



(12)

**Beschreibung****Hintergrund**

**[0001]** Die Erfindung betrifft im Wesentlichen ein System zum Überwachen einer relativen Verschiebung von Komponenten, und insbesondere ein System zum Überwachen einer relativen Verschiebung von Wickelkopfkomponenten eines Generators.

**[0002]** Rotationsmaschinen, wie z.B. von Dampfturbinen oder Gasturbinen angetriebene elektrische Generatoren, haben die Fähigkeit, mehrere Tausend Ampere Strom in ihren Statorwicklungen zu leiten. Die Statorwicklungen weisen im Wesentlichen leitende Stangen auf, die in entsprechenden Schlitzen in einem Stator Kern befestigt sind und Wickelköpfe, die sich über den Stator Kern hinaus erstrecken. Die Wickelkopfkomponenten sind elektrodynamischen und mechanischen Kräften unterworfen, die eine Verschiebung der Wickelköpfe bewirken. Elektrodynamische Kräfte werden beispielsweise durch einen die Wickelköpfe während des Startvorgangs und Spitzenlastzuständen durchfließenden hohen Strom bewirkt. Mechanische Kräfte werden durch die normale mechanische Wärmeausdehnung und Schwingungen der Rotationsmaschinen verursacht. Es hat sich herausgestellt, dass eine übermäßige Verschiebung der Wickelköpfe verschiedene unerwünschte Effekte einschließlich derjenigen hat, dass die Wicklungsisolation in den Wickelköpfen zerstört werden kann, was zu einem Isolationszusammenbruch zwischen den Wickelköpfen führt, und dass Wickelköpfe einem Verschleiß aufgrund elektromechanischer Kräfte unterliegen, die zu einem vorzeitigen Ausfall der Rotationsmaschine führen. Es besteht ein Bedarf im Fachgebiet, den Wickelkopfstatus zu überwachen, und es ist eine frühzeitige und genaue Detektion einer Wickelkopfflockerung erwünscht.

**[0003]** Es wurden bereits herkömmliche Systeme vorgeschlagen, um die Verschiebung von Wickelkopfkomponenten zu detektieren. Jedoch haben Elektronik-basierende Systeme Metallkomponenten, die aufgrund der hohen elektromagnetischen Felder nicht in der Nähe der Wickelkopfkomponenten genutzt werden können, und optische Schwingungsmesssysteme sind für eine kosteneffektive Nutzung zu teuer. Somit wäre es vorteilhaft, ein Überwachungssystem bereitzustellen, welches sich mit diesen Nachteilen befasst.

**[0004]** US 2010 / 0 066 315 A1 beschreibt ein System zur Überwachung der Betriebsbedingungen eines elektrischen Generators, das eine Triadensensoranordnung umfasst, die in einem vorbestimmten Abschnitt eines Glasfaserleiters ausgebildet ist. Die Triadensensoranordnung besteht aus einer Gruppe von Sensoren, zu denen ein erster Sensor mit einem Bragg-Gitter zur Erzeugung eines ersten Signals, das

die Dehnung in einem Statorstab des Generators kennzeichnet, ein zweiter Sensor mit einem Bragg-Gitter zur Erzeugung eines zweiten Signals, das die Temperatur in dem Statorstab kennzeichnet, und ein dritter Sensor mit einem Bragg-Gitter gehören, das ein drittes Signal erzeugt, das für die Schwingungsamplitude in dem Statorstab kennzeichnend ist.

**[0005]** US 2009 / 0 245 717 A1 beschreibt ein System zum Messen der Dichtheit eines Statorkeils in einem Stator Kern einer elektrischen Maschine. Das System umfasst mindestens einen optischen Fasersensor, der entlang einer Wellenfeder angeordnet ist, die nahe an einem Statorstab in einem Statorschlitz des Stator Kerns angeordnet ist. Der optische Fasersensor umfasst ein einzelnes Glasfaserkabel mit mehreren Sensoren, beispielsweise Faser-Bragg-Gittersensoren, die entlang des Glasfaserkabels verteilt sind, und ist dazu eingerichtet, das Ausmaß der Dehnung in der Wellenfeder zu erfassen. Ein mit dem optischen Fasersensor funktionsfähig verbundenes Datenerfassungssystem enthält einen Scanlaser, der ein Laserlichtsignal für den optischen Fasersensor bereitstellt.

**Kurzbeschreibung**

**[0006]** Gemäß einer Beispielausführungsform wird ein System für die Überwachung einer relativen Verschiebung eines Paares von Wickelkopfkomponenten bereitgestellt. Das System enthält eine auf den Wickelkopfkomponenten befestigte Struktur. Das System enthält ferner ein auf einer nicht-gekrümmten Oberfläche der Struktur befestigtes Faser-Bragg-Gitter, wobei das Faser-Bragg-Gitter dafür konfiguriert ist, einfallende Strahlung mit einer Spitzenintensität bei einer entsprechenden Wellenlänge auf der Basis einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters zu reflektieren. Die Struktur ist so konfiguriert, dass die von der Struktur erzeugte Dehnung eine Größe der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters auf einen vorbestimmten Bereich über eine Spanne der relativen Verschiebung des Paares der Wickelkopfkomponenten begrenzt.

**[0007]** Gemäß einer weiteren hierin offengelegten Beispielausführungsform wird eine Energieerzeugungsvorrichtung bereitgestellt. Die Energieerzeugungsvorrichtung enthält ein Paar von Wickelkopfkomponenten, die so konfiguriert sind, dass sie einer relativen Verschiebung während eines Betriebs der Energieerzeugungsvorrichtung zu unterliegen. Die Energieerzeugungsvorrichtung enthält ferner eine auf den Wickelkopfkomponenten befestigte Struktur und ein auf einer nicht-gekrümmten Oberfläche der Struktur befestigtes Faser-Bragg-Gitter. Das Faser-Bragg-Gitter ist dafür konfiguriert, einfallende Strahlung mit einer Spitzenintensität bei einer entsprechenden Wellenlänge auf der Basis einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters zu reflektieren. Die

Dehnung des Faser-Bragg-Gitters ergibt sich aus einer Dehnung der Struktur aufgrund der relativen Verschiebung des Paares der Wickelkopfkomponenten. Die Struktur ist so konfiguriert, dass die von der Struktur erzeugte Dehnung eine Größe der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters auf einen vorbestimmten Bereich über eine Spanne der relativen Verschiebung des Paares der Wickelkopfkomponenten begrenzt.

#### Figurenliste

**[0008]** Diese und weitere Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden besser verständlich, wenn die nachstehende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen gelesen wird, in welchen gleiche Bezugszeichen gleiche Teile durchgängig durch die Zeichnungen bezeichnen, wobei:

**Fig. 1** eine Teilseitenquerschnittsansicht einer Struktur und eines auf einem Paar von Wickelkopfkomponenten befestigten Faser-Bragg-Gitters gemäß einer Beispielausführungsform der Erfindung ist;

**Fig. 2** eine Teilseitenquerschnittsansicht von mehreren Strukturen und auf den Wickelkopfkomponenten befestigten Faser-Bragg-Gittern gemäß einer weiteren Beispielausführungsform der Erfindung ist;

**Fig. 3** eine Teilseitenquerschnittsansicht der Struktur in **Fig. 1** während einer Entwurfsphase ist;

**Fig. 4** eine graphische Darstellung einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters über einer Verschiebung der Wickelkopfkomponenten für entsprechende Höhen und eine feste Dicke in der in **Fig. 3** dargestellten Struktur während der Entwurfsphase ist;

**Fig. 5** eine graphische Darstellung einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters über einer Verschiebung der Wickelkopfkomponenten für entsprechende Dicken und eine feste Höhe in der in **Fig. 3** dargestellten Struktur während der Entwurfsphase ist; und

**Fig. 6** eine graphische Darstellung einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters über einer Verschiebungsspanne der in **Fig. 1** dargestellten Kopfwicklungskomponenten ist.

#### Detaillierte Beschreibung

**[0009]** Beispielausführungsformen der Erfindung werden im Zusammenhang von Stator-Wickelkopf-Überwachungssystemen unter Verwendung von faseroptischen Messkabeln für die Messung einer relativen Verschiebung der Wickelkopfkomponenten einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, von

Unterstützungs- oder Verbindungskomponenten, die direkt oder indirekt Statorwickelköpfe unterstützen oder damit verbunden sind, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, Verbindungsringen und Statorstangen beschrieben. Eine relative Verschiebung zwischen den Wickelkopfkomponenten ist ein Hinweis auf den Statorwickelkopf-Status. „Relative Verschiebung“ hierin bezieht sich auf eine Verschiebung eines Abstandes zwischen zwei Wickelkopfkomponenten. Die zwei Wickelkopfkomponenten können direkt nebeneinanderliegen, oder können durch eine oder mehrere Wickelkopfkomponenten dazwischen getrennt sein. So wie hierin verwendet, bezeichnen die Begriffe „ein, einer, eine, eines“ und „der, die, das“ keine Einschränkung einer Menge, sondern geben lediglich das Vorhandensein von wenigstens einem der Elemente an. In ähnlicher Weise bedeutet „zwei Wickelkopfkomponenten“, so wie hierin verwendet, wenigstens zwei Wickelkopfkomponenten.

