

(19)



(11)

EP 2 873 334 B2

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT
Nach dem Einspruchsverfahren

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Entscheidung über den Einspruch:
13.09.2023 Patentblatt 2023/37

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
A24C 5/34 (2006.01)

(45) Hinweis auf die Patenterteilung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
A24C 5/3412

(21) Anmeldenummer: **14191605.6**

(22) Anmeldetag: **04.11.2014**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie**

Method and apparatus for detecting strand inhomogeneity of a rod of material in the tobacco processing industry

Procédé et dispositif de détection de défauts d'homogénéité d'une tige de matériau de l'industrie de traitement du tabac

(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**

(30) Priorität: **19.11.2013 DE 102013223535**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.05.2015 Patentblatt 2015/21

(73) Patentinhaber: **Körber Technologies GmbH
21033 Hamburg (DE)**

(72) Erfinder: **Schröder, Dierk
22399 Hamburg (DE)**

(74) Vertreter: **Seemann & Partner Patentanwälte mbB
Raboisen 6
20095 Hamburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 1 702 524 EP-A2- 1 247 462
DE-A1- 3 400 410 DE-A1- 4 014 659
DE-A1- 10 100 664 DE-A1-102011 006 414
GB-A- 1 376 747 GB-A- 2 489 586
US-A- 4 942 363**

EP 2 873 334 B2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere eines Tabakstrangs oder eines Filterstrangs, wobei der Materialstrang längsaxial durch wenigstens zwei mit unterschiedlichen Messfrequenzen betriebene Strangmessvorrichtungen gefördert wird. Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, eine Strangmaschine der Tabak verarbeitenden Industrie, eine Verwendung sowie ein Softwareprogramm.

[0002] Bei der Herstellung von stabförmigen Artikeln der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Filterzigaretten, werden Materialstränge hergestellt, beispielsweise Tabakstränge oder Filterstränge. Der Tabakstrang bzw. der Filterstrang wird nach seiner Herstellung in einzelne Tabakstäbe bzw. Filterstäbe abgelängt. Ein übliches Material zur Herstellung von Filtersträngen ist ein Tow aus Celluloseacetat, das vor der Strangformung mit einem Weichmacher, beispielsweise Triacetin, behandelt werden kann. Ein solcher auf Celluloseacetat beruhender Filterstrang kann bei seiner Formung mit einem Umhüllungspapier umhüllt werden oder mit einer Wärmebehandlung als sogenannter "Non-Wrapped Acetate" (NWA)-Filterstrang hergestellt werden. In einen solchen Filterstrang können gegebenenfalls auch Objekte eingelegt werden. Solche Objekte können entweder weitere Filtereigenschaften haben, wie beispielsweise Aktivkohlepartikel, oder es können geschmackstragende Objekte, wie beispielsweise flüssigkeitsgefüllte Kapseln eingebracht werden.

[0003] Bei allen Materialsträngen kommt es bei der Herstellung darauf an, einen möglichst gleichmäßigen Strang herzustellen. In Filtersträngen und Tabaksträngen kommt es zu Inhomogenitäten einerseits aufgrund von materialeigenen lokalen Unterschieden. Dies ist beim Tabak beispielsweise dadurch bedingt, dass unterschiedliche Teile eines Tabakblatts, also beispielsweise Blattadern und Flachbestandteile, nach ihrer Zerkleinerung im Tabakstrang verwertet werden und somit eine natürliche Fluktuation in der Dichte und Zusammenfassung des Tabakstrangs verursachen. Beim Filterstrang sind diese Fluktuationen üblicherweise geringer.

[0004] Sowohl in Tabaksträngen als auch in Filtersträngen kann durch Einschluss von Fremdkörpern, beispielsweise Metallpartikeln oder Kunststoffpartikeln, die Zusammensetzung des Materialstrangs sich lokal ändern. Auch größere Hohlräume, aus Fehlstellen im Strang, sind unerwünscht, stellen im Allgemeinen jedoch ein zu vernachlässigendes Problem dar.

[0005] Es ist üblich, Materialstränge der Tabak verarbeitenden Industrie auf ihre Homogenität hin zu überprüfen und bei Auftreten von störenden Inhomogenitäten diejenigen abgelängten Tabakstäbe oder Filterstäbe, in denen solche Inhomogenitäten auftreten sind, von der

weiteren Verarbeitung auszuschließen.

[0006] Die Überprüfung von Materialsträngen der Tabak verarbeitenden Industrie erfolgt in bekannten Systemen mit Mikrowellenmessvorrichtungen und/oder kapazitive HF-Messvorrichtungen. Dabei werden die Messsignale dieser Messvorrichtungen mit fest vorgegebenen unteren und/oder oberen Grenzwerten verglichen und bei deren Unter- bzw. Überschreiten eine nicht akzeptable Inhomogenität festgestellt. So ist aus EP 1 330 961 B1 ein Verfahren zur Ermittlung und zur Entfernung von Fremdkörpern in einem Tabakstrom bekannt, wobei ein kontinuierlicher Strang mit einer Tabakfüllung durch eine Formstation geführt wird und dann durch eine Schneidvorrichtung in Zigarettenabschnitte geteilt wird. Der Tabakstrom bzw. Tabakstrang wird einer elektromagnetischen Strahlung einer vorgewählten Frequenz ausgesetzt und ein Ausgangssignal erfasst, das auf Veränderungen des Feuchtigkeitsgehaltes entlang des Tabakstroms hinweist, hervorgerufen durch das Vorhandensein von Fremdkörpern in dem Strom selbst. Das Ausgangssignal wird mit einem oberen Schwellensignal und einem unteren Schwellensignal verglichen, die von einer vorgegebenen und gleichbleibenden Amplitude sind. Gemäß EP 1 330 961 B1 wird bei Mikrowellenfrequenzen gemessen.

[0007] In der deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2012 209 954.9 der Anmelderin ist außerdem ein Verfahren zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere von eingelegten Objekten, defekten Objekten und/oder Fremdkörpern beschrieben, bei dem in einen Materialstrang, insbesondere einen Tabakstrang oder einen Filterstrang, Objekte an vorbestimmten Objektpositionen eingelegt werden und der Materialstrang nach Einlegen der Objekte längsaxial durch wenigstens zwei mit unterschiedlichen Frequenzen betriebene Strangmessvorrichtungen gefördert wird, die insbesondere zu einer Kombinationsstrangmessvorrichtung zusammengefasst sind, wobei zur Auswertung der Messsignale der Materialstrang in Objektabschnitte, die jeweils eine oder mehrere vorbestimmte Objektpositionen enthalten, und in Leerabschnitte ohne vorbestimmte Objektpositionen unterteilt wird, wobei die Messsignale der Strangmessvorrichtungen in den Objektabschnitten und den Leerabschnitten mit jeweils unterschiedlichen Auswertungsverfahren ausgewertet werden, wobei in den Objektabschnitten in einem Objektalgorithmus eine Positionsbestimmung und/oder eine Qualitätskontrolle wenigstens eines Objekts aus der zeitlichen Änderung wenigstens eines der Messsignale erfolgt und in den Leerabschnitten wenigstens ein Leerabschnittsalgorithmus eingesetzt wird, mit dem Stranginhomogenitäten erkannt werden und/oder eine Strangkonsistenz und/oder eine Menge wenigstens eines Zusatzstoffes im Materialstrang ermittelt wird oder werden. Dazu wird der Materialstrang durch wenigstens eine Mikrowellenstrangmessvorrichtung und/oder durch wenigstens eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung als Strangmessvorrichtungen gefördert.

dert.

[0008] Die bisher bekannten dielektrischen Verfahren unter Anwendung von Hochfrequenztechnik bzw. Mikrowellentechnik zur Erkennung von Fremdkörpern messen die komplexe Dielektrizitätskonstante ε mit den Größen Realteil ε' und Imaginärteil ε'' bzw. Betrag und Phase des zu untersuchenden Messguts. Die komplexe Dielektrizitätskonstante ε lässt sich unter anderem in die Größen Masse und Wassergehalt des Messgutes umrechnen. Die Messungen unterliegen dabei gewissen Schwankungen, die neben der Inhomogenität beispielsweise des Wassergehaltes des Messgutes seine Ursache auch in der Inhomogenität der Stoffzusammensetzung haben kann.

[0009] Beispielsweise offenbart US 4,942,363 A ein Verfahren zur Überwachung der Feuchte und Dichte in einem Tabakstrang mittels gestreuter linear polarisierter elektromagnetischer Mikrowellenstrahlung, die unter einem Winkel zur Eintrittsrichtung detektiert wird, wobei die Tatsache ausgenutzt wird, dass die komplexe Dielektrizitätskonstante von Wasser sich im GHz-Bereich stark ändert, während diejenige von Tabak eher konstant bleibt. Zur Überwachung wird Strahlung zweier unterschiedlicher Frequenzen, nämlich 25 GHz und 100 GHz, aus einer einzelnen Quelle am Strang gestreut und unter für jede einzelne Frequenz ausgesuchten unterschiedlichen Winkeln detektiert. Unter Verwendung einer vorbestimmten Kalibrationskurve eines Tabakstrangs mit gewünschter Feuchtigkeit und Dichte werden die aktuelle Feuchtigkeit und Dichte im Verhältnis zu einer gewünschten Feuchtigkeit und Dichte bestimmt. Dazu werden die gemessenen Intensitäten der gestreuten Strahlung mit Wunschintensitäten eines Tabakstrangs mit gewünschter Feuchte und Dichte verglichen und bei Abweichungen Maßnahmen zur Korrektur getroffen.

[0010] GB 2489586 A betrifft ein Verfahren zur Ermittlung von Gewichtsanteilen von mehreren Inhaltsstoffen in einem Filtermaterial in Form eines Filterstabs oder eines Filterstrangs. Es sind wenigstens zwei Messeinrichtungen, eine Fördervorrichtung für das Filtermaterial und eine Auswertevorrichtung umfasst. Filtermaterial wird durch eine Mikrowellenmesseinrichtung und durch eine HF-Messeinrichtung gefördert, wobei bei wenigstens einer Mikrowellenfrequenz und bei wenigstens einer Hochfrequenz wenigstens drei Messgrößen gemessen werden, die von den Mengen und den Permittivitätszahlen der im Gemisch enthaltenen Inhaltsstoffe des Filtermaterials beeinflusst werden. Es werden Gewichtsanteile der Inhaltsstoffe des Filtermaterials aus den Messergebnissen ermittelt. Dabei wird der Effekt ausgenutzt, dass der Verlauf der Bestandteile der komplexen Permittivitätszahl für verschiedene Substanzen wie Triacetin, Celluloseacetat und Wasser bekannt ist und jeweils unterschiedliche Frequenzabhängigkeiten aufweist. Dadurch, dass Betrag und Phase des elektromagnetischen Wechselfeldes bei zwei sehr unterschiedlichen Frequenzen gemessen werden, stehen insgesamt vier direkte Messgrößen zur Verfügung, aus denen auf die Gewichtsanteile

teile von Celluloseacetat, Triacetin und Wasser im Filterstrang bzw. im Filterstab rückgeschlossen werden kann. Dieses Dokument offenbart die Merkmale des Oberbegriffs des Verfahrensanspruchs 1, beziehungsweise des Vorrichtungsanspruchs 10. Ein Fremdkörper im Messgut wird üblicherweise dadurch erkannt, dass er in seinen Werten der komplexen Dielektrizitätskonstante ε sich in von den entsprechenden Werten des eigentlichen Messgutes in seiner Umgebung unterscheidet. Z.B. weisen Kunststoffteilchen typischerweise einen wesentlich kleineren Imaginärteil ε'' der Dielektrizitätskonstanten im Vergleich zum Realteil als Tabak auf. Dies führt zu einer Abweichung des Messwertes. Fremdkörper können somit dadurch erkannt werden, dass sie sich in ihren Messwerten von den normalerweise während der Produktion auftretenden Schwankungen der Messwerte signifikant unterscheiden.

