auch mit jeder anderen Art von Durchflussmessgerät bestimmt werden. Viele verschiedene Arten von Durchflussmessgeräten sind bekannt und können in Verbindung mit der vorliegenden Erfindung verwendet werden. Es ist zwar vorteilhaft, Durchflussmessgeräte zu verwenden, die den Luftstrom durch den Inhalator nicht stören, wie in den obigen Ausführungsformen, aber dies ist keine Voraussetzung für die vorliegende Erfindung.

[0087] Wenn die Durchflussrate auf der Grundlage des Bernoulli/Venturi-Effekts bestimmt wird, muss der Drucksensor nicht, wie oben beschrieben, ein durchflussbasierter Sensor sein. Der Drucksensor kann von jedem anderen Typ sein, z.B. ein Absolutdrucksensor oder ein Relativdrucksensor, der auf einem anderen Messprinzip als einer Durchflussmessung basiert. Insbesondere kann der Drucksensor ein barometrischer Drucksensor sein.

[0088] Anstelle eines Beschleunigungssensors können auch andere Arten von Sekundärmessgeräten verwendet werden, insbesondere ein Mikrofon oder ein Betätigungssensor.

[0089] Der Inhalator muss nicht unbedingt ein MDI sein. Es kann auch jede andere Art von Inhalator sein, einschliesslich DPIs.

BEZUGSZEICHENLISTE

[0090]

10	Inhalator
11	Medikamentenbehälter
12	Ventilschaft
20	Inhalatorgehäuse
21	Gehäusewand
22	oberes Ende
23	Abstandsrippe
24	Mundstück
25	Luftauslass
30	Hohltutzen
31	Kanal
32	Düsenöffnung

33	Mischzone
40	Zubehörteil
41	Zubehörgehäuse
42	Befestigungsstruktur
43	Druckanschluss
44	Kanal
45	elektronischer Sensor
46	Referenzanschluss
47	Steuerung
48	Batterie
49	Beschleunigungssensor
50	Träger
51	flussmodifizierende Struktur
52	Dichtung
53, 54	Sensoranschluss
60	entferntes Gerät
71	Mikroprozessor
72	Bus
73	ROM
74, 75	Nachschlagetabelle
76	Programmspeicher
77	RAM
78	I/O-Gerät
79	Kommunikationsgerät
81	Mikrofon
82	induktiver Sensor
83	Lautsprecher
84	optische Anzeige
91	Bewegungsmuster
92	Durchflussmuster
93	Durchflussmuster
94	Bewegungsmuster
95	zusätzliche Durchflusssignatur
96	Bewegungsmuster
97	Durchflusssignatur
101	Schlafmodus
102	Bewegungsdetektion
103	Aufweckverfahren
104	Durchflusserkennung
105	Korrelation
106	Analyse auf Schütteln
107	Fehlerzustand
108	Inhalationsüberwachung
111	Durchflusserkennung
112	Bewegungserkennung
113	Korrelation
114	Analyse auf Freisetzung
115	Übertragung
121	Durchflusserkennung
122	Bewegungserkennung
123	Korrelation
124	Analyse auf Pseudofreisetzung
125	Übertragung
F1	Luftstrom
F1'	Aerosolstrom
F2	umgekehrter Luftstrom

Patentansprüche

1. Überwachungssystem zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators (10), wobei das Überwachungssystem aufweist:

eine Durchflussmessvorrichtung (45) zum Bestimmen eines Durchflusssignals (f), das eine Durchflussrate durch den Inhalator (10) anzeigt; und
eine Sekundärmessvorrichtung zur Bestimmung eines Sekundärsignals (a), das die Handhabung des Inhalators (10) anzeigt,

dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachungssystem einen Ereignisanalysator (47) aufweist, der dazu ausgebildet ist, das folgende Verfahren durchzuführen:

Empfangen des Durchflusssignals (f) von der Durchflussmessvorrichtung (45);

Empfangen des Sekundärsignals (a) von der Sekundärmessvorrichtung (45);

Analysieren des Durchflusssignals (f) und des Sekundärsignals (a) in Hinblick auf zeitliche Korrelationen; und

Bestimmen eines Ereignisindikators, der ein Handhabungsereignis während der Handhabung des Inhalators (10) anzeigt, unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal (f) und dem Sekundärsignal (a).