**[0010]** **Fig. 1** veranschaulicht eine Beispielausführungsform eines Systems **100** für die Überwachung einer relativen Verschiebung **124** eines Paares von Wickelkopfkomponenten **102**, **104**. In einer Beispielanwendung kann das System **100** in einer Energieerzeugungsvorrichtung, wie z.B. einem elektrischen Generator, verwendet werden, und die Komponenten **102**, **104** können beispielsweise die Wickelkopfkomponenten eines elektrischen Generators sein. In einer anderen Beispielanwendung können die Komponenten **102**, **104** in einem Bereich hoher Spannung und/oder hohen magnetischen Feldes, wie z.B. in einem Druckbehälter positioniert sein, welcher beispielsweise nicht leicht zugänglich ist. Die Komponenten **102**, **104** unterliegen der relativen Verschiebung **124** während des Betriebs des Generators. In einer Beispielausführungsform der vorliegenden Erfindung ist das System **100** dafür konfiguriert, sicherzustellen, dass die relative Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** keinen Schwellenwert oder ein Maximum in Bezug auf die Verschiebung überschreitet, und einen Sensor zu konfigurieren, welcher in der Lage ist, die relative Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** über eine Spanne der relativen Verschiebung zu erkennen. Beispielsweise kann eine maximale relative Verschiebung der Komponenten **102**, **104** zueinander 1,27 mm sein. Jedoch sind die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung auf keinerlei speziellen numerischen Wert in Bezug auf die Verschiebung begrenzt. Die relative Verschiebung von 1,27 mm der Komponenten **102**, **104** zueinander kann sich aus einer Komponente ergeben, die stationär bleibt und einer weiteren Komponente, die sich um 1,27 mm verschiebt oder aus beiden Komponenten, die sich beispielsweise um 0,635 mm aufeinander zu oder voneinander weg verschieben.

**[0011]** Gemäß Darstellung in **Fig. 1** wird ein Faser-Bragg-Gitter **116** in einer optischen Faser **115** erzeugt. Der Abschnitt des Faser-Bragg-Gitters **116** der

optischen Faser **115** ist fest an einer nicht-gekrümmten Oberfläche **126** befestigt. D.h., auf einer ebenen Oberfläche aber mit Standardfertigungstoleranzen und/oder nominellen Abweichungen, wie sie dem Fachmann bekannt sind. Zum Schutz kann ein Mantel **119** die optische Faser **115** umgeben. Der Mantel **119** kann außen auf der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** mit einer Zugentlastungskomponente **131** an jedem Ende **166**, **168** des Faser-Bragg-Gitters **116** befestigt sein, um eine zusätzliche mechanische Verbindungsstärke bereitzustellen und um zu verhindern, dass das Faser-Bragg-Gitter **116** aus der optischen Faser **115** herausbricht.

**[0012]** Man erkennt, dass die Fähigkeit, das Faser-Bragg-Gitter **116** außen auf der Oberfläche **126** zu befestigen, ermöglicht, in einem Entwurfsstadium der Struktur ein Verhältnis des Betrags der Dehnung zu dem Betrag der relativen Bewegung genau festzulegen. Dieses Verhältnis kann vorteilhafterweise im Entwurfsstadium durch eine angemessene Auswahl von Parametern der Struktur, wie z.B. Höhe und Dicke, festgelegt werden. Ferner kann dieses Verhältnis so gewählt werden, dass es im Wesentlichen für jede gefertigte Struktur konstant ist, da die Strukturabmessungen innerhalb Standardherstellungstoleranzen und/oder nomineller Abweichungen gesteuert werden können, wie dem Fachmann bekannt ist.

**[0013]** Man erkennt ferner, dass durch die Auslegung der Struktur mit einer nicht-gekrümmten Oberfläche für die Befestigung des Faser-Bragg-Gitters die Dehnung an allen Abschnitten des Faser-Bragg-Gitters im Wesentlichen dieselbe ist. Dieses ist vorteilhaft, da die entsprechende Wellenlänge der eine Spitzenintensität habenden reflektierten Strahlung unzweideutig ist. Wenn unterschiedliche Abschnitte des Faser-Bragg-Gitters, welches typischerweise etwa 1 cm lang ist, eine unterschiedliche Dehnung erfahren, kann dann die reflektierte Strahlung verschiedene Spitzenwellenlängen oder ein spektral aufgeweitetes reflektiertes Spektrum haben. Unter diesen Bedingungen kann die Spitze schwierig zu unterscheiden sein, was zu einer Zweideutigkeit in der geschätzten Dehnung führt. Eine im Wesentlichen ebene Oberfläche mit einer Länge gleich oder größer als der Länge des Faser-Bragg-Gitters stellt eine gleichmäßige Dehnung auf dem Gitter und eine unzweideutige Spitzenwellenlänge sicher.

**[0014]** Wie es ferner in **Fig. 1** dargestellt ist, ist eine Abdeckung **117** um das Faser-Bragg-Gitter **116** und die Zugentlastungskomponente **131** für einen zusätzlichen Schutz positioniert. Die Abdeckung **117** besteht beispielsweise aus einem nicht leitenden Polymermaterial. Obwohl **Fig. 1** ein Faser-Bragg-Gitter mit einer optischen Faser darstellt, kann jedes faser-optische Messkabel für die Messung einer relativen Verschiebung der Wickelkopfkomponenten verwendet werden.

**[0015]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, enthält die Struktur **100** eine nicht-gekrümmte Oberfläche **126**, auf welcher der Mantel **119** (und das Faser-Bragg-Gitter **116**) außen befestigt werden können. Zusätzlich hat, wie in **Fig. 1** dargestellt, die nicht-gekrümmte Oberfläche **126** eine Länge, welches eine minimale Länge **128** auf der Basis einer Länge **130** des Faser-Bragg-Gitters **116** sein kann. In einer exemplarischen Ausführungsform ist die minimale Länge **128** größer als die Länge **130** des Faser-Bragg-Gitters **116** und kann beispielsweise größer als die kombinierte Länge des Faser-Bragg-Gitters **116** und der Zugentlastungskomponente **131** an jedem Ende **166**, **168** sein. In einer exemplarischen Ausführungsform ist das Faser-Bragg-Gitter **116** außen auf der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** der Struktur **110** mit einem geeigneten Klebermaterial, wie z.B. einem wärmegehärteten Polymer oder irgendeinem anderen Material befestigt, das in der Lage ist, Elemente durch eine Oberflächenbefestigung aneinander zu halten. In einer exemplarischen Ausführungsform kann die Länge **128** der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** beispielsweise 2 cm sein.

**[0016]** Die Struktur **110** enthält ferner ein Paar zusätzlicher Oberflächen **152**, **154**, wobei die entsprechende zusätzliche Oberfläche **152**, **154** an einer entsprechenden ersten Oberfläche oder einer entsprechenden Oberseite **156**, **157** der Komponenten **102**, **104** befestigt ist. Gemäß Darstellung in **Fig. 1** enthält die Struktur **110** auch ein Paar von Zwischenabschnitten **158**, **160**, welche eine entsprechende zusätzliche Oberfläche **152**, **154** mit einem entsprechenden äußeren Ende **162**, **164** der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** verbinden. In einer exemplarischen Ausführungsform ist das entsprechende äußere Ende **162**, **164** in Längsrichtung zu dem entsprechenden äußeren Ende **166**, **168** des Faser-Bragg-Gitters **116** ausgerichtet. Die Zwischenabschnitte **158**, **160** sind in Bezug zu den zusätzlichen Oberflächen **152**, **154** und der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** in irgendeinem von einer Anzahl von Winkeln von 10 bis 170 Grad ausgerichtet. In einer exemplarischen Ausführungsform kann der zwischen den Zwischenabschnitten **158**, **160** und den zusätzlichen Oberflächen **152**, **154** und/oder der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** ausgebildete Winkel beispielsweise 60 Grad sein. Wie in **Fig. 1** dargestellt, nimmt die Struktur **110** die Form eines umgekehrten Dreiecks an, in welchem die Zwischenabschnitte **158**, **160** sich von dem entsprechenden äußeren Ende **162**, **164** der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** in einer Einwärtsrichtung in Bezug auf das Faser-Bragg-Gitter **116** zu einem Ende **170**, **172** der entsprechenden zusätzlichen Oberfläche **152**, **154** erstrecken. Die entsprechenden Enden **170**, **172** der zusätzlichen Oberflächen **152**, **154** sind durch weniger als die Länge **126** der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** getrennt. Die entsprechende zusätzliche Oberfläche **152**, **154** ist auf der Oberseite **156**, **157**

der entsprechenden Komponente **102**, **104** mit einem Kleber **174**, wie z.B. einem Zweikomponentenepoxid, befestigt. Wie in **Fig. 2** dargestellt, sind die zusätzlichen Oberflächen **152**, **154** auf den Oberseiten **156**, **157** der Komponenten **102**, **104** mit einer entsprechenden Menge von Ausgleichsmaterial **175** befestigt, um eine Höhe **176** auszugleichen, bei welcher die zusätzlichen Oberflächen **152**, **154** jeweils auf den Oberseiten **156**, **157** der Komponenten **102**, **104** befestigt sind.