[0011] Die Entscheidung, ob ein Messsignal einen Fremdkörper symbolisiert oder nicht, erfolgt somit bei dem Vergleich mit fest vorgegebenen Grenzwerten auf der Grundlage des Abstandes des einzelnen Messwerts von der Messwertverteilung bei normaler Produktion. Damit begrenzt die während der Produktion auftretende Schwankungsbreite die Empfindlichkeit der Erkennung von Fremdkörpern und anderen Inhomogenitäten. Damit ergibt sich das Dilemma, dass für die Erkennung von kleinen Fremdkörpern enge Grenzwerte gezogen werden müssen, andererseits enge Grenzwerte bei der normal auftretenden Schwankungsbreite des Messsignals auch bereits ohne Anwesenheit von tatsächlichen störenden Inhomogenitäten zu falschen Positivsignalen einer Fremdkörpererkennung führen.

[0012] Diese beschriebenen Grenzen und Nachteile der beschränkten Empfindlichkeit zur Erkennung von Inhomogenitäten gelten grundsätzlich sowohl für Mikrowellenverfahren als auch für Hochfrequenzverfahren. Diese Grenzen sind prinzipieller Natur und in der natürlichen Schwankungsbreite der Messwerte während normaler Produktion begründet.

[0013] Der vorliegenden Erfindung liegt demgegenüber die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie zur Verfügung zu stellen, mit denen auch kleine Fremdkörper und Inhomogenitäten mit hoher Sicherheit bei einer geringen Rate an falschen Positivsignalen erkannt werden.

[0014] Die Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere eines Tabakstrangs oder eines Filterstrangs, gelöst, wobei der Materialstrang längsaxial durch wenigstens zwei mit unterschiedlichen Messfrequenzen betriebene Strangmessvorrichtungen gefördert wird, das dadurch weitergebildet ist, dass aus Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen unabhängig voneinander jeweils wenigstens eine Vergleichsgröße abgeleitet wird, eine Differenz der Vergleichsgröße oder Diffe-

renzen mehrerer Vergleichsgrößen oder ein Differenzvektor aus den Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen gebildet wird, und überprüft wird, ob die Differenz, die Differenzen oder der Differenzvektor innerhalb wenigstens eines vorbestimmten oder vorbestimmbaren Toleranzbereichs liegt oder liegen, wobei ein Überschreiten des Toleranzbereichs eine nicht tolerierbare Stranginhomogenität signalisiert, wobei wenigstens eine Messfrequenz im Mikrowellenbereich und eine andere Messfrequenz im HF-Bereich liegt.

[0015] Dieses Verfahren beruht auf dem Grundgedanken eines Mehrfrequenzverfahrens und nutzt dessen Vorteile aus. Mit abnehmender Messfrequenz steigen der Realteil und der Imaginärteil der Dielektrizitätskonstanten von Tabak und anderen wasserhaltigen pflanzlichen Produkten stark an. Für die hauptsächlich interessierenden Fremdkörper, beispielsweise Kunststoffe, gilt dies hingegen nicht. Dies hat zur Folge, dass der gleiche Fremdkörper bei unterschiedlichen Frequenzen zu unterschiedlich weiten Abweichungen von der normalen Messwertverteilung führt. Demgegenüber sollte die gewöhnliche Messwertverteilung der einzelnen Messwerte sich für die unterschiedlichen Frequenzen bei korrekter Kalibrierung der Messsysteme nur geringfügig voneinander unterscheiden. Grundsätzlich würde man bei theoretisch völlig fehlerfreier Kalibrierung der verschiedenen Messsysteme einen deckungsgleichen Verlauf erwarten.

[0016] Dieses Verhalten bedingt, dass erfindungsgemäß nach solchen Schwankungen in den Messwerten gesucht wird, bei denen sich die Abweichung der Messwerte bei den verschiedenen Frequenzen voneinander deutlich unterscheiden. Das Kriterium hierfür ist ein Toleranzbereich für den Differenzvektor für die Differenzen der Vergleichsgrößen, also die abgeleiteten Größen. Bildlich gesprochen kann um einen einzelnen Messwert der einen Messung ein Toleranzbereich definiert werden, der elliptisch, rechteckig oder ähnlich ist, bei dem zu erwarten ist, dass der entsprechende Messwert bei der anderen Messfrequenz in diesem Toleranzbereich zu liegen kommt, falls kein Fremdkörper vorliegt. Ist dies nicht der Fall, lag in diesem Messvolumen im Strang ein Fremdkörper oder eine anderweitige starke Inhomogenität vor.

[0017] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung liegt ein Differenzvektor bereits vor, wenn Differenzen in den Messwerten von wenigstens zwei Vergleichsgrößen gebildet werden. Der Begriff "Vektor" ist somit im vorliegenden Zusammenhang austauschbar mit beispielsweise "Tupel" oder "Paar" oder ähnlichen Bezeichnungen, die eine zusammenhängende Mehrzahl von Werten beschreiben. Ebenso kann ein Paar von Vergleichsgrößen, beispielsweise Strangfeuchte und Strangdichte, auch "Vergleichsgrößenvektor" genannt werden.

[0018] Unter einer "nicht tolerierbaren" Inhomogenität wird im Rahmen der vorliegenden Erfindung eine Inhomogenität verstanden, die zu einem unbrauchbaren Pro-

dukt führen würde, beispielsweise durch Fremdkörper oder übergroße Kavitäten, letztere besonders in Filtersträngen. Die natürlich vorkommende Inhomogenität eines Tabakstrangs beispielsweise fällt nicht hierunter.

[0019] Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Messwerteschwankungen der einzelnen Messwerte bei normaler Produktion bei den unterschiedlichen Frequenzen im Wesentlichen gleich gerichtet und gleich groß sind. Die natürlichen Feuchtigkeits- und Dichteschwankungen werden durch beide Messverfahren annähernd kongruent wiedergegeben. Tritt jedoch ein Fremdkörper auf, unterscheiden sich die Messwerte voneinander. Erst Abweichungen der Messsignale voneinander führen somit zur Erkennung von Fremdkörpern. Die Abstände der Schwellen zur Erkennung von Fremdkörpern können hierdurch viel enger gesetzt werden als bei dem bisherigen Verfahren. Hierdurch ist es möglich, wesentlich kleinere Fremdkörper im Vergleich zu den herkömmlichen Verfahren zu erkennen.

[0020] Da die natürlichen Schwankungen in den Messsignalen durch die natürlich vorkommenden Inhomogenitäten im Strang, beispielsweise besonders im Tabakstrang, durch die Differenzbildung kompensiert werden, besteht auch weniger Gefahr von falschen positiven Signalen in der Fremdkörpererkennung und somit zum Ausschluss von eigentlich qualitativ guten Objekten aus der weiteren Verarbeitung.

[0021] Erfindungsgemäß liegt wenigstens eine Messfrequenz im Mikrowellenbereich und eine andere Messfrequenz im HF-Bereich, wobei insbesondere die Frequenz der Strangmessvorrichtung im Mikrowellenbereich um einen Faktor 10 bis 900 größer ist als die Frequenz der Strangmessvorrichtung im HF-Bereich. Unter dem Mikrowellenbereich wird im Rahmen der Erfindung insbesondere ein Bereich zwischen 1 GHz und 30 GHz, insbesondere zwischen 4 GHz und 8 GHz, verstanden, während unter einer HF-Frequenz oder Hochfrequenz der Bereich zwischen 100 kHz und 300 MHz verstanden wird, insbesondere zwischen 1 MHz und 10 MHz.

[0022] Vorzugsweise werden als Vergleichsgrößen eine Strangdichte und/oder eine Strangfeuchte und/oder ein Realteil und/oder ein Imaginärteil und/oder ein Betrag und/oder eine Phase einer komplexen Dielektrizitätskonstanten bzw. Permittivität aus den Messsignalen abgeleitet. Die Strangdichte ist eine abgeleitete Größe aus der Masse. Da die indirekte Messung der Masse bei bekannten geometrischen Abmessungen des Strangs bekannt ist, lässt sich hieraus beispielsweise die Strangdichte einfach berechnen.

[0023] Vorteilhafterweise werden aus den Messsignalen wenigstens einer der Strangmessvorrichtungen eine oder mehrere weitere Messgrößen abgeleitet, die aus den Messsignalen der jeweils anderen Strangmessvorrichtung nicht abgeleitet werden oder nicht mit den entsprechenden Messgrößen der anderen Strangmessvorrichtung verglichen werden. Damit werden weitere Materialparameter erfasst, die allerdings nicht einem Vergleich unterzogen werden. Diese Vorgehensweise eig-

net sich beispielsweise auch für solche Parameter, die in einer Strangmessvorrichtung mit hoher Genauigkeit messbar sind und in der anderen Strangmessvorrichtung mit einer so geringen Genauigkeit, dass ein Vergleich zur Erfassung von Stranginhomogenitäten nicht mehr sinnvoll ist.

[0024] In einer vorteilhaften Ausführungsform wird zur Auswertung ein zeitlicher Versatz, der zwischen den Messsignalen aufgrund eines in Strangförderrichtung gegebenen Abstands zwischen den Strangmessvorrichtungen abhängig von einer momentanen Materialstrangfördergeschwindigkeit auftritt, durch eine zeitliche Verzögerung der Verarbeitung der Messsignale oder abgeleiteten Vergleichsgrößen der stromaufwärts angeordneten Strangmessvorrichtung kompensiert.

[0025] Ferner ist vorteilhafterweise bei den wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen jeweils eine gleiche Messfeldgeometrie verwirklicht, insbesondere Spaltbreite, Hinterschneidungen u. ä. Diese Maßnahme steigert die Vergleichbarkeit und vereinfacht eine Kreuz-Kalibrierung zwischen den Strangmessvorrichtungen.

[0026] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird bei einem als Filterstrang ausgebildeten Materialstrang, in den Objekte, insbesondere flüssigkeitsgefüllte Kapseln, an vorbestimmten Positionen eingelegt sind, der Toleranzbereich für Abschnitte des Filterstrangs mit Objekten und für Abschnitte des Filterstrangs ohne Objekte unterschiedlich definiert, insbesondere mit einem Offset zueinander, und/oder wenigstens eine der Strangmessvorrichtungen mit einer variablen Frequenz betrieben, wobei in den unterschiedlichen Abschnitten unterschiedliche Frequenzen und/oder Auswertungsalgorithmen verwendet werden.

[0027] Dabei erfolgt vorzugsweise in den objektlosen Abschnitten, insbesondere zusätzlich, eine Bestimmung einer Feuchtigkeit und/oder der Menge eines Zusatzstoffes, insbesondere eines Weichmachers, und/oder in den objektgefüllten Abschnitten zusätzlich eine Bestimmung eines Fehlens, einer Dichte, einer Masse und/oder einer Beschädigung eines Objekts. Die hierbei auftretenden Aspekte der Leerabschnitte und Objektabschnitte des objektbefüllten Strangs sind in der deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2012 209 954.9 der Anmelderin näher beschrieben, deren Offenbarungsgehalt vollinhaltlich in dieser Anmeldung mitaufgenommen sein soll.

[0028] Der Toleranzbereich ist vorzugsweise rechteckig oder elliptisch oder deformiert definiert, wobei der Toleranzbereich insbesondere abhängig von einem Absolutwert wenigstens eines Vergleichswerts ist. Bei zwei Vergleichsgrößen, beispielsweise Strangfeuchte und Strangdichte, ergibt sich ein zweidimensionaler Vergleichsgrößenvektor, so dass ein zweidimensionaler Toleranzbereich hierfür definiert ist. Bei einer größeren Anzahl von Vergleichsgrößen ist der Toleranzbereich entsprechend zu dimensionieren. Bei beispielsweise drei Vergleichsgrößen kann der Toleranzbereich ein Ellipsoid oder einen Quader oder eine geeignete andere räumliche Form darstellen. Bei einem deformierten Toleranz-

bereich können beispielsweise die Grenzen in den jeweiligen Dimensionen abhängig von der Richtung einer Änderung sein. So können Nichtlinearitäten in den Ableitungen der Vergleichsgrößen berücksichtigt werden.