2. Überwachungssystem nach Anspruch 1, wobei die Sekundärmessvorrichtung einen Beschleunigungssensor (49) aufweist, der dazu konfiguriert ist, Bewegungen des Inhalators (10) zu erfassen, und wobei optional der Ereignisanalysator (47) dazu konfiguriert ist, auf der Grundlage der vom Beschleunigungssensor (49) empfangenen Beschleunigungssignale eine Orientierung des Inhalators (10) zu bestimmen.
3. Überwachungssystem - nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Sekundärmessvorrichtung ein Mikrofon (81) aufweist, das dazu konfiguriert ist, während der Handhabung des Inhalators (10) Geräuschsignale zu erfassen, oder einen Betätigungssensor (82) aufweist, der dazu konfiguriert ist, Betätigungssignale zu erfassen, die eine Betätigung des Inhalators (10) anzeigen.
4. Überwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ereignisindikator ein Schüttelereignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator (10) schüttelt, und wobei der Ereignisanalysator (47) dazu konfiguriert ist, den Schüttelereignisindikator unter Berücksichtigung der folgenden kumulativen Bedingungen zu bestimmen:
das Sekundärsignal (a) zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (94) ausgesetzt ist, das für das Schütteln charakteristisch ist; und
das Durchflusssignal (f) weist ein Durchflussmuster (92) auf, das mit dem Bewegungsmuster (91) übereinstimmt.
5. Überwachungssystem nach Anspruch 4, wobei der Ereignisanalysator (47) dazu konfiguriert ist, das folgende Verfahren durchzuführen:
Betrieb in einem Schlafmodus, in dem die Sekundärmessvorrichtung aktiviert ist, während die Durchflussmessvorrichtung (45) deaktiviert ist;
Ausführen einer Aufwachroutine, wenn das Sekundärsignal (a) anzeigt, dass der Inhalator (10) Bewegungen ausgesetzt ist, wobei die Aufwachroutine die Aktivierung der Durchflussmessvorrichtung (45) bewirkt;
Betreiben der Durchflussmessvorrichtung (45), um das Durchflusssignal (1) zu bestimmen und das Durchflusssignal (f) an den Ereignisanalysator (47) zu übermitteln; und
Bestimmung des Schüttelereignisindikators unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal (f) und dem Sekundärsignal (a).
6. Überwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ereignisindikator ein Freisetzungereignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator (10) betätigt, während er durch den Inhalator (10) inhaliert, und wobei der Ereignisanalysator (47) so konfiguriert ist, dass er den Freisetzungereignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt:
das Durchflusssignal (f) weist ein Durchflussmuster (93) auf, das für die Inhalation durch den Inhalator (10) charakteristisch ist;
das Sekundärsignal (a) zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (94) ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungereignis charakteristisch ist; und
das Bewegungsmuster (94), das für ein Medikamentenfreisetzungereignis charakteristisch ist, tritt auf, während das Durchflussmuster (93) auf eine Inhalation hinweist.
7. Überwachungssystem nach Anspruch 6, wobei der Ereignisanalysator dazu konfiguriert, die folgenden zusätzlichen Bedingungen zu berücksichtigen:
das Durchflusssignal (f) weist eine zusätzliche Durchflusssignatur (95) auf die für ein Medikamentenfreisetzungereignis während der Inhalation charakteristisch ist, und zwar zusätzlich zu dem Durchflussmuster (93), das für die Inhalation durch den Inhalator (10) charakteristisch ist; und
die zusätzliche Durchflusssignatur (95) tritt gleichzeitig mit dem Bewegungsmuster (94) auf, das für ein Medikamentenfreisetzungereignis charakteristisch ist, wie es von der Sekundärmessvorrichtung bestimmt wurde.
8. Überwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Ereignisindikator ein Pseudofreisetzungereignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator (10) betätigt, ohne durch den Inhalator (10) zu inhalieren, und wobei der Ereignisanalysator (47) so konfiguriert ist, dass er den Pseudofreisetzungereignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt:

das Sekundärsignal (a) zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (96) ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist;
 das Durchflusssignal (f) weist eine Durchflusssignatur (97) auf, die für ein Medikamentenfreisetzungseignis bei fehlender Inhalation charakteristisch ist, und
 die Durchflusssignatur (97), die für ein Medikamentenfreisetzungseignis bei fehlender Inhalation charakteristisch ist, tritt gleichzeitig mit dem Bewegungsmuster (96) auf, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist.

9. Überwachungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Überwachungssystem eine visuelle oder akustische Ausgabevorrichtung (83; 84) aufweist, die dazu konfiguriert ist, Informationen über die erfolgte Handhabung des Inhalators an einen Benutzer auf der Grundlage des Ereignisindikators auszugeben; und/oder wobei das Überwachungssystem dazu konfiguriert ist, den Ereignisindikator über eine drahtlose Verbindung an ein entferntes Gerät (60) zu übertragen.
10. Inhalator (10), aufweisend das Überwachungssystem eines der vorstehenden Ansprüche.
11. Zubehörteil (40) für einen Inhalator (10), wobei das Zubehörteil das Überwachungssystem eines der Ansprüche 1 bis 9 umfasst.
12. Verfahren zur Überwachung der Handhabung eines Inhalators (10), wobei das Verfahren umfasst:
 Bestimmen eines Durchflusssignals (f), das eine Durchflussrate durch den Inhalator (10) anzeigt, mit einer Durchflussmessvorrichtung (45);
 Bestimmen eines Sekundärsignals (a), das die Handhabung des Inhalators (10) anzeigt, mit einer Sekundärmessvorrichtung;
 dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren ferner umfasst:
 Analysieren des Durchflusssignals (f) und des Sekundärsignals (a) in Hinblick auf zeitliche Korrelationen; und
 Bestimmen eines Ereignisindikators, der auf ein Handhabungseignis während der Handhabung des Inhalators (10) hinweist, unter Berücksichtigung der zeitlichen Korrelationen zwischen dem Durchflusssignal (f) und dem Sekundärsignal (a).
13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Sekundärsignal ein Beschleunigungssignal ist, das die Bewegungen des Inhalators anzeigt, wobei das Sekundärsignal ein Geräuschsignal ist, das auf Geräusche während der Handhabung des Inhalators hinweist, oder wobei das Sekundärsignal ein Betätigungssignal ist, das die Betätigung des Inhalators anzeigt.
14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13, wobei der Ereignisindikator ein Schüttelereignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator (10) schüttelt, und wobei der Schüttelereignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt wird: das Sekundärsignal (a) zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (91) ausgesetzt ist, das für das Schütteln charakteristisch ist, und das Durchflusssignal (f) zeigt ein Durchflussmuster (92) an, das mit dem Bewegungsmuster (91) übereinstimmt; oder wobei der Ereignisindikator ein Freisetzungseignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator (10) betätigt, während er durch den Inhalator (10) inhaliert, und wobei der Freisetzungseignisindikator auf der Grundlage der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt wird: das Durchflusssignal (f) zeigt ein Durchflussmuster (93) an, das für die Inhalation durch den Inhalator (10) charakteristisch ist, das Sekundärsignal zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (94) ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist, und das Bewegungsmuster (94), das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist, tritt auf, während das Durchflussmuster (93) die Inhalation anzeigt; oder wobei der Ereignisindikator ein Pseudofreisetzungseignisindikator ist, der anzeigt, dass ein Benutzer den Inhalator betätigt, ohne durch den Inhalator zu inhalieren, und wobei der Pseudofreisetzungseignisindikator unter Berücksichtigung der folgenden kumulativen Bedingungen bestimmt wird: das Sekundärsignal (a) zeigt an, dass der Inhalator (10) einer Bewegung mit einem Bewegungsmuster (96) ausgesetzt ist, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist, das Durchflusssignal (f) zeigt eine Durchflusssignatur (97), die für ein Medikamentenfreisetzungseignis in Abwesenheit einer Inhalation charakteristisch ist, und die Durchflusssignatur (97), die für ein Medikamentenfreisetzungseignis in Abwesenheit einer Inhalation charakteristisch ist, tritt gleichzeitig mit dem Bewegungsmuster (96) auf, das für ein Medikamentenfreisetzungseignis charakteristisch ist.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, ferner umfassend:
 Ausgeben von visuellen oder akustischen Informationen über die erfolgte Handhabung des Inhalators an einen Benutzer auf der Grundlage des Ereignisindikators; und/oder
 Übertragen des Ereignisindikators an ein entferntes Gerät (60) über eine drahtlose Verbindung.
16. Computerprogrammprodukt zum Betreiben eines Überwachungssystems zum Überwachen der Handhabung eines Inhalators (10), wobei das Überwachungssystem eine Durchflussmessvorrichtung (45) zum Bestimmen eines Durchflusssignals (f), das eine Durchflussrate durch den Inhalator (10) anzeigt, eine Sekundärmessvorrichtung (49) zum