**[0017]** Wie ferner in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Band **178** um eine Außenoberfläche der entsprechenden Komponente **102**, **104** einschließlich der Oberseite **156**, **157** der entsprechenden Komponente **102**, **104** und um die entsprechende zusätzliche Oberfläche **152**, **154** der Struktur **110** gewickelt, um die Befestigung der entsprechenden zusätzlichen Oberfläche **152**, **154** der Struktur **110** auf der Oberseite **156**, **157** der Komponente **102**, **104** zu verbessern.

**[0018]** Wie für den Fachmann bekannt, ist das Faser-Bragg-Gitter **116** dafür konfiguriert, durch die optische Faser **115** einfallende Strahlung bei einer entsprechenden Wellenlänge mit einer Spitzenintensität auf der Basis einer Dehnung **122** (siehe **Fig. 4** - **Fig. 5**) des Faser-Bragg-Gitters **116** zu reflektieren. Wie vorstehend diskutiert, basiert die Dehnung auf einem Verhältnis einer Veränderung der Länge des Faser-Bragg-Gitters **116** (als Folge der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104**) zu der Anfangslänge des Faser-Bragg-Gitters **116** (und in gleicher Weise für weitere in dieser Erfindung definierte Dehnungsparameter). Das Faser-Bragg-Gitter **116** hat einen Schwellenwert-Dehnungsbereich oder Maximum-Dehnungsbereich, welcher beispielsweise durch den Hersteller vorgegeben sein kann, jenseits welchem das Faser-Bragg-Gitter **116** mechanisch bricht und/oder keine Wellenlänge erzeugt, welche genau die Dehnungskräfte reflektiert, welchen es unterworfen ist. Somit verringern die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung einen Bereich der von dem Faser-Bragg-Gitter (als Folge der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104**) erfahrenen Dehnung **122** auf den maximalen Dehnungsbereich des Faser-Bragg-Gitters **116**. In einer exemplarischen Ausführungsform wird ein Faser-Bragg-Gitter-Dehnungssensor os3200 von Micron Optics in den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung verwendet, welcher einen maximalen Dehnungsbereich von  $\pm 5000 \mu\text{m/m}$  hat. Jedoch können die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit jedem Faser-Bragg-Gitter verwendet werden, welches dazu genutzt wird, eine relative Verschiebung einer Komponente wie z.B. eines Verbindungsringes eines elektrischen Generators zuüberwachen.

**[0019]** Sobald die Komponenten **102**, **104** der relativen Verschiebung **124** während des typischen Betriebs der Komponenten unterworfen werden, wird

die nicht-gekrümmte Oberfläche **126** der Struktur **110** einer Dehnung unterworfen und somit das Faser-Bragg-Gitter **116** einer Dehnung **122** als Folge der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** unterworfen. Die Struktur **110** ist dafür ausgelegt, einen Bereich der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** über einen Bereich der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** auf einen maximalen Bereich der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters **116** zu verringern. Das Faser-Bragg-Gitter **116** ist außen auf der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** der Struktur **110** derart befestigt, dass der Bereich der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** in einem Bereich der Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** der Struktur **110** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** liegt. Das Faser-Bragg-Gitter **116** ist außen auf der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** befestigt und die nicht-gekrümmte Oberfläche **126** ist wie vorstehend diskutiert nicht gekrümmt und/oder eben, sodass die Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** über der Spanne der relativen Verschiebung der Komponenten **102**, **104** im Wesentlichen über die minimale Länge **128** der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** gleichmäßig ist, um sicherzustellen, dass das Faser-Bragg-Gitter **116** eine im Wesentlichen gleichmäßige Dehnung **122** über die minimale Länge **128** erfährt, entlang welcher es an der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** befestigt ist.

**[0020]** Gemäß Darstellung in den **Fig. 3** - **Fig. 5** wird während des Entwurfsmodus der Struktur **110** ein Parameter der Struktur **110** einstellbar derart ausgewählt, dass der Bereich der Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** der Struktur **110** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** innerhalb des maximalen Bereiches der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** liegt. Wie vorstehend diskutiert, kann die Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** zueinander bekannt sein, wie z.B. 1,27 mm. Zusätzlich kann der maximale Bereich der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** bekannt sein, wie z.B. 2500  $\mu\text{m/m}$ . Obwohl der Entwurfsmodus der **Fig. 3** - **Fig. 5** für spezifische Grenzbedingungen der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** und den maximalen Bereich der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** durchgeführt wurde, kann die Konstruktion für jede beliebige spezifische Grenzbedingung auf der Basis der hierin diskutierten Verfahren durchgeführt werden. Wie in **Fig. 3** dargestellt, ist der Parameter der Struktur **110**, welcher während des Entwurfsmodus der Struktur **110** angepasst wird, die Höhe **134** der Struktur, die Dicke **136** der Struktur **110** und/oder ein Krümmungsradius **138** eines Bogens der Struktur **110**, welcher die nicht-gekrümmte Oberfläche **126** mit einem Zwischenabschnitt **158** verbindet (und eines ähnlichen Bogens, welcher den Zwischenabschnitt **158** mit der zusätzli-

chen Oberfläche **152** verbindet). Man beachte, dass die Ausführungsform von **Fig. 3** eine halb symmetrische Ansicht der Struktur **110** darstellt, da die andere Hälfte der Struktur **110** in einer symmetrischen Weise wie dem Fachmann bekannt, ähnlich aufgebaut ist.

**[0021]** Der Entwurfsmodus der in den **Fig. 3 - Fig. 5** dargestellten Struktur **110** nutzt ein CAD-(Computer Aided Design)-Modell, welches dazu verwendet wird, eine geometrische Darstellung der Struktur **110** mit einer speziellen Höhe, Dicke und Krümmungsradius an jedem Bogen bereitzustellen, wie es dem Fachmann bekannt ist. Das CAD-Modell wird dazu genutzt, ein geometrisches Modell der Struktur **110** bereitzustellen, aber das CAD-Modell alleine liefert nicht die Modell-Dehnung oder Kraftdaten in der Struktur **110** oder entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** beispielsweise in Reaktion auf die relative Verschiebung der zusätzlichen Oberfläche **152** auf der Basis der relativen Verschiebung **124** der Komponenten. Wie vorstehend diskutiert, sind die Ausführungsformen der Erfindung darauf gerichtet, eine Struktur **110** mit einem Dehnungsbereich entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** innerhalb eines maximalen Dehnungsbereiches **122** eines Faser-Bragg-Gitters **116** über eine Spanne einer relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** zu konfigurieren. In der exemplarischen Ausführungsform ist der Entwurfsmodus darauf gerichtet, eine Struktur **110** mit einer nicht-gekrümmten Oberfläche **126** mit einem Dehnungsbereich innerhalb von  $2500\text{ }\mu\text{m/m}$  über eine Spanne einer relativen Verschiebung von  $1,27\text{ mm}$  zu konfigurieren. Um die Dehnungs- oder Kraftdaten auf dem geometrischen CAD-Modell der Struktur **110** zu betrachten, nutzt der Entwurfsmodus der Struktur **110** ein FEA-(Finite Elemente Analyse)-Modell, in welchem das CAD-Modell der Struktur **110** in mehrere individuelle Elemente getrennt wird, welche entsprechenden Kraftgleichungen ausgesetzt werden, wie es dem Fachmann bekannt ist. **Fig. 3** stellt veranschaulichend die Dehnung entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** der Struktur **110** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** mittels einer Von Mises Dehnungsskala **135** dar. Wie in **Fig. 4** dargestellt, wird unter Verwendung des FEA-Modells der Struktur **110** die Dehnung entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** über eine Verschiebungsspanne von  $1,27\text{ mm}$  für eine Anzahl von Strukturen mit verschiedenen Höhen **134** einschließlich  $28,6\text{ mm}$ ,  $31,6\text{ mm}$  und  $34,6\text{ mm}$  berechnet, während die Dicke **136** auf  $3,3\text{ mm}$  fixiert bleibt. Ebenso wird, wie in **Fig. 5** dargestellt, unter Verwendung des FEA-Modells der Struktur **110** die Dehnung entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** über eine Verschiebungsspanne von  $1,27\text{ mm}$  für eine Anzahl von Strukturen mit verschiedenen Dicken **136** einschließlich  $2,3\text{ mm}$ ,  $3,3\text{ mm}$  und  $4,3\text{ mm}$  berechnet, während die Höhe **134** auf  $28,6\text{ mm}$  fixiert bleibt. Wie in **Fig. 3** dargestellt, führt der Entwurfsmodus zu einer Konfiguration der Struktur **110** mit einer Hö-