[0029] Vorteilhafterweise wird zusätzlich zur Auswertung des Toleranzbereichs auch wenigstens ein absoluter Grenzwert für wenigstens einen Messwert oder einen Vergleichswert wenigstens einer Strangmessvorrichtung oder wenigstens ein zu einem laufenden Mittelwert eines Messwerts oder Vergleichswerts definierter Grenzwert verwendet, dessen Über- oder Unterschreiten eine nicht tolerierbare Strang inhomogenität signalisiert.

[0030] In der Praxis unterliegen die verwendeten elektronischen Schaltungen Driften, beispielsweise bedingt durch Temperatureinflüsse, Alterung, usw. Hierdurch ist der ideale Parallelverlauf der aufeinander abgestimmten Strangmesssysteme in der Genauigkeit eingeschränkt und damit die Genauigkeit der Messung. Dieser Effekt wird vorteilhafterweise dadurch verringert, dass die Ableitung wenigstens einer Vergleichsgröße aus den Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen im Betrieb laufend aneinander angeglichen wird, insbesondere durch Auswertung laufender Mittelwerte, Standardabweichungen und/oder Kombinationen aus Mittelwerten und Standardabweichungen der Vergleichsgröße, wobei insbesondere Messwerte der für die Vergleichsgröße ungenaueren der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen an die entsprechenden Messwerte der ungenaueren Strangmessvorrichtung angepasst werden. Diese Vorgehensweise funktioniert, da es bei der Erkennung von Inhomogenitäten immer nur um Abweichungen von mittleren Werten handelt, d.h. kurzfristige Vorgänge. Driften sind demgegenüber immer langfristige Vorgänge.

[0031] Diese laufende Angleichung kann erfolgen, da für eine Bestimmung eines Messwerts, beispielsweise der Strangfeuchte oder Strangdichte, oder anderer Strangeigenschaften, eine genaue Messung von einer Strangmesseinrichtung üblicherweise ausreicht. Der entsprechende Messwert, beispielsweise die Strangfeuchte, der anderen Strangmesseinrichtung kann beispielsweise durch eine lineare Transformation, also Multiplikation mit einem Linearitätsfaktor und Subtraktion eines Offsets, so angepasst werden, dass Mittelwert und Standardabweichung der Strangfeuchte aus der zweiten Strangmessvorrichtung dem Mittelwert und der Standardabweichung aus der ersten, als Referenz genutzten, Strangmessvorrichtung entsprechen. Die Mittelwertbildung kann in diesem Fall auch ein laufendes Mittel sein, so dass Linearitätsfaktor und Offset ebenfalls laufend angepasst werden.

[0032] Bei der Auswertung kann das Signal-Rausch-Verhältnis, also die Erkennungsgenauigkeit, noch weiter dadurch verbessert werden, dass die Messwerte der beiden Frequenzbereiche vor der Auswertung jeweils über einen vorbestimmbaren Bereich gemittelt werden, insbesondere mit einer geeigneten Gewichtsfunktion, die sich aus der Messfeldgeometrie ergibt. Diese gewichtete

Mittelung ist als Faltung der zeitlich aufeinander folgenden Messwerte der jeweiligen Strangmessvorrichtungen mit der Empfindlichkeit in Strangrichtung zu verstehen. Der Materialstrang wird mit einer bekannten Geschwindigkeit durch das jeweilige Messfeld der Strangmessvorrichtungen gefördert. Eine Inhomogenität verweilt somit eine gewisse Zeitdauer im Resonator oder einem Messkondensator. Beim Eintritt und Austritt in und aus dem Resonator bzw. Messkondensator ist die Messempfindlichkeit gering, im Zentrum jeweils größer. Die Empfindlichkeit in Strangrichtung ist also geometrieabhängig beispielsweise annähernd gaußförmig oder hat einen entsprechend anderen Verlauf. Während des Durchtritts durch die Messgeometrie wird jeweils eine bestimmte bekannte Anzahl von Messungen gemacht. Durch eine laufende Aufsummierung bzw. Faltung einer entsprechenden Anzahl von Messungen mit der so berechneten, gemessenen oder gewonnenen Gewichtsfunktion wird das Rauschen der einzelnen Messpunkte unterdrückt, während Signale von Inhomogenitäten erhalten bleiben.

[0033] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Vorrichtung zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere eines Tabakstrangs oder eines Filterstrangs, umfassend wenigstens zwei mit unterschiedlichen Messfrequenzen betriebene oder betreibbare Strangmessvorrichtungen, durch die der Materialstrang nacheinander längsaxial förderbar ist oder gefördert wird, gelöst, die dadurch weitergebildet ist, dass eine Auswertevorrichtung umfasst ist, die ausgebildet ist, aus Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen unabhängig voneinander jeweils wenigstens zwei Vergleichsgrößen abzuleiten, eine Differenz der Vergleichsgröße oder Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen oder einen Differenzvektor aus den Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen zu bilden und zu überprüfen, ob die Differenz, die Differenzen oder der Differenzvektor innerhalb eines vorbestimmten oder vorbestimmbaren Toleranzbereichs liegt oder liegen, wobei ein Überschreiten des Toleranzbereichs eine nicht tolerierbare Stranginhomogenität signalisiert, wobei wenigstens eine Strangmessvorrichtung als Mikrowellenstrangmessvorrichtung und/oder wenigstens eine Strangmessvorrichtung als kapazitive HF-Strangmessvorrichtung ausgebildet ist, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, ein zuvor beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren auszuführen.

[0034] Diese Vorrichtung beruht auf dem gleichen Grundgedanken wie das erfindungsgemäße Verfahren und teilt dessen Vorteile, Eigenschaften und Merkmale.

[0035] Erfindungsgemäß ist wenigstens eine Strangmessvorrichtung als Mikrowellenstrangmessvorrichtung und/oder wenigstens eine Strangmessvorrichtung als kapazitive HF-Strangmessvorrichtung ausgebildet. Diese weisen bevorzugt gleiche oder ähnliche Messfeldgeometrien auf.

[0036] Vorteilhafterweise ist wenigstens eine der

Strangmessvorrichtungen ausgebildet, mit variabler Frequenz betrieben zu werden. Dies ist insbesondere bei Filtersträngen vorteilhaft, in die Objekte eingelegt sind und die somit in Objektabschnitten und leeren Abschnitten unterschiedlich auszuwerten sind.

[0037] Erfindungsgemäß ist die Vorrichtung ausgebildet, ein zuvor beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren auszuführen. Dies betrifft insbesondere die Auswertevorrichtung.

[0038] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Strangmaschine der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Tabakstrangmaschine oder Filterstrangmaschine, mit einer zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung gelöst.

[0039] Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auch durch eine Verwendung eines Toleranzbereichs für eine Differenz oder Differenzen oder Differenzvektoren von einer oder mehreren aus Messsignalen zweier mit unterschiedlichen Frequenzen betriebener Strangmessvorrichtungen einer zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung abgeleiteter Vergleichsgrößen zur Erkennung von nicht tolerierbaren Stranginhomogenitäten in einem durch die Strangmessvorrichtungen längsaxial geförderten Materialstrang der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Tabakstrang oder Filterstrang, gelöst sowie durch ein Softwareprogramm mit Programmcodemitteln, mittels deren bei Ausführung auf einer als Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildeten Auswertevorrichtung einer zuvor beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung ein zuvor beschriebenes erfindungsgemäßes Verfahren ausgeführt wird.

[0040] Auch die Strangmaschine, die Verwendung und das Softwareprogramm teilen die Vorteile, Eigenschaften und Merkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Einrichtung

[0041] Weitere Merkmale der Erfindung werden aus der Beschreibung erfindungsgemäßer Ausführungsformen zusammen mit den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen ersichtlich. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllen.

[0042] Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben, wobei bezüglich aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich auf die Zeichnungen verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Zigarettenherstellungsmaschine des Typs "PROTOS" der Anmelderin,

Fig. 2 eine schematische Querschnittsdarstellung durch ein Paar erfindungsgemäßer Strangmessvorrichtungen,

- Fig. 3 eine schematische perspektivische Darstellung eines Paares erfindungsgemäßer Strangmessvorrichtungen,
- Fig. 4 eine schematische Darstellung der Frequenzabhängigkeit von ϵ'' von Tabak und Kunststoff,
- Fig. 5 eine schematische Darstellung eines bekannten Verfahrens zur Erkennung von Stranginhomogenitäten,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Erkennung von Stranginhomogenitäten,
- Fig. 7 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Signalverarbeitung und
- Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Messsignalvektors.

[0043] In den Zeichnungen sind jeweils gleiche oder gleichartige Elemente und/oder Teile mit denselben Bezugsziffern versehen, so dass von einer erneuten Vorstellung jeweils abgesehen wird.

[0044] In Fig. 1 ist eine Zweistrang-Zigarettenherstellungsmaschine des Typs "PROTOS" aus dem Hause der Anmelderin schematisch dargestellt, die in einer "L-förmigen" Konfiguration aus einer Zweistrangmaschine 2 und einer Filteransetzmaschine 3 zusammengesetzt ist. In Fig. 1 ist die Maschine 1 mit geschlossenen Verdeckblechen dargestellt, Einzelheiten sind der Übersichtlichkeit halber nicht dargestellt.

[0045] Im Folgenden werden einige Stationen der Zigarettenherstellung übersichtsmäßig vorgestellt. Der Herstellungsprozess zweier endloser Tabakstränge beginnt in der Zweistrangmaschine 2 in einer zweisträngigen Verteilereinheit 4 mit einem Vorverteiler 5, der unter anderem einen Steilförderer und zwei Stauschächte sowie weitere bekannte Komponenten umfasst. Darin wird loses Tabakmaterial zu einem ersten und einem parallel verlaufenden zweiten Strangförderer 6 gefördert und von unten auf die Strangförderer aufgeschauert, so dass sich zwei Tabakstränge ausbilden, die mittels Saugluft an den Strangförderern gehalten werden. An den Strangförderern 6 hängend wird das Tabakmaterial in Richtung auf eine erste und eine zweite Formateinheit 8 gefördert. Dort werden die noch offenen Tabakstränge jeweils in einer Umhüllungspapiereinheit 7 mit Umhüllungspapierstreifen umwickelt, die an einer Längskante beleimt werden. Anschließend werden die Tabakstränge in den beiden Formateinheiten 8 zu zwei endlosen geschlossenen Tabaksträngen mit rundem Querschnitt geformt und die Verleimung der Umhüllungspapierstreifen verfestigt.

[0046] Nach der Formung der Tabakstränge werden diese durch eine Messvorrichtung 9 mit einer oder mehreren Messeinheiten zur Messung von Eigenschaften des jeweiligen Tabakmaterialstrangs geführt. So wird et-

wa das Umhüllungspapier optisch inspiziert und die Strangfeuchte und -dichte gemessen. Die Steuerung der Zweistrangmaschine 2 erfolgt von einer Steuerkonsole 11 aus.

[0047] Ausgangs der Zweistrangmaschine 2 befindet sich eine Messer- und Übergabeeinheit 10, in der die Stränge in einzelne Tabakstöcke mehrfacher Gebrauchslänge abgelängt werden, die einzelnen Tabakstöcke von einer längsaxialen in eine queraxiale Förderung umgelenkt werden und in die Filteransetzmaschine 3 überführt werden. Die Filteransetzmaschine 3 weist unter anderem auch eine Belagpapiereinheit 12 auf, von der Belagpapier abgezogen, geschnitten und beleimt wird. Nachfolgend werden die einzelnen Belagpapierblättchen in vorgesehenen Bereichen um die Tabakstöcke und Doppelfilterstopfen gewickelt, die dadurch miteinander verbunden werden. Abschließend werden die so produzierten Doppelzigaretten mittig geschnitten und einzeln abgefordert.