CH 715 947 B1

Bestimmen eines Sekundärsignals (a), das die Handhabung des Inhalators (10) anzeigt, und einen Ereignisanalysator (47) aufweist, wobei das Computerprogrammprodukt Programmanweisungen aufweist, die von einem Prozessor des Ereignisanalysators (47) ausführbar sind, um das Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 15 auszuführen.

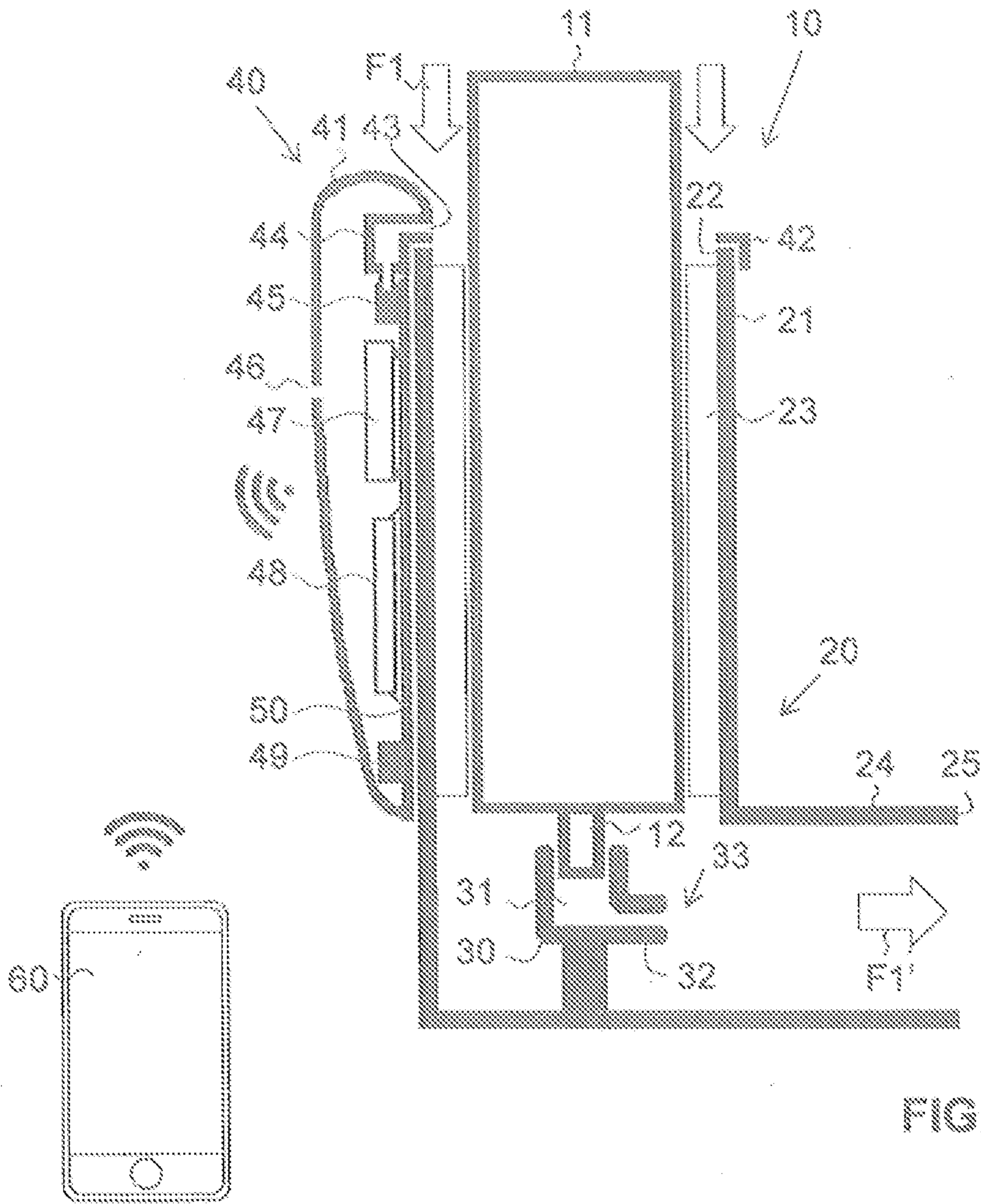


FIG. 1