he **134** von  $24\text{ mm}$ , einer Dicke **136** von  $4\text{ mm}$  und einem Krümmungsradius **138** an den Bögen von  $4\text{ mm}$ , um einen Dehnungsbereich entlang der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** von  $2453\text{ }\mu\text{m/m}$  zu haben und somit innerhalb des maximalen Bereichs der Dehnung **122** der Faser-Bragg-Gitter,  $2500\text{ }\mu\text{m/m}$  zu liegen. Wie vorstehend diskutiert, sind diese aus dem Entwurfsmodus konstruierten speziellen Dehnungsbereiche und Abmessungen der Struktur **110** lediglich exemplarisch und die Ausführungsformen der Erfindung können zum Entwurf jeder Struktur genutzt werden, um die Dehnung des Faser-Bragg-Gitters über eine Spanne einer relativen Verschiebung der Komponenten auf den maximalen Bereich der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters zu verringern, indem man den hierin diskutierten Schritten folgt. Obwohl das FEA-Modell der Struktur **110** zu einer Höhe **134** von  $24\text{ mm}$ , einer Dicke **136** von  $4\text{ mm}$  und einem Krümmungsradius von  $4\text{ mm}$  führte, sind die Parameter der Struktur **110** nicht auf diese numerischen Werte beschränkt und umfassen einen Bereich der Höhe **134** von  $10$  bis  $40\text{ mm}$ , einen Bereich der Dicke **136** von  $1$  bis  $5\text{ mm}$  und einen Bereich des Krümmungsradius von  $1$  bis  $5\text{ mm}$ . Insbesondere beinhalten die Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beispielsweise einen Bereich **134** von  $22$  bis  $26\text{ mm}$ , eine Dicke **136** von  $3,4$  bis  $4,5\text{ mm}$  und einen Krümmungsradius **138** von  $3,5$  bis  $4,5\text{ mm}$ . Wie dem Fachmann bekannt ist, variieren die Parameter der Struktur auf der Basis der anfänglichen Grenzbedingungen, die in dem FEA-Modell genutzt werden, einschließlich, jedoch nicht darauf beschränkt, beispielsweise der maximalen relativen Verschiebung der Komponenten sowie des maximalen Bereichs der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters.

**[0022]** Auf der Basis des vorstehend diskutierten Entwurfsmodus wird das Faser-Bragg-Gitter **116** mit den Parametern konfiguriert, welche die Höhe **134**, die Dicke **136** und den Krümmungsradius **138** der Bögen wie vorstehend diskutiert umfassen. Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist eine (nicht dargestellte) optische Quelle mit mehreren Wellenlängen mit der optischen Faser **115** verbunden und überträgt mehrere Lichtwellenlängen an das Faser-Bragg-Gitter **116**. Von dem Faser-Bragg-Gitter reflektiertes Licht läuft durch einen Detektor **140**, der eine Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge der reflektierten Strahlung mit einer Spitzenintensität an entsprechenden inkrementellen Verschiebungen über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** misst. Wie dem Fachmann bekannt ist, wird der Detektor **140** initialisiert, um eine Verschiebung der Wellenlänge der reflektierten Strahlung von einer mittleren Wellenlänge aus zu messen, die einer beginnenden Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** entspricht. Die mittige Wellenlänge kann für jedes Faser-Bragg-Gitter an spezifisch gepasst werden und kann durch den Hersteller vorgegeben werden. Eine Steuerung **142** ist mit dem Detektor **140** verbunden,

empfängt die reflektierten Wellenlängendaten und wandelt die Verschiebung der entsprechenden Wellenlänge der reflektierten Strahlung mit der Spitzenintensität in die Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** über die entsprechende inkrementelle Verschiebung über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** um. In einer exemplarischen Ausführungsform kann die Steuerung **142** eine Gleichung nutzen, um die Wellenlängenverschiebung der reflektierten Strahlung in die Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** umzuwandeln, wie z.B.:

$$\varepsilon = \Delta\lambda|\lambda| / G * 10^6 \quad \text{Gleichung 1}$$

wobei  $\varepsilon$  die Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** ist,  $\Delta\lambda$  die gemessene Verschiebung in der Wellenlänge von der mittigen Wellenlänge ist,  $|\lambda|$  der Absolutwert der gemessenen Wellenlänge ist und  $G$  der Messfaktor für das Faser-Bragg-Gitter **116** ist. In einer exemplarischen Ausführungsform ist der Messfaktor beispielsweise 0,81. Der Messfaktor kann mit jedem Faser-Bragg-Gitter variieren und kann beispielsweise von dem Hersteller vorgegeben werden.

**[0023]** Während eines Kalibrierungsmodus des Systems **100** wird die entsprechende Wellenlängenverschiebung der reflektierten Strahlung mit der Spitzenintensität in geschätzte Dehnungsdaten **184** (Gleichung 1) über die entsprechenden inkrementellen Verschiebungen **124** umgewandelt. Zusätzlich werden, wie in **Fig. 6** dargestellt, die geschätzten Dehnungsdaten **184** einschließlich der entsprechenden Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** über der inkrementellen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** aufgetragen. Wie in **Fig. 6** dargestellt, stimmen die geschätzten Dehnungsdaten **184** gut mit den auf der Basis der während des Entwurfsmodus der FEA-Struktur erfassten Daten **180** des FEA-Modells überein. Zusätzlich sind Dehnungsmessdaten **182** in **Fig. 6** dargestellt, welche die gemessene Dehnung einer Dehnungsmessvorrichtung **123** (**Fig. 1**) der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** darstellt. Wie es dem Fachmann bekannt ist, ist die Dehnungsmessvorrichtung **123** eine aus einem Metallfolienmaterial bestehende Messvorrichtung, deren elektrischen Eigenschaften mit der Dehnung (d.h., der Änderung in der Länge) variieren, und somit liefert die Dehnungsmessvorrichtung **123** eine unabhängige Messung der Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche **126** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104**. Wie in **Fig. 6** dargestellt, nähern sich die Daten **180** des FEA-Modells, aus welchem die Auswahl der Parameter der Höhe **134**, der Dicke **136** und des Krümmungsradius **138** der Struktur **110** ausgewählt wurden, nahe den zwei unabhängigen Sätzen der geschätzten Dehnungsdaten **184** und der über der Spanne der relativen Verschiebung **124**

erfassten Dehnungsvorrichtungsdaten **182** an. Somit verringerten die während des Entwurfsmodus ausgewählten Parameter der Struktur **110** effektiv den Bereich der Dehnung **122** des Faser-Bragg-Gitters **116** auf den maximalen Bereich der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters **116** über der Spanne der relativen Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104**, und somit ist das Faser-Bragg-Gitter **116** für die Überwachung der relativen Verschiebung der Komponenten **102**, **104** über deren relative Verschiebungsspanne **124** hinweg betreibbar.