[0048] In Fig. 2 ist eine erfindungsgemäß verwendbare Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 im Querschnitt schematisch dargestellt. Die Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 weist ein gemeinsames Gehäuse 21 auf, das durch ein Schutzrohr 23 durchsetzt ist, durch den ein Materialstrang, beispielsweise ein Filterstrang oder ein Tabakstrang, geführt wird, wobei der Materialstrang zunächst durch ein Strangeintrittsrohr 22 mit konischem Innendurchmesser eintritt, bevor er durch das Schutzrohr 23 hindurchtritt.

[0049] Die Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 weist in Strangförderrichtung aufeinanderfolgend eine Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 und eine kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40 auf. Die Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 entspricht beispielsweise einer Mikrowellenstrangmessvorrichtung, wie sie in der deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2011 083 049.9 der Anmelderin beschrieben ist. Diese weist einen Mikrowellenresonator 31 in einem Mikrowellenresonatorgehäuse 32 auf. In den Mikrowellenresonator 31 ragen eine Einkopplungsantenne 33 und eine Auskopplungsantenne 34 zum Einkoppeln und Auskoppeln von Mikrowellen im Frequenzbereich zwischen 5 und 9 GHz hinein. Der Mikrowellenresonator 31 ist im Wesentlichen zylindrisch geformt, wobei das Schutzrohr 23 zentral durch den zylindrischen Mikrowellenresonator 31 hindurchtritt. Im Zentrum, rund um das Schutzrohr 23 herum, befinden sich zwei konische Kragen 35, deren Wirkung ebenfalls in der deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2011 083 049.9 beschrieben ist und deren diesbezüglicher Offenbarungsgehalt in diese Anmeldung mit aufgenommen sein soll. In Strangrichtung stromabwärts und stromaufwärts der konischen Kragen 35 befinden sich Hinterschnidungen 36, deren Innendurchmesser gegenüber den Spitzen der konischen Kragen 35 wiederum erweitert ist, was dazu führt, dass das Mikrowellenfeld in axialer Richtung, also in Richtung des Materialstrangs, nicht weit heraustritt, und insbesondere nicht in die nachfolgende kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40 eintritt.

[0050] Das gemeinsame Gehäuse 21 beinhaltet bezüglich der Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 außerdem noch mehrere Hohlräume mit Mess-, Temperierungs- und Leistungselektronik 37, die somit in die Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 integriert ist. Dieses hat den weiteren Vorteil, dass die Leistungs- und Messelektronik die gleiche Temperatur aufweisen wie der Mikrowellenresonator 31 und sich somit eine Temperaturregelung für die gesamte Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 ergibt.

[0051] Die nachfolgende kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40 weist einen Messkondensator 41 mit einem Kondensatorgehäuse 42 und Elektrodenflächen 43, 44 auf. An diese wird eine HF-Wechselspannung im Bereich zwischen 10 MHz und etwa 500 MHz angelegt. Eine entsprechende kapazitive HF-Strangmessvorrichtung ist aus der deutschen Patentanmeldung Nr. 10 2011 083 052.9 der Anmelderin bekannt, deren diesbezüglicher Offenbarungsgehalt ebenfalls durch Bezug in die vorliegende Patentanmeldung aufgenommen sein soll. Auch die kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40 weist bezüglich der Elektrodenflächen 43 und 44 konische Kragen 45 auf, mit denen die Geometrie des Messkondensators 41 an die Geometrie des Mikrowellenresonators 31 angepasst wird. Die Messsignale der Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 und der kapazitiven HF-Strangmessvorrichtung 40 sind somit auch bezüglich der Geometrie des Mikrowellenresonators 31 und des Messkondensators 41 und somit der elektromagnetischen Wechselfelder direkt miteinander vergleichbar. Die konischen Kragen 45 mit den entsprechenden Hinterschneidungen sorgen dafür, dass auch in diesem Fall die HF-Felder in axialer Richtung des Materialstrangs nicht weit aus dem Messkondensator 41 herausdringen und insbesondere nicht in den Mikrowellenresonator 31 eindringen.

[0052] Auch die kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40 weist in Hohlräumen des gemeinsamen Gehäuses 21 integrierte Mess-, Temperierungs- und Leistungselektronik 47 auf. Sämtliche Leistungselektronik, Messelektronik und die Temperierung der gesamten Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 ist somit in der Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 integriert.

[0053] In Fig. 3 ist die Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 aus Fig. 2 in einer perspektivischen Ansicht schematisch dargestellt. Der Betrachter blickt auf die Vorderseite der Kombinationsstrangmessvorrichtung 20 mit der Mikrowellenstrangmessvorrichtung 30 sowie dem Strangeintrittsrohr 22 und dem innen sichtbaren Schutzrohr 23. Dahinter befindet sich die kapazitive HF-Strangmessvorrichtung 40. Die einzelnen Gehäuse sind zu einem gemeinsamen Gehäuse verbunden.

[0054] In Fig. 4 ist die Frequenzabhängigkeit des Imaginärteils ε'' von Tabak und Kunststoff dargestellt. Sowohl die Abszisse als auch die Ordinate sind in willkürlichen Einheiten "a.u." ("arbitrary units") dargestellt. Der Imaginärteil ε'' der Dielektrizitätskonstante ist als Ordinate bzw. y-Achse dargestellt, die Frequenz, ebenfalls mit

willkürlichen Einheiten, als Abszisse bzw. x-Achse. Der frequenzabhängige Verlauf von ε'' von Tabak ist als Kurve 60 dargestellt und hat bei Mikrowellenfrequenzen einen wesentlich kleineren Betrag als bei Hochfrequenzen. Der Betrag von ε'' von Kunststoff, der als Kurve 61 dargestellt ist, ist flach und beinahe Null.

[0055] Dies bedeutet auch, dass bei einer Kalibrierung der Messung dergestalt, dass aus den Mikrowellenmesssignalen und aus den HF-Messsignalen jeweils beispielsweise Strangfeuchte und Strangdichte abgeleitet werden, die Anwesenheit von Fremdkörpern aus Kunststoff in den Messsignalen der Mikrowellenmessvorrichtung und der HF-Messvorrichtung deutlich unterschiedliche Auswirkungen haben wird, so dass die derart abgelenkten Messsignale eine deutlich größere Differenz haben werden als im homogenen Teil, also bei Abwesenheit von Fremdkörpern.

[0056] In Fig. 5 ist ein typisches zweidimensionales Messsignal I_{MW} einer Mikrowellenmessvorrichtung für einen durch diese hindurch transportierten Tabakstrang dargestellt. Auf der horizontalen Achse ist die Strangdichte ρ in willkürlichen Einheiten dargestellt, während auf der vertikalen Achse die Strangfeuchte ψ in willkürlichen Einheiten dargestellt ist. Die Messwerte dieser Größen schwanken besonders in der Dimension der Strangdichte ρ recht stark, während sie bezüglich der Strangfeuchtigkeit ψ stärker gebündelt sind. Die Strangdichte des Tabakstrangs verändert sich recht kleinskalig durch die Anwesenheit von unterschiedlichen Tabakblattteilen wie beispielsweise Rippen, die eine höhere Dichte aufweisen und rippenlosen Blattbestandteilen, die eine geringere Dichte aufweisen. Für jeden Messpunkt ergibt sich somit eine Kombination aus einem Strangdichtewert und einem Strangfeuchtwert.

[0057] Die Gewichtsschwankungsbreite ist hauptsächlich durch tatsächlich vorhandene Dichteunterschiede im Strang begründet, während die Schwankungsbreite im Wassergehalt ihre Ursache zum großen Teil in Schwankungen des Wassergehalts hat. Da der verarbeitete Tabak konditioniert ist, ist ein vergleichsweise konstanter Wassergehalt zu erwarten. Die gemessene Schwankungsbreite enthält neben der Inhomogenität des Wassergehalts allerdings auch eine Inhomogenität der Stoffzusammensetzung. In Fig. 5 ist ein Signalverlauf mit einer relativ großen Schwankungsbreite in der vertikalen Achse gezeigt.

[0058] Ein Fremdkörper im Messgut wird dadurch erkannt, dass er sich in seinen Werten der komplexen Dielektrizitätskonstante von den entsprechenden Werten des Messgutes und seiner Umgebung unterscheidet. Da beispielsweise ein Kunststoffteilchen typischerweise einen wesentlich kleineren imaginären Bestandteil ε'' der Dielektrizitätskonstanten im Vergleich zum Realteil hat als Tabak, führt dies zu einer Abweichung des Messwerts z.B. in der in Fig. 5 durch den Pfeil 1 dargestellten Richtung. Fremdkörper können also nur dadurch erkannt werden, dass sie sich in ihren Messwerten von den normalerweise während der Produktion auftretenden Schwan-

kungen der Messwerte unterscheiden. Die Entscheidung, was Fremdkörper ist und was nicht, erfolgt somit auf der Grundlage des Abstandes des einzelnen Messwertes von der Messwerteverteilung bei normaler Produktion. Da die Verteilung der Messwerte typischerweise in Richtung der Abszisse gestreckt ist und in Ordinateurichtung schmal, dient die Abweichung in Ordinateurichtung als Hauptkriterium zur Erkennung von Fremdkörpern. Zu diesem Zweck werden eine untere Schwelle A und eine obere Schwelle B eingeführt, deren Unter- bzw. Überschreiten als Signal für einen Fremdkörper dienen.

[0059] Fig. 5 zeigt auch, dass die während der Produktion auftretende Schwankungsbreite die Empfindlichkeit der Erkennung von Fremdkörpern begrenzt. So führt z.B. der Fremdkörper 2, der von einem relativ niedrigen Ordinateurwert ausgeht, zu einer Unterschreitung der Schwelle A, während ein gleicher Fremdkörper 3, der von einem höheren Ordinateurwert ausgeht, nicht zur Unterschreitung der Schwelle führt. Möchte man kleine Fremdkörper erkennen, muss man sehr kleine Abstände von der mittleren Messwerteverteilung schon als Fremdkörper erkennen. Wegen des geringen Abstandes der Schwellen zu den auftretenden Messwerten kann es hierdurch durch statische Schwankungen der Messwerte, wie im Falle des Signalverlaufes I_{MW} , leicht zum unberechtigten Erkennen von Fremdkörpern kommen, wenn der Abstand der Schwelle zum mittleren Signalverlauf zu gering gewählt wird. Sehr kleine Fremdkörper können nur kleine Veränderungen der Dielektrizitätskonstanten bewirken, die innerhalb der normalen Messwerteverteilungen bleiben. Solche Fremdkörper werden somit nicht erkannt.

[0060] In Fig. 6 wird die erfindungsgemäße Auswertung des in Fig. 5 dargestellten Messsignalverlaufes dargestellt. Als durchgezogene Linie ist wiederum nur der Messwerteverlauf I_{MW} aus der Mikrowellenmessvorrichtung gezeigt. Für einen Messpunkt bzw. ein Messwertpaar oder Messwertvektor (ρ, ψ) aus I_{MW} ist jedoch auch ein demselben Strangabschnitt entsprechender Messpunkt des Messsignals I_{HF} der HF-Strangmessvorrichtung dargestellt, der sich von dem Messpunkt I_{MW} sowohl in der abgeleiteten Feuchtigkeit als auch der abgeleiteten Strangdichte unterscheidet.

[0061] In diesem Fall werden nach solchen Schwankungen in den Messwerten gesucht, bei denen sich die Abweichungen der Messwerte in Ordinate und/oder Abszisse der verschiedenen Frequenzen deutlich voneinander unterscheiden. Wird um den einzelnen Messwert der Mikrowellenmessung ein Toleranzbereich 70 definiert, der in Fig. 6 elliptisch definiert ist, so ist zu erwarten, dass der entsprechende Messwert der HF-Messung in diesem Toleranzbereich zu liegen kommt. Dies ist in Fig. 6 dargestellt. Liegt der andere Messwert außerhalb des Toleranzbereiches, so ist dies ein Kriterium für das Vorliegen eines Fremdkörpers.