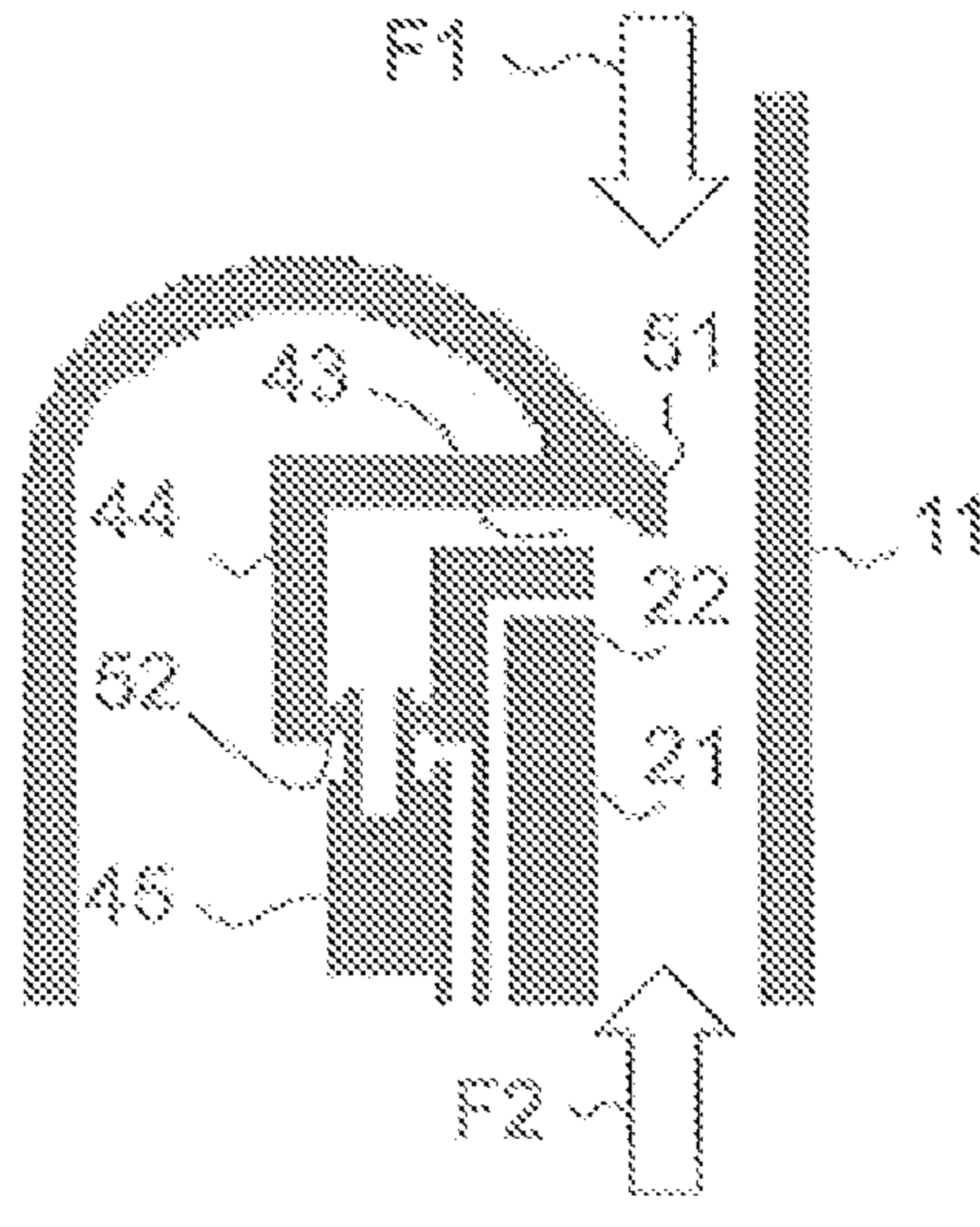


FIG. 2

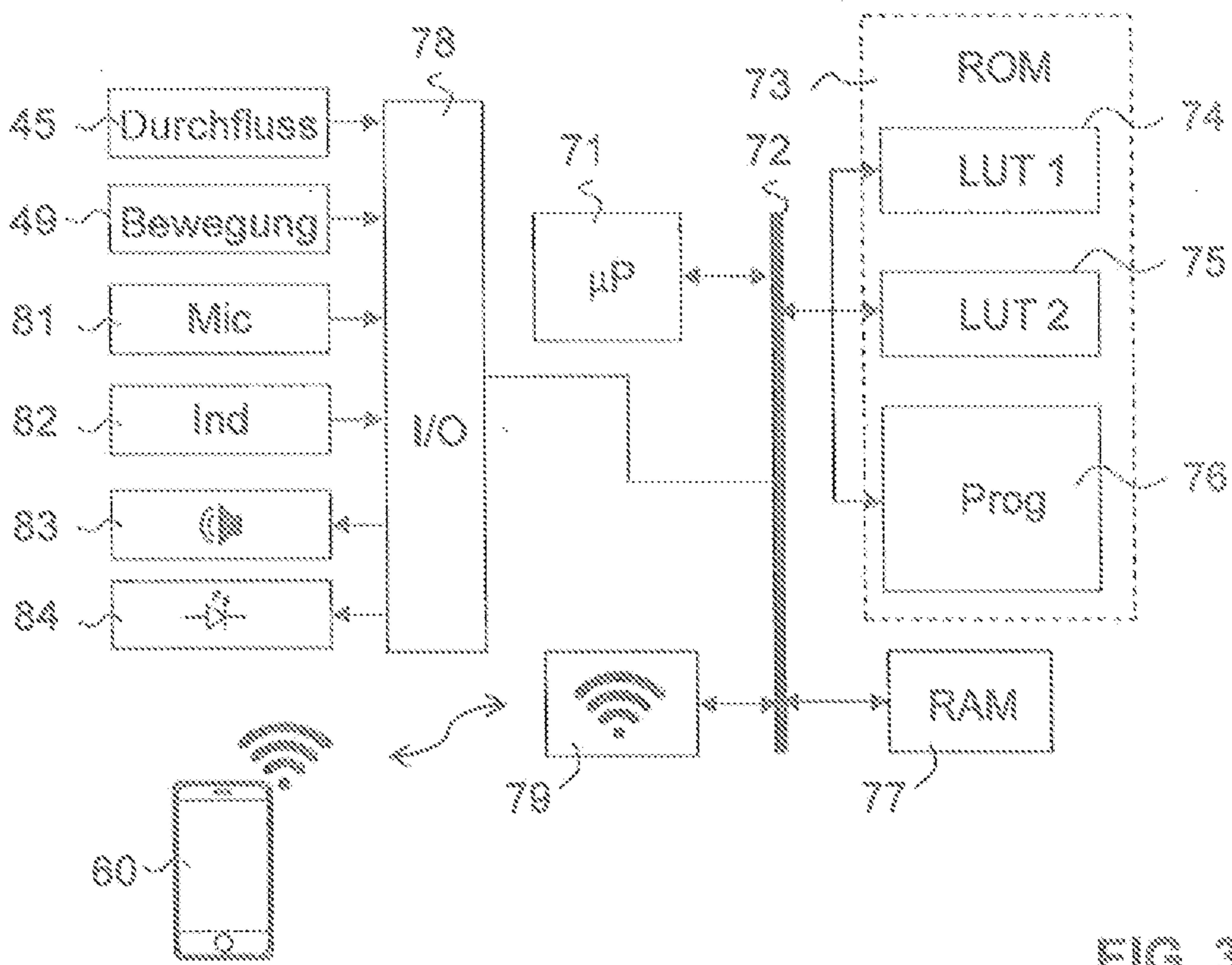


FIG. 3

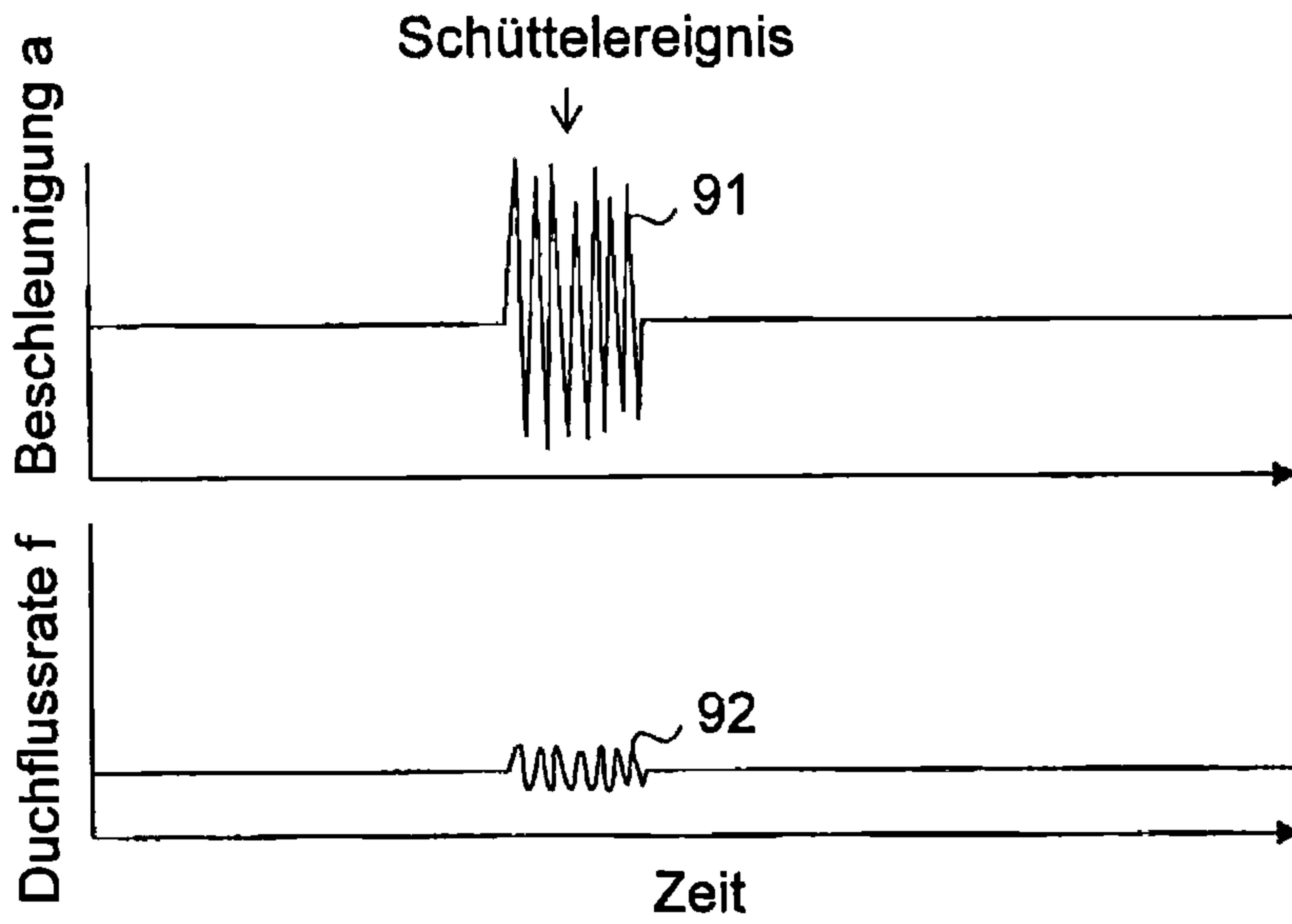