**[0024]** Während eines Überwachungsmodus kann das System **100** zur Sicherstellung genutzt werden, dass die relative Verschiebung **124** der Komponenten **102**, **104** keinen maximalen Schwellenwert in Bezug auf die Verschiebung **124** überschreitet. Wie bei dem vorstehenden Kalibrierungsmodus misst der Detektor **140** die Verschiebung in der Wellenlänge mit der Spitzenintensität aus der reflektierten Strahlung. Die Steuerung **142** empfängt die Wellenlängenverschiebungsdaten und liest die gespeicherten relativen Verschiebungsdaten **124** der Komponenten **102**, **104** aus dem Speicher **143** aus, die der gemessenen Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge mit der Spitzenintensität entsprechen. Die Steuerung **142** vergleicht die gespeicherte relative Verschiebung **124** mit einer maximalen relativen Verschiebung der Komponenten **102**, **104**, um zu ermitteln, ob sich die Komponenten **102**, **104** über den maximalen Schwellenwert und/oder einen Sicherheitschwellenwert hinaus verschoben haben. Die Steuerung **142** gibt ein Signal an eine Alarmierungsvorrichtung **150** aus, wenn die gespeicherte relative Verschiebung die maximale relative Verschiebung der Komponenten **102**, **104** überschreitet. Beispielsweise kann die Alarmierungsvorrichtung **150** eine akustische Vorrichtung sein, um Arbeitskräfte in der die Komponenten **102**, **104** beherbergenden Anlage zu alarmieren, dass sich die Komponenten **102**, **104** um einen unsicheren Betrag verschoben haben können, und eine Nachfolgeaktion zu empfehlen, wie z.B. eine weitere Untersuchung der relativen Verschiebung.

**[0025]** Wie in **Fig. 2** dargestellt, kann das System **100** mit mehr als nur einem Komponentenpaar (**102**, **104**), (**104**, **106**), (**106**, **108**) verwendet werden, um eine relative Verschiebung der Komponenten **102**, **104**, **106** zu überwachen. Das System **100** enthält eine entsprechende Struktur **110**, **112**, **114**, die außen auf jedem entsprechenden Komponentenpaar (**102**, **104**), (**104**, **106**), (**106**, **108**) befestigt ist, was effektiv ein dreieckiges serpentinartiges Netzwerk ausbildet. Das System **100** enthält ferner ein entsprechendes Faser-Bragg-Gitters **116**, **190**, **192**, das außen auf jeder Struktur **110**, **112**, **114** befestigt ist, wobei das entsprechende Faser-Bragg-Gitter **116**, **190**, **192** Strahlung mit einer Spitzenintensität bei einer entsprechenden Wellenlänge auf der Basis einer Dehnung des entsprechenden Faser-Bragg-Gitters **116**,

**190, 192** reflektiert. Obwohl die Faser-Bragg-Gitter **116, 190, 192** optisch mit derselben optischen Faser **115** gekoppelt sind, haben sie nur eine einzige Mittenwellenlänge, die einer beginnenden Dehnung entspricht und somit beeinflusst die reflektierte Wellenlänge bei der Spitzenintensität des Faser-Bragg-Gitters **116** nicht den Betrieb des zweiten Faser-Bragg-Gitters **190**. Die entsprechende Struktur **110, 112, 114** verringert einen Bereich der Dehnung des entsprechenden Faser-Bragg-Gitters **116, 190, 192** über eine Spanne der relativen Verschiebung des entsprechenden Komponentenpaares (**102, 104**), (**104, 106**), (**106, 108**) auf einen maximalen Bereich der Dehnung des entsprechenden Faser-Bragg-Gitters (**116, 190, 192**) ab. Die entsprechenden Strukturen **110, 112, 114** können mit individuellen Parametern ausgelegt sein, welche unter Verwendung des vorstehend diskutierten Modells zusammen mit den spezifischen Grenzbedingungen, wie z.B. der maximalen Dehnung des Faser-Bragg-Gitters, einem Durchhängungsbetrag 193, 195 der Fasern zwischen den Faser-Bragg-Gittern **116, 190, 192** und der relativen Spanne jedes Komponentenpaares, ermittelt werden können. Zusätzlich ermöglicht die Verringerung des Betrags der Dehnung und Wellenlängenänderung der Faser-Bragg-Gitter **116, 190, 192** die Platzierung von mehreren Wandlern auf derselben Faser mittels Wellenlängenmultiplexierung, da jedes Faser-Bragg-Gitters **116, 190, 192** einen kleineren Abschnitt des verfügbaren Wellenlängenspektrums erfordert. Wie vorstehend unter Bezugnahme auf die Struktur **110** in **Fig. 1** diskutiert, sind die entsprechenden zusätzlichen Oberflächen **152, 154, 153, 155** jeweils auf die Oberseite **156, 157, 159, 161** der entsprechenden Komponente **102, 104, 106, 108** mit einem Kleber **174**, wie z.B. einem Zweikomponentenkleber, befestigt. Wie in **Fig. 2** dargestellt, sind die entsprechenden zusätzlichen Oberflächen **152, 154, 153, 155** jeweils auf Oberseiten **156, 157, 159, 161** der entsprechenden Komponente **102, 104, 106, 108** mit einer entsprechenden Menge von Ausgleichsmaterial **175**, wie z.B. Kitt befestigt, um die Höhe **176** anzugleichen, bei welcher die zusätzlichen Oberflächen **152, 154, 153, 155** auf den Oberseiten **156, 157, 159, 161** der Komponenten **102, 104, 106, 108** in Bezug auf die Faser **115** befestigt sind. Beispielsweise kann eine größere Menge an Ausgleichsmaterial **175** auf der Oberseite **156** als auf der Oberseite **157** positioniert sein, um die Höhe der Oberseiten **156, 157** auszugleichen.

**[0026]** Obwohl die Erfindung unter Bezugnahme auf exemplarische Ausführungsformen beschrieben wurde, dürfte es sich für den Fachmann verstehen, dass verschiedene Änderungen durchgeführt werden können und Äquivalente deren Elemente ohne Abweichung von dem Schutzzumfang der Erfindung ersetzen können. Zusätzlich können viele Modifikationen ausgeführt werden, um eine spezielle Situation oder Material an die Lehren der Erfindung ohne Abwei-

chung von deren wesentlichem Schutzzumfang anzupassen. Daher soll diese Erfindung nicht auf die als beste Ausführungsart für die Ausführung dieser Erfindung betrachtete spezielle Ausführungsform beschränkt sein, sondern soll alle Ausführungsformen beinhalten, die in den Schutzzumfang der beigefügten Ansprüche fallen.

**[0027]** Es dürfte sich verstehen, dass nicht notwendigerweise alle derartigen vorstehend beschriebenen Ziele und Vorteile mit jeder speziellen Ausführungsform erreicht werden können. Somit wird der Fachmann beispielsweise erkennen, dass die hierin beschriebenen Techniken und Systeme in einer Weise verkörpert oder ausgeführt werden können, die einen Vorteil oder eine Gruppe von Vorteilen wie hierin gelehrt erreicht oder optimiert ohne notwendigerweise andere Ziele und Vorteile zu erreichen, wie sie hierin gelehrt oder vorgeschlagen werden.

**[0028]** Ferner wird der Fachmann die Austauschbarkeit verschiedener Merkmale aus unterschiedlichen Ausführungsformen erkennen. Die verschiedenen beschriebenen Merkmale, sowie andere bekannte Äquivalente für jedes Merkmal können von einem Fachmann gemischt und angepasst werden, um zusätzliche Systeme und Techniken gemäß Prinzipien dieser Offenlegung zu schaffen.

**[0029]** Es wird ein System für die Überwachung einer relativen Verschiebung eines Paares von Wickelkopfkomponenten bereitgestellt. Das System enthält eine auf den Wickelkopfkomponenten befestigte Struktur. Das System enthält ferner ein auf einer nicht-gekrümmten Oberfläche der Struktur befestigtes Faser-Bragg-Gitter, wobei das Faser-Bragg-Gitter dafür konfiguriert ist, einfallende Strahlung mit einer Spitzenintensität bei einer entsprechenden Wellenlänge auf der Basis einer Dehnung des Faser-Bragg-Gitters zu reflektieren. Die Struktur ist so konfiguriert, dass die von der Struktur erzeugte Dehnung eine Größe der Dehnung des Faser-Bragg-Gitters auf einen vorbestimmten Bereich über eine Spanne der relativen Verschiebung des Paares der Wickelkopfkomponenten begrenzt.