[0062] Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass die Messwerteschwankungen der einzelnen Messwerte bei normaler Produktion dadurch kompensiert werden, dass

die Schwankungen aufgrund realer Inhomogenitäten im Strang entstehen und somit in beiden Messungen gleichlaufend sind und durch eine Differenzbildung weitgehend ausgeschaltet werden. Die Abstände der Schwelle, als die Definition des Toleranzbereichs, kann daher viel enger gesetzt werden als bei dem bisherigen Verfahren. Hierdurch ist es möglich, wesentlich kleinere Fremdkörper zu erkennen als bisher.

[0063] In Fig. 7 ist schematisch der Ablauf der Signalverarbeitung dargestellt. Von links kommend werden die unmittelbaren Messsignale aus der Mikrowellenstrangmessvorrichtung und der HF-Strangmessvorrichtung in einem Verfahrensschritt 81 bzw. 81' analysiert und Vergleichsgrößen, in diesem Fall Strangdichten ρ_1, ρ_2 und Strangfeuchtwerte ψ_1, ψ_2 ermittelt. Da der Strang zunächst durch eine Strangmessvorrichtung und dann durch die andere Strangmessvorrichtung gefördert wird, ergibt sich ein zeitlicher Versatz. Die gleichzeitig erhaltenen Messwerte ρ_1, ρ_2 bzw. ψ_1, ψ_2 betreffen somit unterschiedliche Strangabschnitte und können nicht miteinander verglichen werden. In einem zusätzlichen Verfahrensschritt 82 wird daher eine zeitliche Verzögerung entsprechend der Zeit, die es braucht, damit der Strang von der ersten zur zweiten Strangmessvorrichtung gelangt, durchgeführt. Das Ergebnis dieser Operation ist ein Vergleichswertepaar ρ_1 und ψ_1 , das den gleichen Strangabschnitt betrifft wie das Vergleichswertepaar ρ_2, ψ_2 aus der zweiten Strangmessvorrichtung.

[0064] Im Verfahrensschritt 83 wird aus den Strangdichtemesswerten ρ_1 und ρ_2 ein Differenzwert $\Delta\rho$ erstellt und aus den Strangfeuchtemesswerten ψ_1 und ψ_2 ein Differenzwert $\Delta\psi$. Es ergibt sich somit ein Differenzvektor $\Delta\rho, \Delta\psi$. Dieser wird in Verfahrensschritt 84 daraufhin überprüft, ob er innerhalb des vorbestimmten Toleranzbereichs 70 liegt. Liegt er außerhalb des Toleranzbereichs 70, so wird das Vorhandensein eines Fremdkörpers oder einer sonstigen nicht tolerierbaren Inhomogenität signalisiert und der betroffene Strangabschnitt nach dem Ablängen eines stabförmigen Artikels, beispielsweise eines Filterstabs oder Tabakstabs, von der weiteren Verarbeitung ausgeschlossen.

[0065] Die Differenzbildung für $\Delta\rho$ und $\Delta\psi$ kann absolut erfolgen, d.h. in einen in jedem Fall positiven Wert $|\Delta\rho|$ bzw. $|\Delta\psi|$ münden. Dieser positive Wert kann dann mit einer in diesem Bereich definierten Funktion, beispielsweise einer Vierteilellipse, verglichen werden. Andererseits kann dieser Wert auch mit festgelegten jeweils eigenen Grenzwerten verglichen werden. Dieser Fall entspricht einem rechtwinkligen Toleranzbereich. Diese Herangehensweise ist bei verschwindender Nichtlinearität besonders effektiv.

[0066] Es kann auch jeweils zwischen einer oberen und unteren Schwelle für die Vergleichsgrößen unterschieden werden. Statt eines elliptischen Toleranzbereichs kann somit auch ein deformierter Toleranzbereich bestimmt werden, der die Nichtlinearität der Messung und der zugrunde liegenden Dielektrizitätskonstanten berücksichtigt.

[0067] In einer Ausgestaltung wird eine mit entsprechenden Gewichtungsfaktoren gewichtete quadratische Addition vorgenommen, deren Betrag kleiner als eine Schwelle S sein muss. Diese Ausgestaltung entspricht einem elliptischen Toleranzbereich.

[0068] Fig. 8 zeigt eine schematische Darstellung eines Messsignalvektors einer Mikrowellenmeseinrichtung, aus deren Messsignal I_{MW} der Realteil ε' und der Imaginärteil ε'' der komplexen Permittivität bzw. Dielektrizitätskonstante ε des Strangmaterials abgeleitet wird. Ebenso könnte der Betrag und die Phase der komplexen Permittivität geeignet dargestellt werden und als Grundlage für einen erfindungsgemäßen Vergleich zur Erkennung von Stranginhomogenitäten dienen. In diesen Fällen werden vorteilhafterweise die ε -Werte der unterschiedlichen Frequenzen auf gleiche Schwankungsbreiten proportional angepasst. Dies erfolgt beispielsweise durch eine lineare Transformation, bei der die Messwerte der für die betrachtete Vergleichsgröße ungenaueren oder weniger stabilen Strangmessvorrichtung durch Multiplikation mit einem Linearitätsfaktor und Abziehen oder Addieren eines Offsets bezüglich ihres Mittelwerts und ihrer Schwankungsbreite bzw. Standardabweichung auf den Mittelwert und die Schwankungsbreite der genaueren oder stabileren Strangmessvorrichtung angepasst werden. Diese Anpassung kann laufend erfolgen.

[0069] Alle genannten Merkmale, auch die den Zeichnungen allein zu entnehmenden sowie auch einzelne Merkmale, die in Kombination mit anderen Merkmalen offenbart sind, werden allein und in Kombination als erfindungswesentlich angesehen. Erfindungsgemäße Ausführungsformen können durch einzelne Merkmale oder eine Kombination mehrerer Merkmale erfüllt sein. Im Rahmen der Erfindung sind Merkmale, die mit "insbesondere" oder "vorzugsweise" gekennzeichnet sind, als fakultative Merkmale zu verstehen.

Bezugszeichenliste

[0070]

1	Maschine
2	Strangmaschine
3	Filteransatzmaschine
4	Verteilereinheit
5	Vorverteiler
6	Strangförderer
7	Umhüllungspapiereinheit
8	Formateinheit
9	Messvorrichtung
10	Messer- und Übergabeeinheit
11	Steuerkonsole
12	Belagpapiereinheit
20	Kombinationsstrangmessvorrichtung
21	gemeinsames Gehäuse
22	Strangeintrittsrohr
23	Schutzrohr
30	Mikrowellenstrangmessvorrichtung

	31	Mikrowellenresonator
	32	Mikrowellenresonatorgehäuse
	33	Einkopplungsantenne
	34	Auskopplungsantenne
5	35	konischer Kragen
	36	Hinterschneidung
	37	Mess-, Temperierungs- und Leistungselektronik
	40	kapazitive HF-Strangmessvorrichtung
10	41	Messkondensator
	42	Kondensatorgehäuse
	43, 44	Elektrodenfläche
	45	konischer Kragen
	46	Hinterschneidung
15	47	Mess-, Temperierungs- und Leistungselektronik
	60	frequenzabhängiger Verlauf ε'' von Tabak
	61	frequenzabhängiger Verlauf ε'' von Kunststoff
	70	Toleranzbereich
20	81, 81'	Signalverarbeitung
	82	Verzögerung
	83	Bildung des Differenzvektors
	84	Vergleich mit Toleranzbereich
	ε	komplexe Permittivität eines Materials
25	$\varepsilon', \varepsilon''$	Real- und Imaginärteil der komplexen Permittivität
	$ \varepsilon , \varphi$	Betrag und Phase der komplexen Permittivität
	ρ	Strangdichte
	ψ	Strangfeuchte
30	A	unterer Grenzwert
	B	oberer Grenzwert
	f_{HF}	Frequenz im HF-Bereich
	f_{MW}	Frequenz im Mikrowellenbereich
	I_{HF}	Messwertverlauf HF
35	I_{MW}	Messwertverlauf Mikrowelle
	1, 2, 3	Veränderung bei Anwesenheit von Kunststoff-Partikeln im Strang

40 Patentansprüche

1. Verfahren zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere eines Tabakstrangs oder eines Filterstrangs, wobei der Materialstrang längsaxial durch wenigstens zwei mit unterschiedlichen Messfrequenzen (f_{HF} , f_{MW}) betriebene Strangmessvorrichtungen (30, 40) gefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) unabhängig voneinander jeweils wenigstens eine Vergleichsgröße ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) abgeleitet wird (Verfahrensschritte 81, 81'), eine Differenz ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$) der Vergleichsgröße ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) oder Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) oder ein Differenzvektor ($\{\Delta\rho, \Delta\psi\}; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$)

- $\Delta\varphi$) aus den Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) gebildet wird (Verfahrensschritt 83) und überprüft wird, ob die Differenz ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$), die Differenzen oder der Differenzvektor ($\{\Delta\rho, \Delta\psi; \Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) innerhalb wenigstens eines vorbestimmten oder vorbestimmbaren Toleranzbereichs (70) liegt oder liegen (Verfahrensschritt 84), wobei ein Überschreiten des Toleranzbereichs (70) eine nicht tolerierbare Stranginhomogenität signalisiert, wobei wenigstens eine Messfrequenz (f_{MW}) im Mikrowellenbereich und eine andere Messfrequenz (f_{HF}) im HF-Bereich liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Frequenz der Strangmessvorrichtung (30) im Mikrowellenbereich um einen Faktor 10 bis 900 größer ist als die Frequenz der Strangmessvorrichtung (40) im HF-Bereich.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** als Vergleichsgrößen eine Strangdichte (ρ) und/oder eine Strangfeuchte (ψ) und/oder ein Realteil (ε') und/oder ein Imaginärteil (ε'') und/oder ein Betrag ($|\varepsilon|$) und/oder eine Phase (φ) einer komplexen Dielektrizitätskonstanten (ε) aus den Messsignalen abgeleitet werden.
 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus den Messsignalen wenigstens einer der Strangmessvorrichtungen (30, 40) eine oder mehrere weitere Messgrößen abgeleitet werden, die aus den Messsignalen der jeweils anderen Strangmessvorrichtung (30, 40) nicht abgeleitet werden oder nicht mit den entsprechenden Messgrößen der anderen Strangmessvorrichtung (30, 40) verglichen werden.
 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zur Auswertung ein zeitlicher Versatz, der zwischen den Messsignalen aufgrund eines in Strangförderrichtung gegebenen Abstands zwischen den Strangmessvorrichtungen (30, 40) abhängig von einer momentanen Materialstrangfördergeschwindigkeit auftritt, durch eine zeitliche Verzögerung der Verarbeitung der Messsignale oder abgeleiteten Vergleichsgrößen der stromaufwärts angeordneten Strangmessvorrichtung kompensiert wird (Verfahrensschritt 82).
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem als Filterstrang ausgebildeten Materialstrang, in den Objekte, insbesondere flüssigkeitsgefüllte Kapseln, an vorbestimmten Positionen eingelegt sind, der Toleranzbereich für Abschnitte des Filterstrangs mit Objekten und für Abschnitte des Filterstrangs ohne Objekte unterschiedlich definiert wird, insbesondere mit einem Offset zueinander, und/oder wenigstens eine der Strangmessvorrichtungen (30, 40) mit einer variablen Frequenz betrieben wird, wobei in den unterschiedlichen Abschnitten unterschiedliche Frequenzen und/oder Auswertungsalgorithmen verwendet werden, wobei insbesondere in den objektlosen Abschnitten, insbesondere zusätzlich, eine Bestimmung einer Feuchtigkeit und/oder der Menge eines Zusatzstoffes, insbesondere eines Weichmachers, erfolgt und/oder in den objektgefüllten Abschnitten zusätzlich eine Bestimmung eines Fehlens, einer Dichte, einer Masse und/oder einer Beschädigung eines Objekts erfolgt.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Toleranzbereich rechteckig oder elliptisch oder deformiert definiert ist, wobei der Toleranzbereich insbesondere abhängig von einem Absolutwert wenigstens eines Vergleichswerts ist.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zusätzlich zur Auswertung des Toleranzbereichs auch wenigstens ein absoluter Grenzwert für wenigstens einen Messwert oder einen Vergleichswert wenigstens einer Strangmessvorrichtung (30, 40) oder wenigstens ein zu einem laufenden Mittelwert eines Messwerts oder Vergleichswerts definierter Grenzwert (A, B) verwendet wird, dessen Über- oder Unterschreiten eine nicht tolerierbare Stranginhomogenität signalisiert.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ableitung wenigstens einer Vergleichsgröße ($\rho, \psi; \varepsilon', \varepsilon''; |\varepsilon|, \varphi$) aus den Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) im Betrieb laufend aneinander angeglichen wird, insbesondere durch Auswertung laufender Mittelwerte, Standardabweichungen und/oder Kombinationen aus Mittelwerten und Standardabweichungen der Vergleichsgröße ($\rho, \psi; \varepsilon', \varepsilon''; |\varepsilon|, \varphi$), wobei insbesondere Messwerte der für die Vergleichsgröße ungenaueren der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) an die entsprechenden Messwerte der ungenaueren Strangmessvorrichtung (30, 40) angepasst werden.
 10. Vorrichtung zur Erkennung von Stranginhomogenitäten eines Materialstrangs der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere eines Tabakstrangs oder eines Filterstrangs, umfassend wenigstens zwei mit unterschiedlichen Messfrequenzen (f_{HF}, f_{MW}) betriebene oder betreibbare Strangmessvorrichtungen (30, 40), durch die der Materialstrang nacheinander längsaxial förderbar ist oder gefördert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Auswertvorrichtung umfasst ist, die ausgebildet ist, aus