FIG. 4

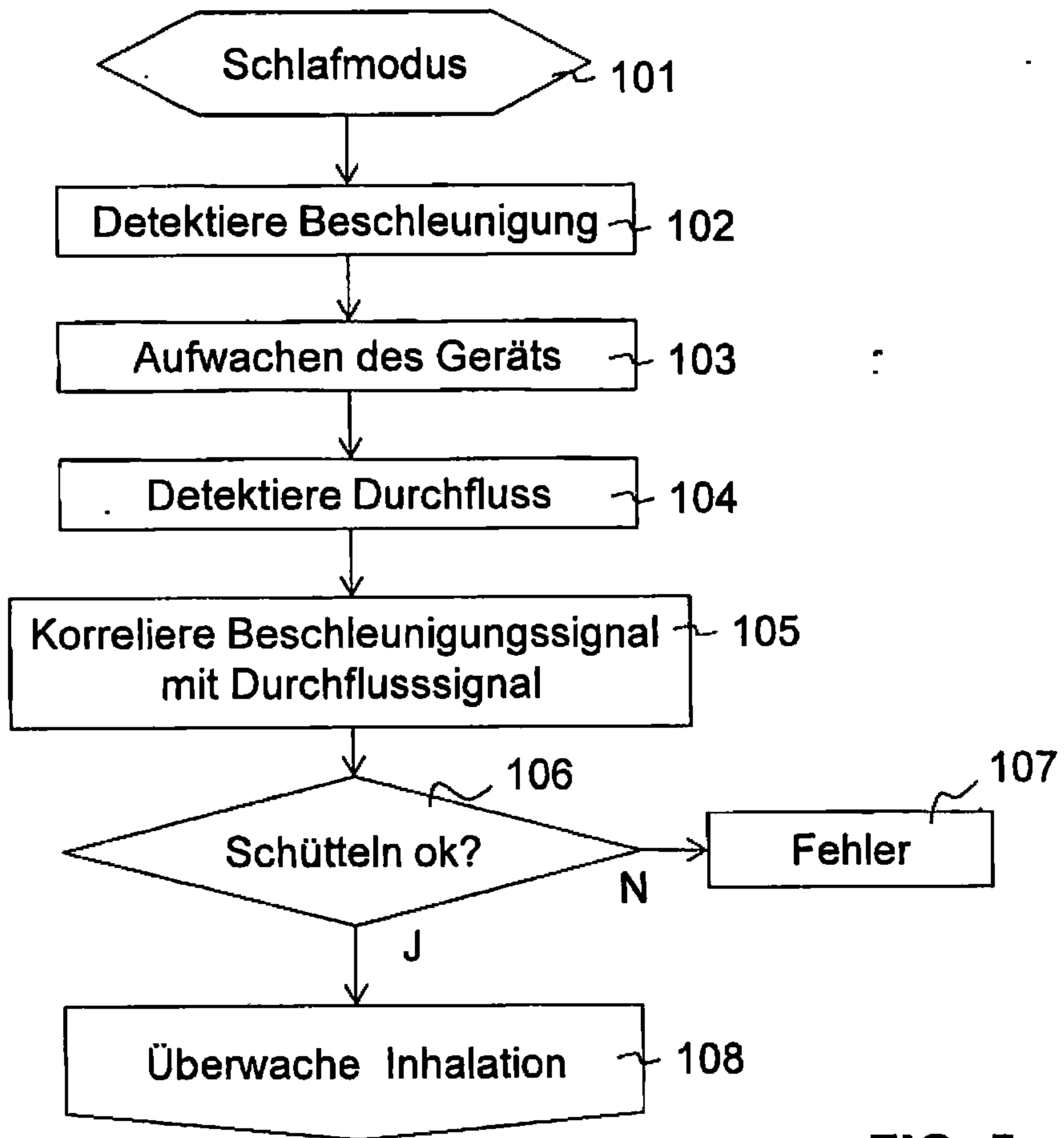


FIG. 5

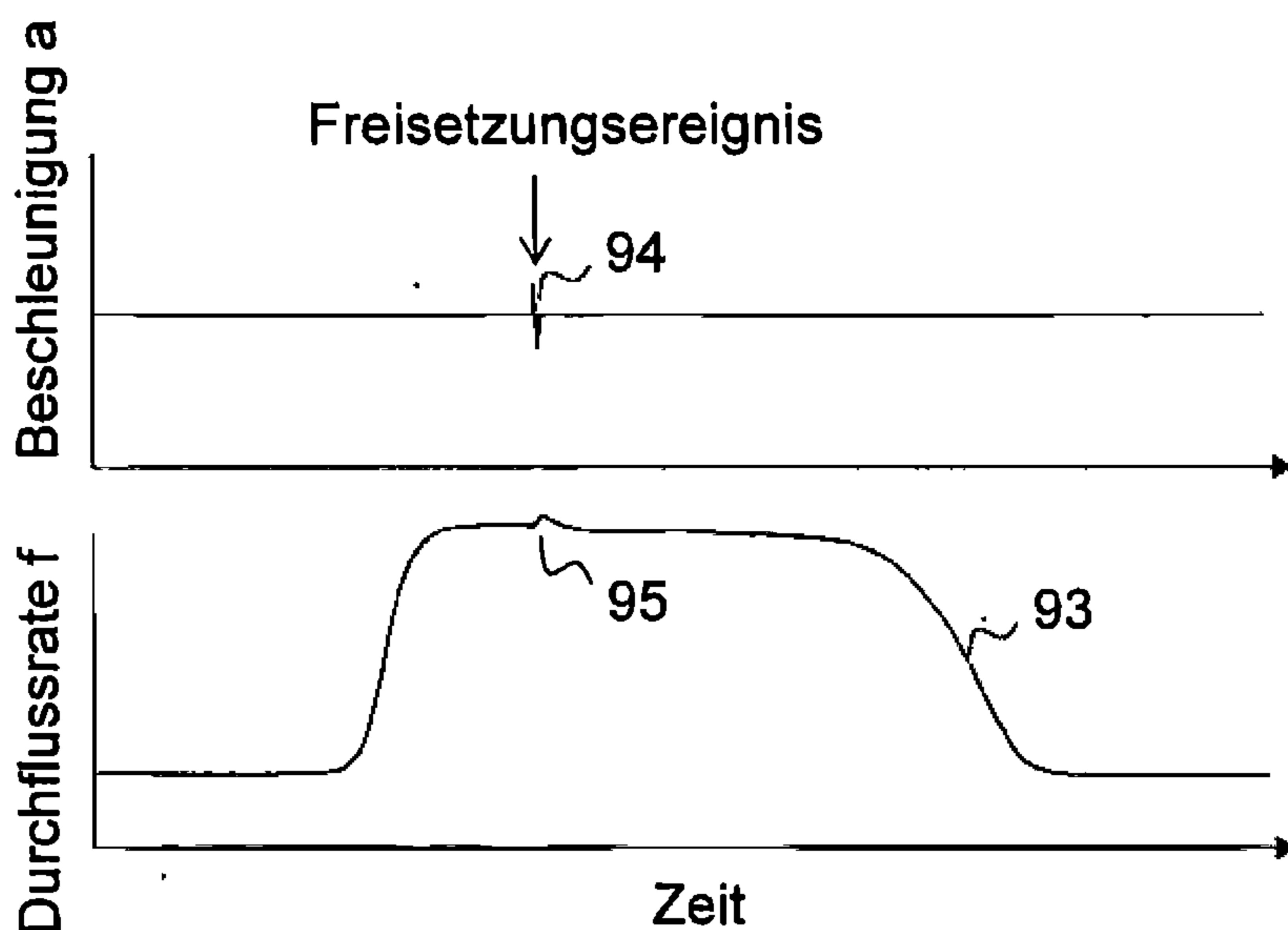


FIG. 6