#### Bezugszeichenliste

<b>100</b>	System
<b>102, 104, 106, 108</b>	Komponente
<b>110, 112, 114</b>	Struktur
<b>115</b>	optische Faser
<b>116</b>	Faser-Bragg-Gitter
<b>117</b>	Abdeckung
<b>119</b>	Mantel
<b>122</b>	Dehnung



123	Dehnungsmessvorrichtung	bei einer entsprechenden Wellenlänge auf der Basis einer Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) hat, wobei sich die Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) aus einer Dehnung der Struktur (110) aufgrund der relativen Verschiebung (124) des Paares der Wickelkopfkomponenten (102) ergibt; wobei die Struktur (110) so konfiguriert ist, dass die von der Struktur (110) erzeugte Dehnung eine Größe der Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) in einem vorbestimmten Bereich über einer Spanne der relativen Verschiebung (124) des Paares der Wickelkopfkomponenten (102) begrenzt.
124	Verschiebungen	
126	Nicht-gekrümmte Oberfläche	
128, 130	Länge	
131	Zugentlastungskomponente	
134	Höhe	
135	Von Mises Dehnungsskala	2. System (100) nach Anspruch 1, wobei das Paar der Wickelkopfkomponenten (102, 104) ein Paar von benachbarten Verbindungsringen in einem Stromgenerator ist.
136	Dicke	
138	Krümmung	
140	Detektor	3. System (100) nach Anspruch 1, wobei der Bereich der Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) über der Spanne der relativen Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102) in dem Bereich einer Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) der Struktur (110) über der Spanne der relativen Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) liegt.
142	Steuerung	
143	Speicher	
150	Alarmierungsvorrichtung	
152, 153, 154, 155	zusätzliche Oberfläche	
156, 157, 159	Oberseite	4. System (100) nach Anspruch 3, wobei die nicht-gekrümmte Oberfläche (126) eine Länge (128) auf der Basis einer Länge (130) des Faser-Bragg-Gitters (116) hat, und wobei die Dehnung der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) über der Spanne der relativen Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) über der Länge (128) der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) gleichmäßig ist.
158, 160	Zwischenabschnitte	
162, 164, 166, 168	äußeres Ende	
170, 172	Ende	
174	Kleber	
175	Ausgleichsmaterial	
176	Höhe	5. System (100) nach Anspruch 3, wobei das Faser-Bragg-Gitter (116) auf der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) der Struktur (110) mit einem Klebmaterial befestigt ist.
178	Band	
180	Modelldaten	
182	Dehnungsmessvorrichtungsdaten	6. System (100) nach Anspruch 1, ferner aufweisend:
184	geschätzte Dehnungsdaten	einen Detektor (140), der dafür konfiguriert ist, eine Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge der reflektierten Strahlung mit der Spitzenintensität bei entsprechenden inkrementellen Verschiebungen (124) über der Spanne der relativen Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) zu messen;
190, 192	Faser-Bragg-Gitter	eine Steuerung (142), die mit dem Detektor (140) verbunden ist, wobei die Steuerung (142) dafür konfiguriert ist, die Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge der reflektierten Strahlung mit der Spitzenintensität in die Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) über der entsprechenden inkrementellen Verschiebung (124) über der Spanne der relativen Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) umzuwandeln;

### Patentansprüche

1. System (100) zum Überwachen einer relativen Verschiebung (124) eines Paares von Wickelkopfkomponenten (102, 104), wobei das Verfahren (100) aufweist:  
eine an dem Paar der Wickelkopfkomponenten (102, 104) befestigte Struktur (110);  
ein Faser-Bragg-Gitter (116), das auf einer nicht-gekrümmten Oberfläche (126) der Struktur (110) befestigt ist, wobei das Faser-Bragg-Gitter (116) dafür konfiguriert ist, einfallende Strahlung zu reflektieren, wobei die reflektierte Strahlung eine Spitzenintensität

wobei während eines Kalibrierungsmodus die entsprechende Wellenlängenverschiebung der reflektierten Strahlung mit der Spitzenintensität und die entsprechende Dehnung (122) des Faser-Bragg-Gitters (116) über den entsprechenden inkrementellen Verschiebungen (124) in einem Speicher (143) der Steuerung (142) gespeichert werden.

7. System (100) nach Anspruch 6, wobei während eines Überwachungsmodus:  
 der Detektor (140) dafür konfiguriert ist, die Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge mit der Spitzenintensität aus der reflektierten Strahlung zu messen;  
 die Steuerung (142) dafür konfiguriert ist, die gespeicherte relative Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102) aus dem Speicher (143) auszu-  
 lesen, die der gemessenen Verschiebung in der entsprechenden Wellenlänge mit der Spitzenintensität entspricht;  
 die Steuerung (142) dafür konfiguriert ist, die gespeicherte relative Verschiebung (124) mit einer vorbestimmten relativen Verschiebung der Wickelkopfkomponenten (102, 104) zu vergleichen, um zu ermitteln, ob die Komponenten (102, 104) über einen Sicherheitsschwellenwert hinaus verschoben worden sind;  
 und  
 die Steuerung (142) dafür konfiguriert ist, ein Signal an eine Alarmierungsvorrichtung (150) auf der Basis auszugeben, dass die gespeicherte relative Verschiebung (124) die vorbestimmte relative Verschiebung (124) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) überschritten hat.

8. System (100) nach Anspruch 3, wobei die Struktur (110) ferner ein Paar zusätzlicher Oberflächen (152, 154) aufweist, wobei eine entsprechende zusätzliche Oberfläche (152, 154) an einer ersten Oberfläche (156, 157) einer entsprechenden Wickelkopfkomponente (102, 104) befestigt ist; wobei die Struktur (110) ferner ein Paar von Zwischenabschnitten (158, 160) aufweist, wovon jeder dafür konfiguriert ist, eine entsprechende zusätzliche Oberfläche (152, 154) mit einem entsprechenden äußeren Ende (162, 164) der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) zu verbinden, wobei das entsprechende äußere Ende (142, 164) in Bezug auf ein entsprechendes äußeres Ende (166, 168) des Faser-Bragg-Gitters (116) ausgerichtet ist; wobei die Zwischenabschnitte (158, 160) zu den zusätzlichen Oberflächen (152, 154) und der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) in einem nicht-rechtwinkligen Winkel ausgerichtet sind.

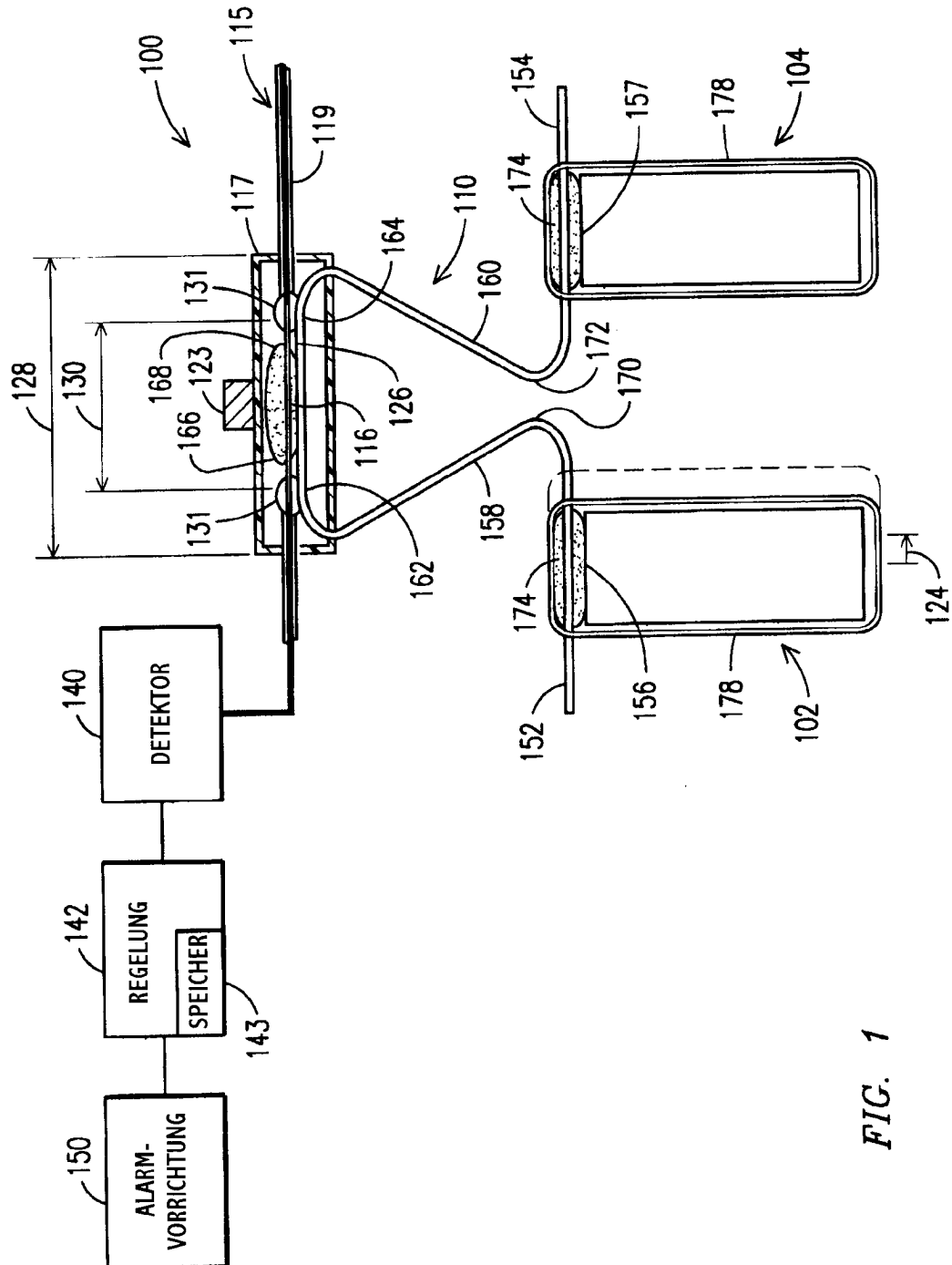
9. System (100) nach Anspruch 8, wobei die Struktur (110) aus einer umgekehrten Dreiecksform besteht, in welcher sich die Zwischenabschnitte (158, 160) von dem entsprechenden äußeren Ende (162, 164) der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) in einer Einwärtsrichtung in Bezug auf das Faser-Bragg-Gitter (116) zu einem Ende (170, 172) der entsprechen-

den zusätzlichen Oberfläche (152, 154) erstrecken; wobei das entsprechende Ende (170, 172) der zusätzlichen Oberflächen (152, 154) um weniger als die Länge (128) der nicht-gekrümmten Oberfläche (126) getrennt ist.