Messsignalen der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) unabhängig voneinander jeweils wenigstens eine Vergleichsgröße ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) abzuleiten, eine Differenz ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$) der Vergleichsgröße ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) oder Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) oder einen Differenzvektor ($\Delta\rho, \Delta\psi; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) aus den Differenzen mehrerer Vergleichsgrößen ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) der wenigstens zwei Strangmessvorrichtungen (30, 40) zu bilden und zu überprüfen, ob die Differenz ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$), die Differenzen oder der Differenzvektor ($\Delta\rho, \Delta\psi; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) innerhalb eines vorbestimmten oder vorbestimmbaren Toleranzbereichs (70) liegt oder liegen, wobei ein Überschreiten des Toleranzbereichs (70) eine nicht tolerierbare Stranginhomogenität signalisiert, wobei wenigstens eine Strangmessvorrichtung (30, 40) als Mikrowellenstrangmessvorrichtung (30) und/oder wenigstens eine Strangmessvorrichtung (30, 40) als kapazitive HF-Strangmessvorrichtung (40) ausgebildet ist, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 auszuführen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Strangmessvorrichtungen (30, 40) ausgebildet ist, mit variabler Frequenz betrieben zu werden.
12. Strangmaschine (2) der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Tabakstrangmaschine oder Filterstrangmaschine, mit einer Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11.
13. Verwendung eines Toleranzbereichs (70) für eine Differenz oder Differenzen oder Differenzvektoren ($\Delta\rho, \Delta\psi; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) von einer oder mehreren aus Messsignalen zweier mit unterschiedlichen Frequenzen (f_{HF}, f_{MW}) betriebener Strangmessvorrichtungen (30, 40) einer Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11 abgeleiteter Vergleichsgrößen ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) zur Erkennung von nicht tolerierbaren Stranginhomogenitäten in einem durch die Strangmessvorrichtungen (30, 40) längsaxial geförderten Materialstrang der Tabak verarbeitenden Industrie, insbesondere Tabakstrang oder Filterstrang.
14. Softwareprogramm mit Programmcodemitteln, mittels deren bei Ausführung auf einer als Datenverarbeitungseinrichtung ausgebildeten Auswertevorrichtung einer Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11 ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9 ausgeführt wird.

Claims

1. A method for recognizing rod inhomogeneities of a material rod from the tobacco processing industry, in particular a tobacco rod or a filter rod, wherein the material rod is conveyed along the longitudinal axis by at least two rod measuring apparatuses (30, 40) operated at different measuring frequencies (f_{HF}, f_{MW}), **characterized in that** at least one comparative value ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) is derived in each case from measuring signals from the at least two rod measuring apparatuses (30, 40) independent of each other (method step 81, 81'); a difference ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$) is formed of the comparative value ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$), or differences are formed of a plurality of comparative values ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$), or a differential vector is formed ($\{\Delta\rho, \Delta\psi\}; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) of the differences of the plurality of comparative values ($\rho_1, \psi_1; \varepsilon_1', \varepsilon_1''; |\varepsilon_1|, \varphi_1; \rho_2, \psi_2; \varepsilon_2', \varepsilon_2''; |\varepsilon_2|, \varphi_2$) from the at least two rod measuring apparatuses (30, 40) (method step 83), and it is checked whether the difference ($\Delta\rho; \Delta\psi; \Delta\varepsilon'; \Delta\varepsilon''; \Delta|\varepsilon|; \Delta\varphi$), the differences or the differential vector ($\{\Delta\rho, \Delta\psi\}; \{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}; \{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) lies or lie within at least one predetermined or predetermined tolerance range (70) (method step 84), wherein exceeding the tolerance range (70) signals an intolerable rod inhomogeneity, wherein at least one measuring frequency (f_{MW}) lies within the microwave range, and another measuring frequency (f_{HF}) lies within the HF range.
2. The method according to claim 1, **characterized in that** the frequency of the rod measuring apparatus (30) within the microwave range is greater by a factor of 10 to 900 than the frequency of the rod measuring apparatus (40) in the HF range.
3. The method according to claim 1 or 2, **characterized in that** a rod density (ρ), and/or a rod moisture (ψ), and/or a real part (ε'), and/or an imaginary part (ε''), and/or an amount ($|\varepsilon|$), and/or a phase (φ) of a complex dielectric constant (ε) is derived from the measuring signals as comparative values.
4. The method according to one of claims 1 to 3, **characterized in that** one or more additional measurands are derived from the measuring signals from at least one of the rod measuring apparatuses (30, 40) which are not derived from the measuring signals from the other rod measuring apparatus (30, 40), or are not compared with the corresponding measurands from the other rod measuring apparatus (30, 40).
5. The method according to one of claims 1 to 4, **characterized in that** for evaluation, a temporal offset

which occurs between the measuring signals due to a given distance in the rod conveying direction between the rod measuring apparatuses (30, 40) depending on a momentary material rod conveying speed is compensated by a time delay in processing the measuring signals or derived comparative values from the rod measuring apparatus arranged upstream (method step 82).

6. The method according to one of claims 1 to 5, **characterized in that** when a material rod is formed as a filter rod into which objects, in particular liquid-filled capsules, are inserted at predetermined positions, the tolerance range is defined differently for sections of the filter rod with objects and sections of the filter rod without objects, in particular with an offset relative to each other, and/or at least one of the rod measuring apparatuses (30, 40) is operated at a variable frequency, wherein different frequencies and/or evaluation algorithms are used in the different sections, wherein in particular moisture and/or the amount of an additive, in particular a softener, is determined in particular in the object-free sections, in particular additionally, and/or an absence, a density, a weight and/or damage to an object is additionally determined in the object-filled sections.
7. The method according to one of claims 1 to 6, **characterized in that** the tolerance range is defined so as to be rectangular, or elliptical, or deformed, wherein the tolerance range depends in particular on an absolute value of at least one comparative value.
8. The method according to one of claims 1 to 7, characterized that, in addition to evaluating the tolerance range, at least one absolute threshold value is also used for at least one measured value or a comparative value from at least one rod measuring apparatus (30, 40), or at least one threshold value (A, B) defined for a running average of a measured value or comparative value, the exceeding or undershooting of which signals an intolerable rod inhomogeneity.
9. The method according to one of claims 1 to 8, **characterized in that** the derivation of at least one comparative value (ρ , φ ; ε' , ε'' ; $|\varepsilon|$, φ) from the measuring signals from the at least two rod measuring apparatuses (30, 40) are compared continually with each other during operation, in particular by evaluating running averages, standard deviations and/or combinations of averages and standard deviations of the comparative value (ρ , ψ ; ε' , ε'' ; $|\varepsilon|$, φ), wherein in particular measured values of the more imprecise of the at least two rod measuring apparatuses (30, 40) for the comparative value are adapted to the corresponding measured values of the more imprecise

rod measuring apparatus (30, 40).

10. An apparatus for recognizing rod inhomogeneities of a material rod from the tobacco processing industry, in particular a tobacco rod or a filter rod, comprising at least two rod apparatuses (30, 40) operated or operable at different measuring frequencies (f_{HF} , f_{MW}), by means of which the material rod is conveyable or conveyed sequentially along the longitudinal axis, **characterized in that** an evaluation apparatus is comprised which is designed to derive in each case at least one comparative value (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) independent of each other from measuring signals from the at least two rod measuring apparatuses (30, 40), to form a difference ($\Delta\rho$; $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$; $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$) of the comparative value (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2), or differences of a plurality of comparative values (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2), or a differential vector ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) of the differences of the plurality of comparative values (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) from the at least two rod measuring apparatuses (30, 40), and to check whether the difference ($\Delta\rho$; $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$; $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$), the differences or the differential vector ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) lies or lie within a predetermined or predeterminable tolerance range (70), wherein exceeding the tolerance range (70) signals an intolerable rod inhomogeneity, wherein at least one rod measuring apparatus (30, 40) is designed as a microwave rod measuring apparatus (30), and/or at least one rod measuring apparatus (30, 40) is designed as a capacitive HF rod measuring apparatus (40), wherein the device is designed to perform a method according to one of claims 1 to 9.
11. The device according to claim 10, **characterized in that** at least one of the rod measuring apparatuses (30, 40) is designed to be operated at a variable frequency.
12. A rod-forming machine (2) from the tobacco processing industry, in particular a tobacco rod machine or filter rod machine, having an apparatus according to claim 10 or 11.
13. A use of a tolerance range (70) for a difference, or differences, or differential vectors ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\{\Delta\varepsilon', \Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|, \Delta\varphi\}$) from one or more comparative values (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) derived from measuring signals of two rod measuring apparatuses (30, 40) operated at different frequencies (f_{HF} , f_{MW}) of an apparatus according to claim 10 or 11 for recognizing intolerable rod inhomogeneities in a material rod from the tobacco processing industry, in particular a tobacco rod or a filter rod, conveyed along the longitudinal axis through the rod measuring

appareatues (30, 40).

14. A software program with program code means, by means of which, upon being executed on an evaluation apparatus designed as a data processing apparatus of an apparatus according to claim 10 or 11, a method according to one of claims 1 to 9 is executed.

Revendications

- Procédé de détection de défauts d'homogénéité d'une tige de matériau de l'industrie de traitement du tabac, notamment d'une tige de tabac ou d'une tige de filtre, la tige de matériau étant transportée dans la direction de son axe à travers au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) fonctionnant avec des fréquences de mesure (f_{HF} , f_{MW}) différentes, **caractérisé en ce que**, à partir de signaux de mesure desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40), indépendamment les uns des autres, au moins une grandeur respective de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) est déduite (étapes de procédé 81, 81'), **en ce qu'il** est formé une différence ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$) de la grandeur de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) ou des différences de plusieurs grandeurs de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) ou un vecteur de différence ($\{\Delta\rho$, $\Delta\psi\}$; $\{\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi\}$) à partir des différences de plusieurs grandeurs de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) (étape de procédé 83) et **en ce qu'il** est vérifié si la différence ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$), les différences ou le vecteur de différence ($\{\Delta\rho$, $\Delta\psi\}$; $\{\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi\}$) est ou sont à l'intérieur d'une plage de tolérance (70) susceptible d'être déterminée ou déterminée (étape de procédé 84), un dépassement de la plage de tolérance (70) signalisant un défaut d'homogénéité non tolérable d'une tige, au moins une fréquence de mesure (f_{MW}) étant située dans le domaine des micro-ondes et une autre fréquence de mesure (f_{HF}) étant située dans le domaine HF.
- Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la fréquence du dispositif de mesure de tige (30) située dans le domaine des micro-ondes étant plus grande, d'un facteur de 10 à 900, que la fréquence du dispositif de mesure de tige (40) dans le domaine HF.
- Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** sont déduites des signaux de mesure, comme grandeurs de comparaison, une densité de tige (ρ) et/ou une humidité de tige (ψ) et/ou une partie

réelle (ε') et/ou une partie imaginaire (ε'') et/ou une valeur absolue ($|\varepsilon|$) et/ou une phase (φ) d'une constante diélectrique complexe (ε).

- Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** sont déduites des signaux de mesure d'au moins un des dispositifs de mesure de tige (30, 40), une ou plusieurs autres grandeurs de mesure qui ne sont pas déduites des signaux de mesure du respectivement autre dispositif de mesure de tige (30, 40) ou qui ne sont pas comparées aux grandeurs de mesure correspondantes de l'autre dispositif de mesure de tige (30, 40).
- Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'un** décalage dans le temps qui apparaît entre les signaux de mesure en raison d'une distance donnée, dans le sens de transport des tiges, entre les dispositifs de mesure de tige (30, 40), en fonction de la vitesse de transport momentanée de la tige de matériau, est compensé par un retardement dans le temps de l'exploitation des signaux de mesure ou des grandeurs de comparaison déduites du dispositif de mesure de tige disposé en amont (étape de procédé 82).
- Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** pour une tige de matériau formée comme tige de filtre dans laquelle se trouvent insérés à des positions prédéterminées des objets, notamment des capsules remplies d'un liquide, la plage de tolérance est définie différemment pour des tronçons de la tige de filtre avec des objets et pour des tronçons de la tige de filtre sans objets, notamment avec un décalage de l'un par rapport à l'autre, et/ou **en ce qu'au** moins un des dispositifs de mesure de tige (30, 40) fonctionne avec une fréquence variable, des fréquences différentes et/ou des algorithmes d'exploitation différents étant utilisés pour les tronçons différents, notamment pour les tronçons sans objets, notamment de manière supplémentaire, il est déterminée une humidité et/ou une quantité d'un additif, notamment d'un adoucissant, et/ou qu'il est déterminée pour les tronçons remplis d'un objet, de manière supplémentaire, l'absence, une densité, une masse et/ou une détérioration d'un objet.
- Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** la plage de tolérance est définie comme rectangulaire ou elliptique ou déformée, la plage de tolérance étant notamment fonction d'une valeur absolue d'au moins une valeur de comparaison.
- Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que**, en sus de l'exploitation de la plage de tolérance, au moins une valeur limite absolue pour au moins une valeur de mesure ou pour

une valeur de comparaison d'au moins un dispositif de mesure de tige (30, 40) ou au moins une valeur limite (A, B) définie pour une valeur moyenne courante d'une valeur de mesure ou d'une valeur de comparaison, est utilisée dont le dépassement vers le haut ou vers le bas signale un défaut d'homogénéité de tige non tolérable.

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la déduction d'au moins une valeur de comparaison (ρ , ψ ; ε' , ε'' ; $|\varepsilon|$, φ) à partir des signaux de mesure desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40), est adaptée en permanence, en fonctionnement, notamment par exploitation de valeurs moyennes courantes, d'écart standards courants et/ou de combinaisons courantes de valeurs moyennes et d'écart standards de la grandeur de comparaison (ρ , ψ ; ε' , ε'' ; $|\varepsilon|$, φ), notamment des valeurs de mesure de celui desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) qui est moins précis pour la valeur de comparaison, sont adaptées aux valeurs de mesure correspondantes du dispositif de mesure de tige (30, 40) plus précis.
10. Dispositif pour la détection de défauts d'homogénéité d'une tige de matériau de l'industrie de traitement du tabac, notamment d'une tige de tabac ou d'une tige de filtre, comprenant au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) susceptibles de fonctionner ou fonctionnant avec des fréquences de mesure (f_{HF} , f_{MW}) différentes à travers lesquels la tige de matériau est susceptible d'être transportée ou est transportée successivement dans la direction de son axe, **caractérisé en ce qu'il** comprend un dispositif d'exploitation qui est configuré pour déduire, à partir de signaux de mesure desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40), de manière indépendante les unes des autres, au moins une grandeur respective de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2), pour former une différence ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$) de la grandeur de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) ou des différences de plusieurs grandeurs de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) ou un vecteur de différence ($\{\Delta\rho$, $\Delta\psi\}$; $\{\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi\}$) à partir des différences de plusieurs grandeurs de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) desdits au moins deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) (étape de procédé 83) et pour vérifier si la différence ($\Delta\rho$, $\Delta\psi$; $\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''$; $\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi$), les différences ou le vecteur de différence ($\{\Delta\rho$, $\Delta\psi\}$; $\{\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi\}$) est ou sont à l'intérieur d'une plage de tolérance (70) susceptible d'être déterminée ou déterminée, un dépassement de la plage de tolérance (70) signalant un défaut d'homogénéité non tolérable d'une tige, au moins un dispositif de mesure de tige

(30, 40) étant configuré comme dispositif de mesure de tige à micro-ondes (30) et/ou au moins un dispositif de mesure de tige (30, 40) étant configuré comme dispositif de mesure de tige HF capacitif, le dispositif étant configuré pour mettre en oeuvre un procédé selon l'une des revendications 1 à 9.

11. Dispositif selon la revendication 10, **caractérisé en ce qu'**au moins un des dispositifs de mesure de tige (30, 40) est configuré pour fonctionner avec une fréquence variable.
12. Machine de formation de tige (2) de l'industrie de traitement du tabac, notamment une machine pour la formation d'une tige de tabac ou une machine pour la formation d'une tige de filtre, avec un dispositif selon la revendication 10 ou 11.
13. Utilisation d'une plage de tolérance (70) pour une différence ou des différences ou des vecteurs de différence ($\{\Delta\rho$, $\Delta\psi\}$; $\{\Delta\varepsilon'$, $\Delta\varepsilon''\}$; $\{\Delta|\varepsilon|$; $\Delta\varphi\}$) d'une ou de plusieurs grandeurs de comparaison (ρ_1 , ψ_1 ; ε_1' , ε_1'' ; $|\varepsilon_1|$, φ_1 ; ρ_2 , ψ_2 ; ε_2' , ε_2'' ; $|\varepsilon_2|$, φ_2) déduites de signaux de mesure de deux dispositifs de mesure de tige (30, 40) fonctionnant avec des fréquences différentes (f_{HF} , f_{MW}), d'un dispositif selon la revendication 10 ou 11 pour reconnaître des défauts d'homogénéité non tolérables dans une tige de matériau transportée dans la direction de son axe, de l'industrie de traitement du tabac, notamment dans une tige de tabac ou une tige de filtre.
14. Programme d'ordinateur avec des moyens de codage de programme à l'aide desquels, lors d'une mise en oeuvre dans un dispositif d'exploitation configuré comme dispositif de traitement de données d'un dispositif selon la revendication 10 ou 11, un procédé selon l'une des revendications 1 à 9 est mis en oeuvre.

Fig. 1

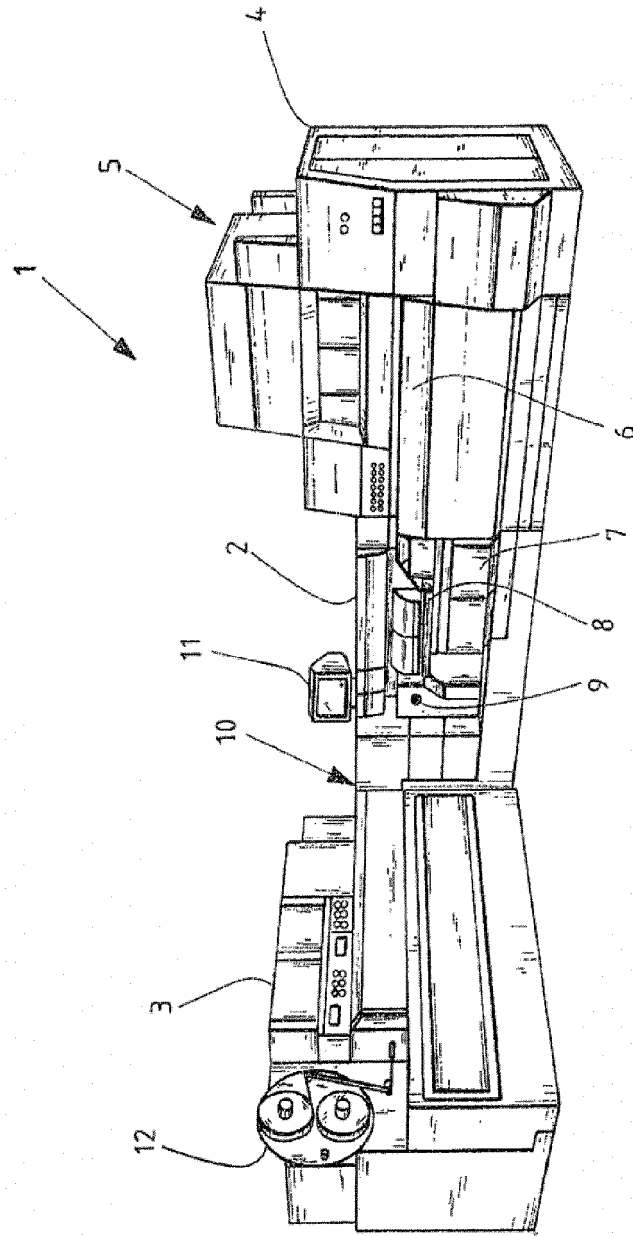


Fig. 2

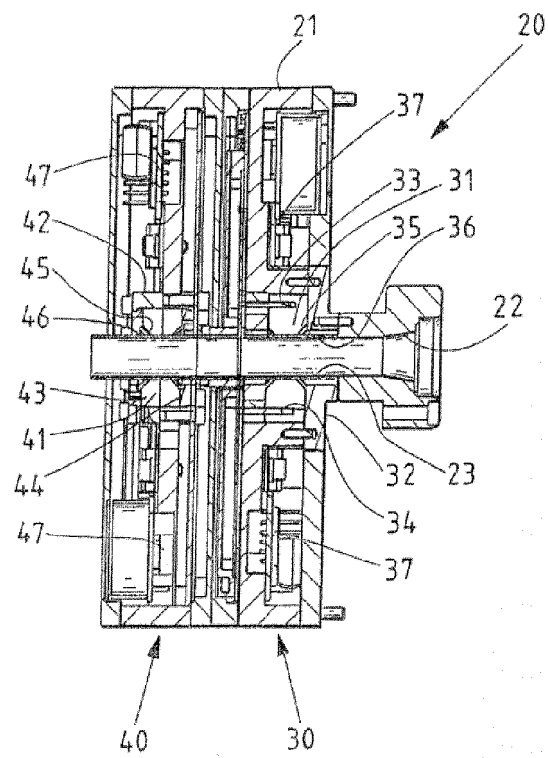
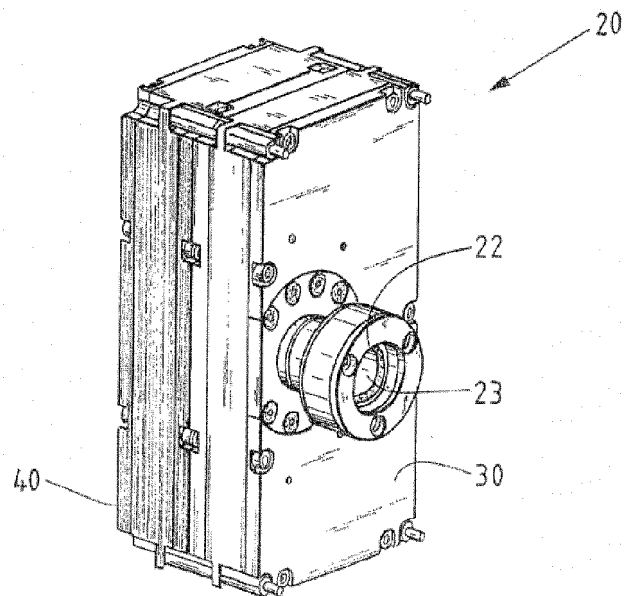