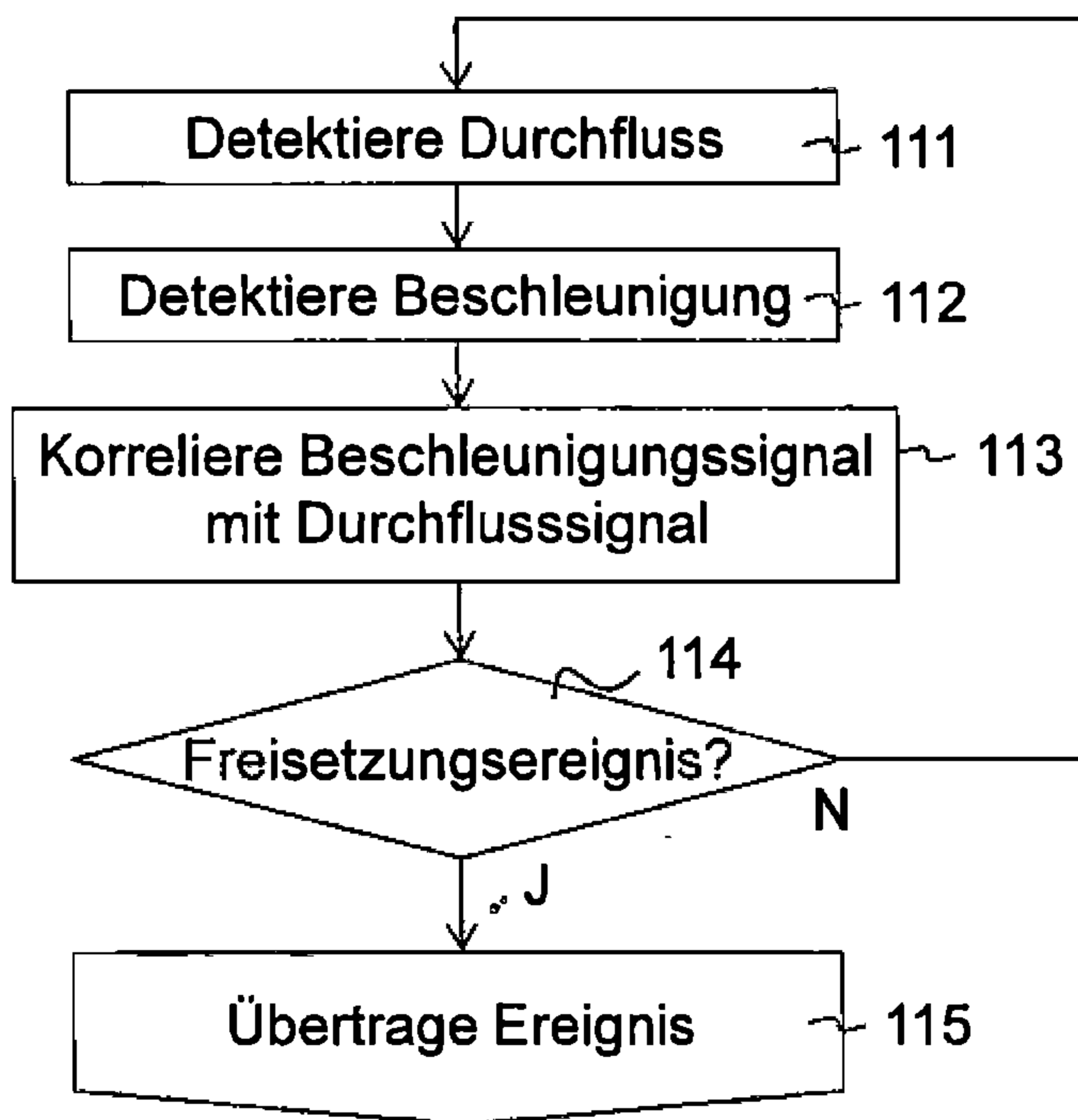


FIG. 7

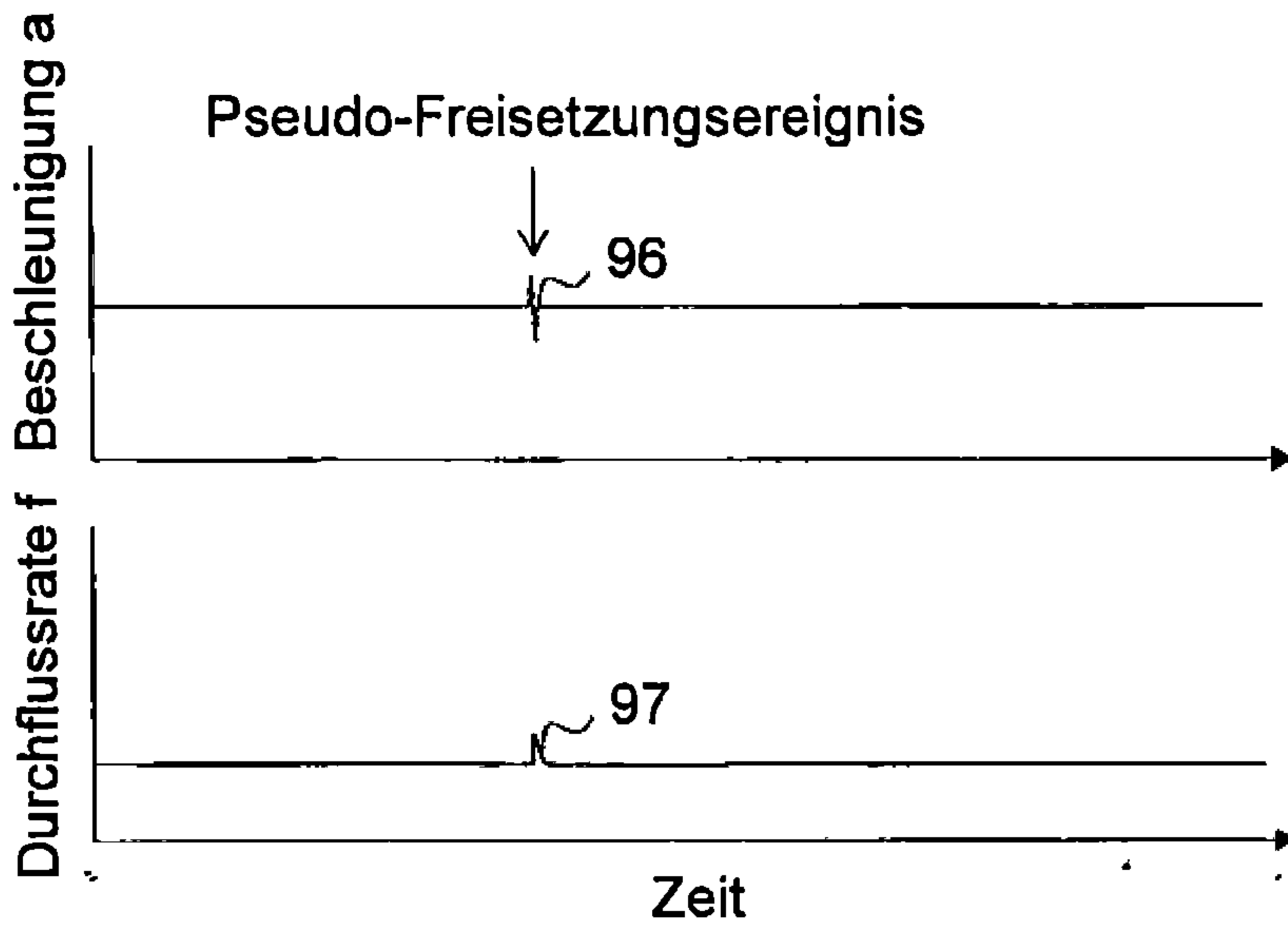


FIG. 8

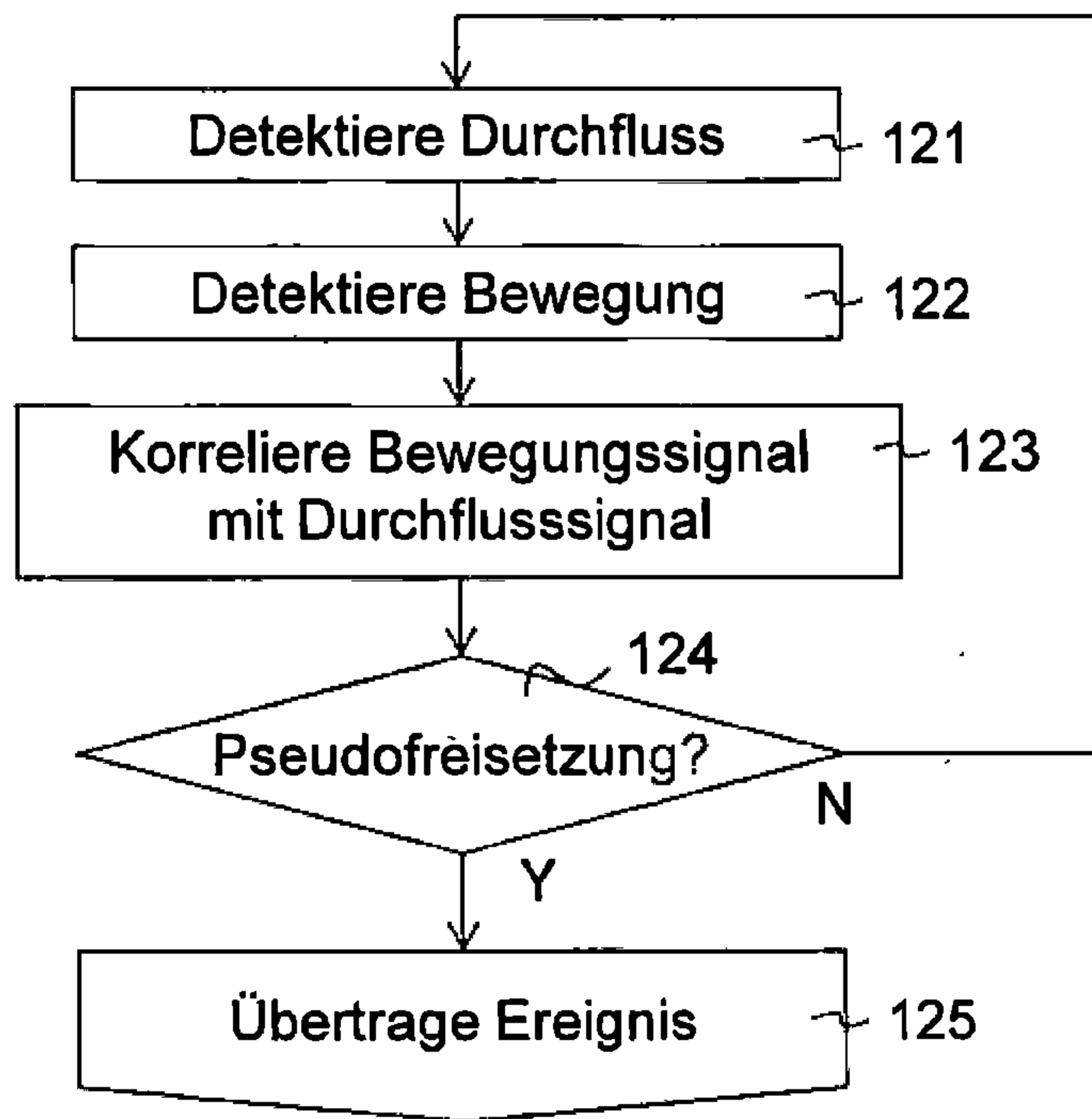


FIG. 9