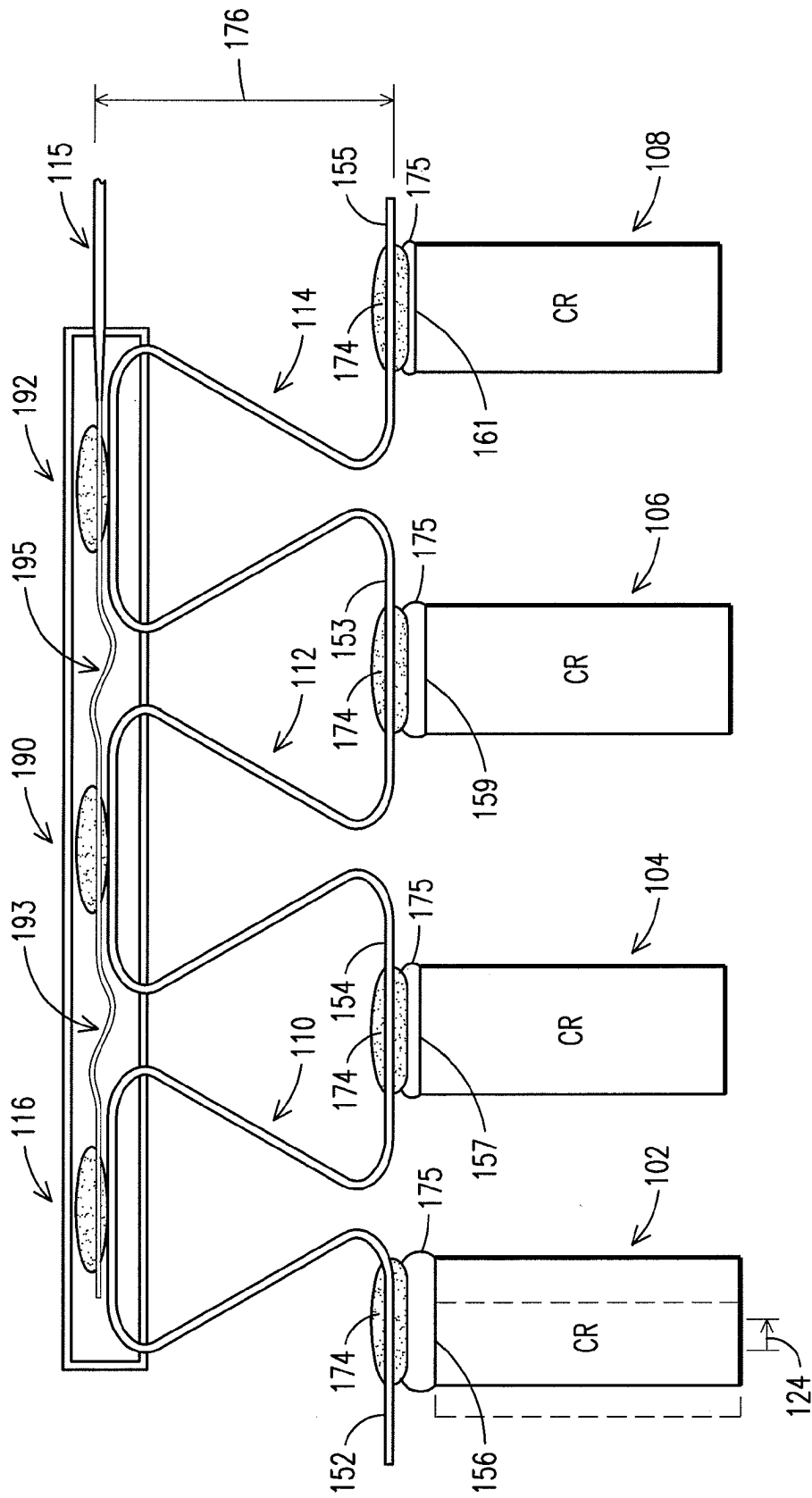
10. System (100) nach Anspruch 8, wobei die entsprechende zusätzliche Oberfläche (152, 154) an der ersten Oberfläche (126) der entsprechenden Wickelkopfkomponenten (102, 104) mit einer entsprechenden Menge von Ausgleichsmaterial (175) befestigt ist, um eine Höhe (176), bei welcher das Paar der zusätzlichen Oberflächen (152, 154) montiert ist, an das Paar der ersten Oberflächen (156, 157) der Wickelkopfkomponenten (102, 104) anzugleichen.

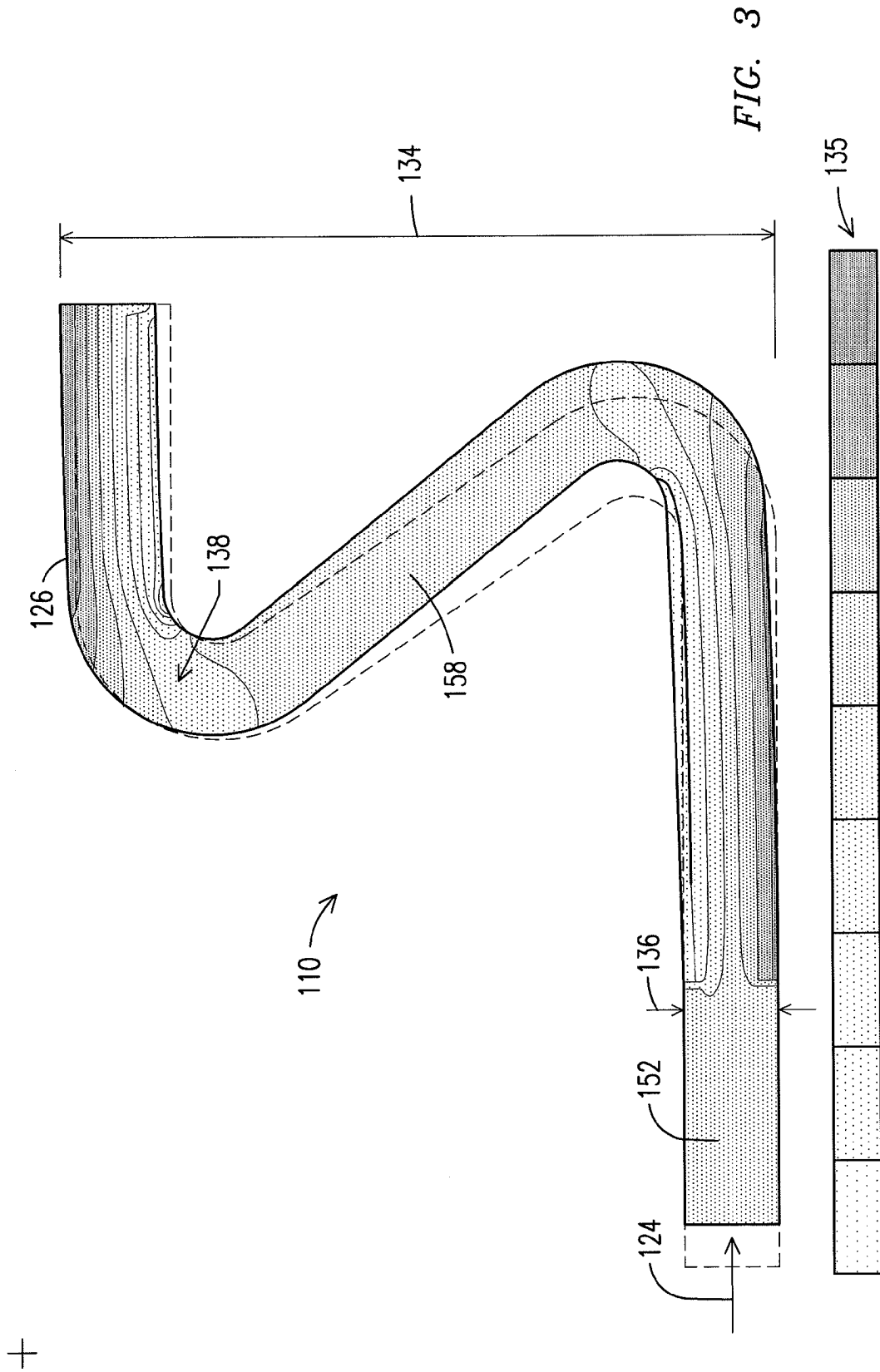
Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