Fig. 3



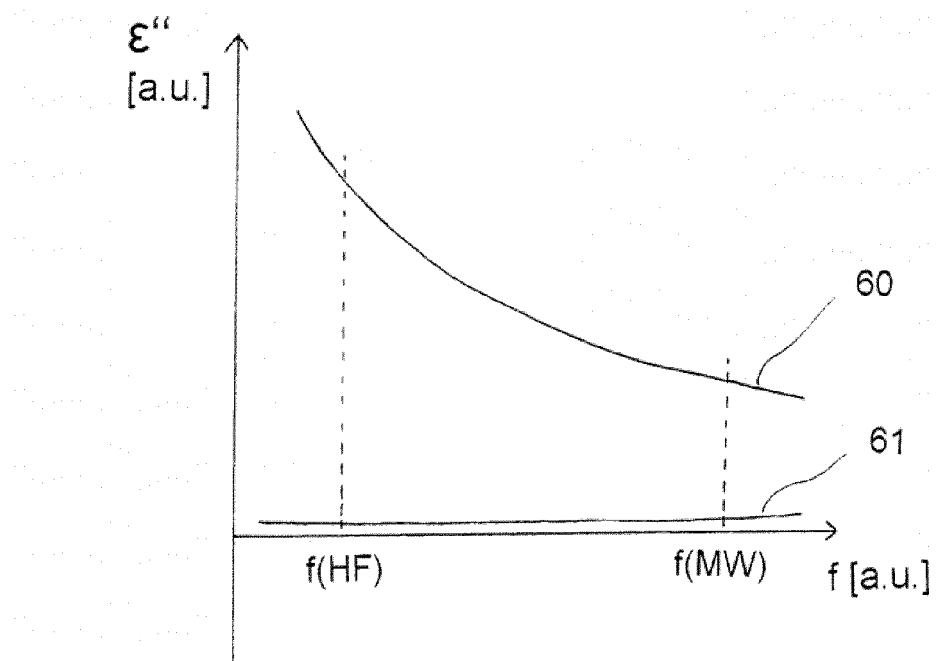


Fig. 4

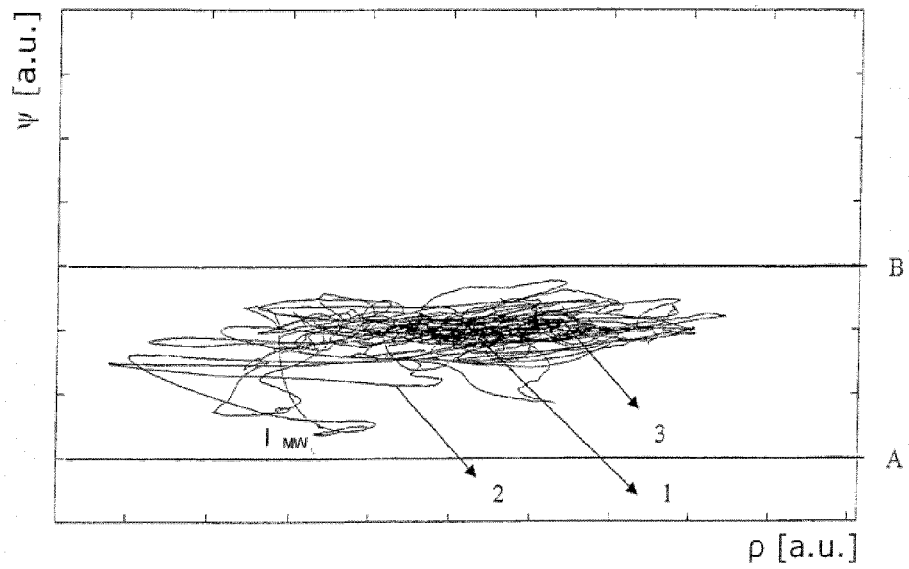


Fig. 5 (Prior Art)

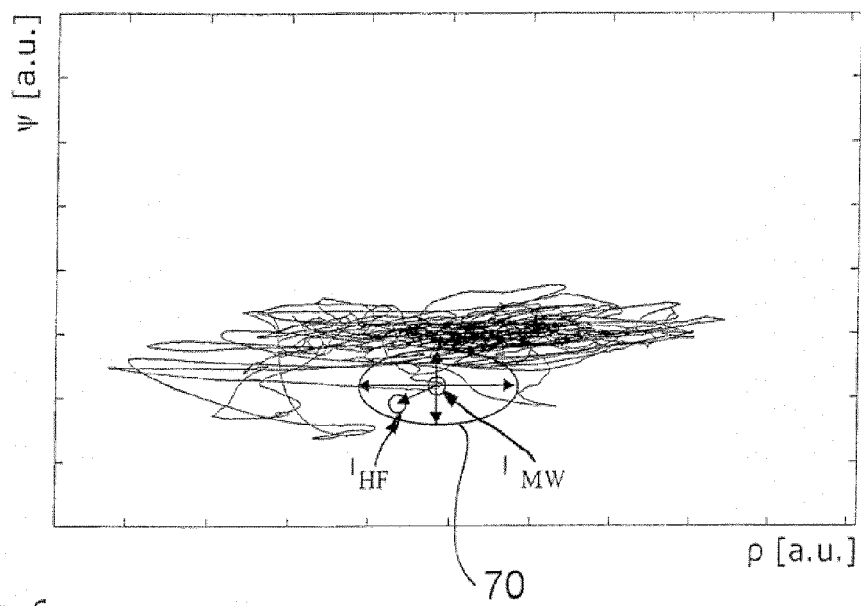


Fig. 6

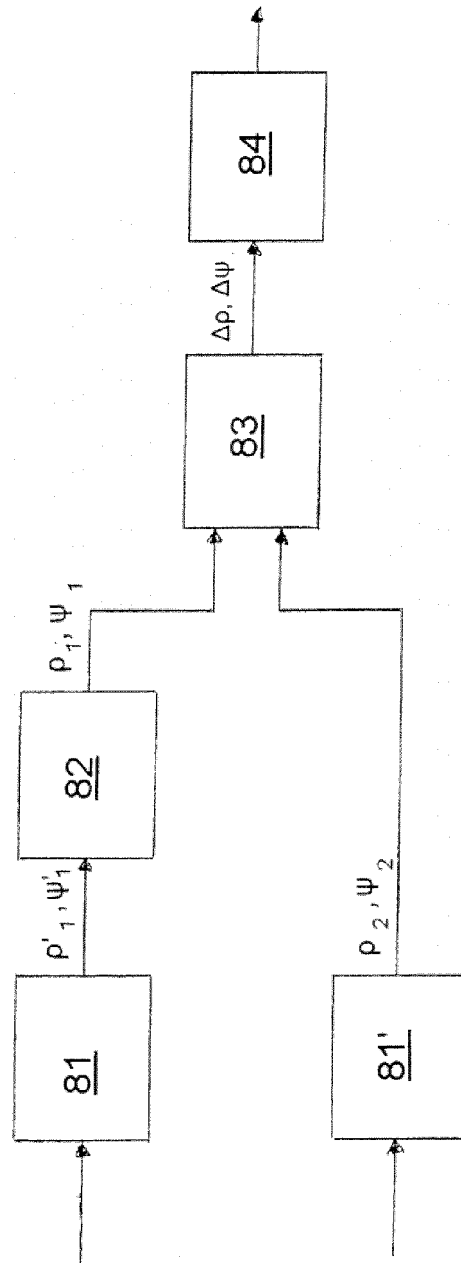


Fig. 7

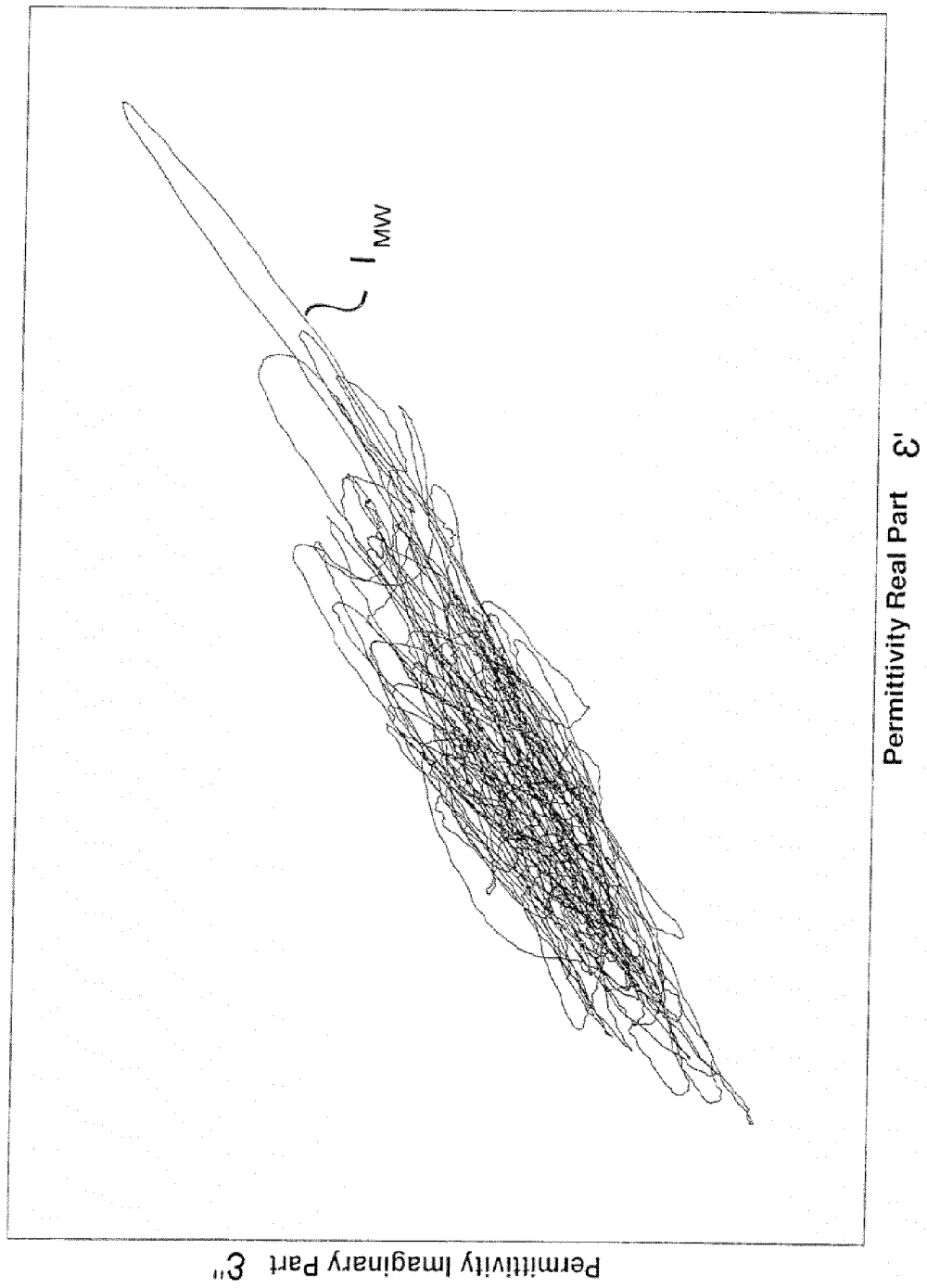


Fig. 8

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

- EP 1330961 B1 **[0006]**
- DE 102012209954 **[0007]** **[0027]**
- US 4942363 A **[0009]**
- GB 2489586 A **[0010]**
- DE 102011083049 **[0049]**
- DE 102011083052 **[0051]**