+





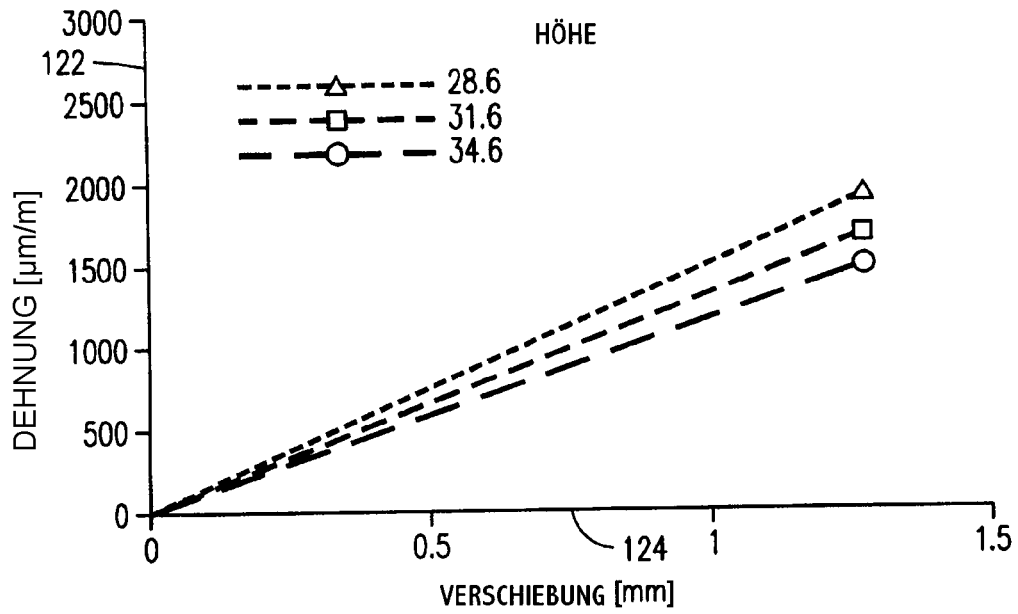


FIG. 4

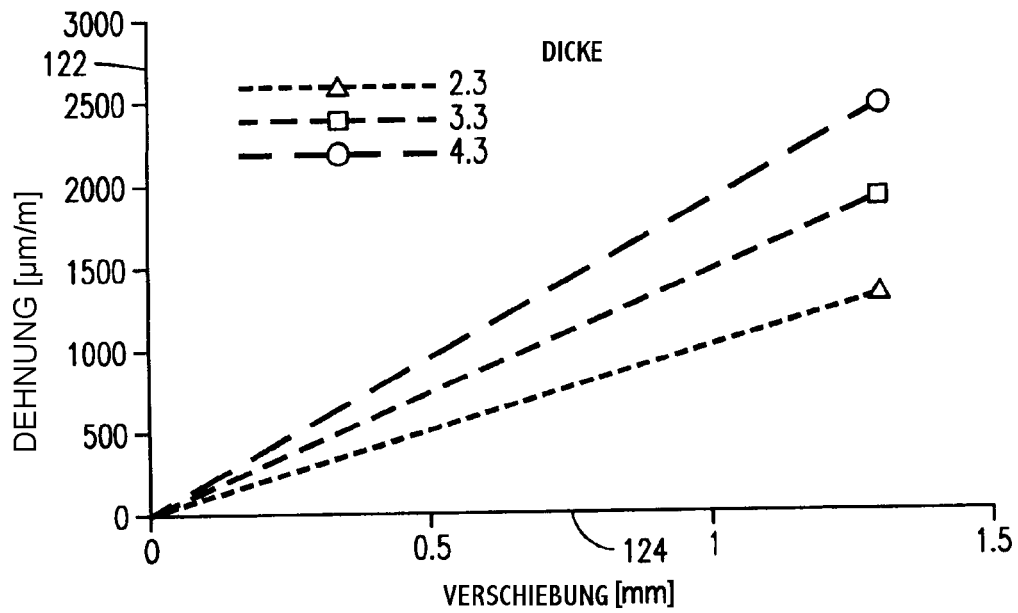


FIG. 5

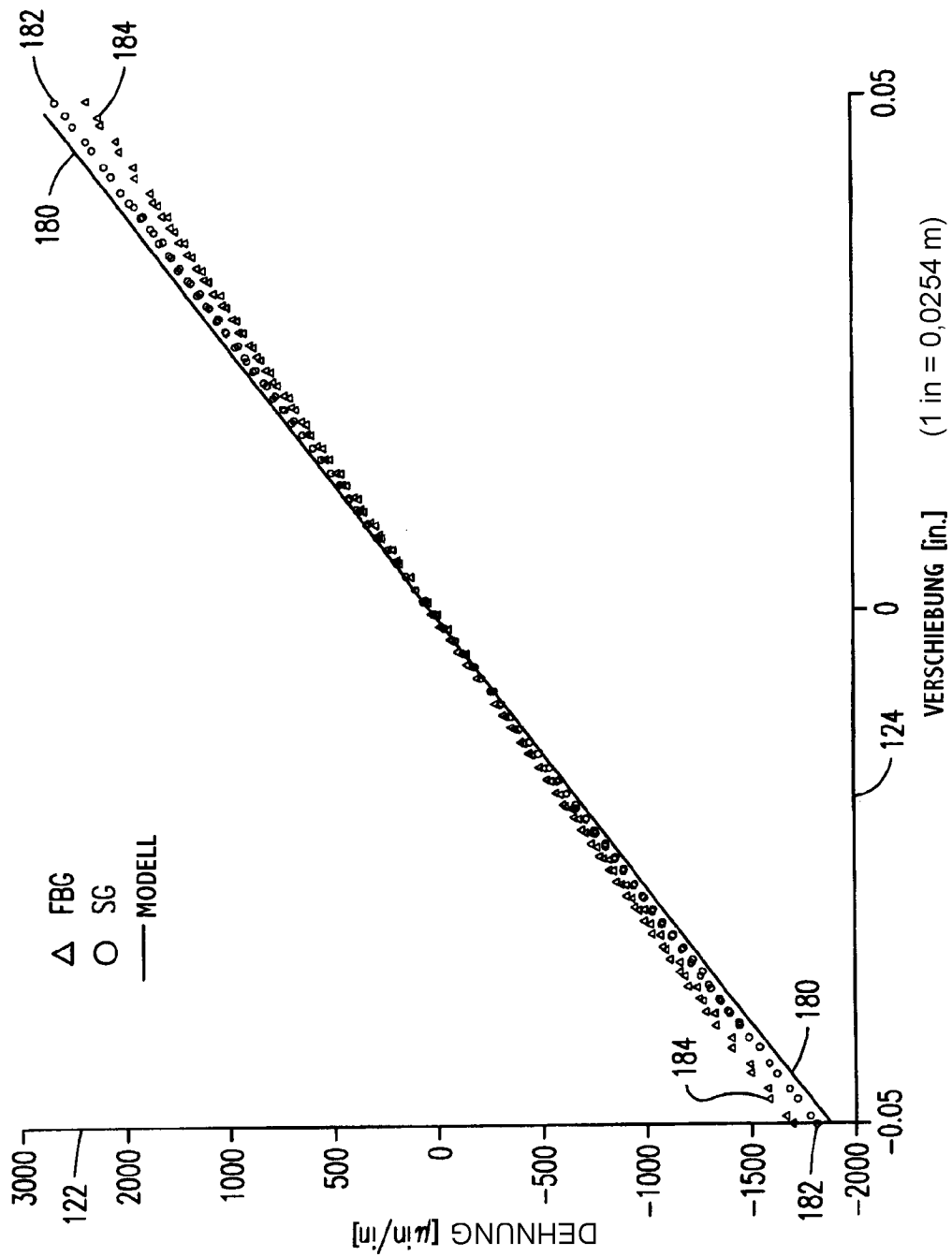


FIG. 6