



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

702 990 A1

(51) Int. Cl.: **G01L** 1/04 (2006.01)
G01B 11/16 (2006.01)
B62K 3/00 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00590/10

(71) Anmelder:
BMC Trading AG, Sportstrasse 49
2540 Grenchen (CH)

(22) Anmeldedatum: 23.04.2010

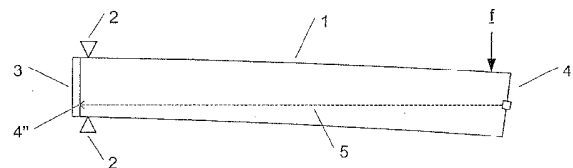
(72) Erfinder:
Herbert Bächler, 8706 Meilen (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2011

(74) Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG, Schwänthenmos 14
8126 Zumikon (CH)

(54) **VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR MESSUNG EINER KRAFTEINWIRKUNG AUF EINE FAHRRADPEDALACHSE.**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine optische Vorrichtung sowie ein optisches Verfahren zur Messung einer Kräfteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse (1). Die Kraftmessvorrichtung umfasst eine Fahrradpedalachse (1), die im Innern einen Messkanal aufweist, in oder an dem an einer ersten Position eine Markierung angebracht bzw. dargestellt ist und an einer zweiten Position ein Bildsensor (3) zum Erfassen der Markierung angeordnet ist, eine Auswerteeinheit, die mit dem Bildsensor (3) verbunden und zur Verarbeitung von Bilddaten konfiguriert ist. Die auf ein Fahrradpedal einwirkende Kraft f wird durch Messen der durch die Belastung verursachte Verbiegung der Fahrradpedalachse (1) bestimmt. Die unbekannte zu messende Kraft kann dabei aus der Position der Markierung in einem ersten Referenzbild im unbelasteten Zustand, einem zweiten Referenzbild bei Belastung mit einer bekannten Kraft und einem Messbild bei Belastung mit der unbekannten, zu messenden Kraft bestimmt werden. Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung der Vorrichtung zur Ermittlung und Visualisierung eines Tretkraftverlaufs an einem Fahrradpedal.



Beschreibung**TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Messung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse. Ferner betrifft die Erfindung eine Verwendung der Vorrichtung zur Ermittlung und Visualisierung eines Tretkraftverlaufs an einem Fahrradpedal.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

[0002] Zunehmend findet man im Sport Anwendungen, wo Kraft- respektive Leistungsmessungen (die neben einer Kraftmessung zusätzlich z.B. eine Geschwindigkeitsmessung erfordern) zum Einsatz kommen. So hat beispielsweise die Leistungsmessung im Radsport eine grosse Bedeutung erlangt, und sowohl Hobby- wie auch Profi-Athleten verwenden systematisch entsprechende Messsysteme beim Training und zum Teil auch während Wettkämpfen. Mittlerweile haben Trainingsvorgaben basierend auf der zu erbringenden physikalischen Leistung solche, die auf dem Einhalten der Pulsfrequenz in bestimmten Bereichen basieren, weitgehend abgelöst. Dies hat unter anderem den Vorteil, dass bei genau bekannter erbrachter physikalischer Leistung direkt der Kalorienverbrauch berechnet werden kann, welcher bisher meist indirekt und mit Hilfe von Faustformeln grob abgeschätzt wurde. Des Weiteren besteht der Wunsch nach Kraftmesssystemen, welche in der Lage sind, die von jedem Bein separat ausgeübte Kraft zu bestimmen, damit beispielsweise einseitige Belastungen erkannt werden können oder zur Unterstützung bei der Einübung/Einhaltung eines «runden» Tritts.

[0003] Im Zusammenhang mit der Kraftmessung am Fahrrad existieren bereits verschiedene Lösungen.

[0004] Die DE 3 722 728 C1 offenbart eine Vorrichtung, die Tretkräfte am Tretlager mittels Verformung eines geeigneten Biegeelements auf dem Dehnmessstreifen angebracht sind, erfasst. Der Bereich des Tretlagers dient hier als Summierstelle für die Krafteinwirkung von linker und rechter Tretkurbel, so dass immer nur die von beiden Beinen zusammen erbrachte Leistung ermittelt werden kann. Mit dieser Lösung gibt es somit keine Möglichkeit, den Tretzyklus bzgl. des Beitrags der einzelnen Beine zu analysieren.

[0005] Aus der US 2007/0 170 688 A1 ist weiter ein System zur Überwachung, Analyse und Anzeige der vom Fahrradfahrer während der Fahrt aufgetragenen Kraft bekannt. Dazu ist eine Messnabe im Hinterrad vorgesehen, bei der das am Zahnkranz entstehende Moment aus der Kettenzugkraft über eine Hülse im Inneren des Nabenkorpus erst auf der anderen Nabenseite ausgeleitet wird. Das durchgeleitete Torsionsmoment verformt die Hülse und wird per Dehnmessstreifen ausgewertet. Auf diese Art wird wiederum nur die Summe der von beiden Beinen zusammen erbrachten Leistung ermittelt, und eine Auswertung des Beitrags von jedem Bein einzeln ist nicht möglich.

[0006] Weiter ist aus EP 0 909 940 A2 ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Messung der Leistung und zur Messung der Zugkraft und der Schwingungsfrequenz einer schwingenden Kette, wie z.B. einer Fahrradkette, bekannt. Hier wird vom bekannten Prinzip der Saitenschwingung Gebrauch gemacht, wonach die Periodendauer der Schwingung einer gespannten Saite (hier die Fahrradkette) von deren Spannkraft (hier die Zugkraft) abhängt. Nachteil dieser Lösung ist ebenfalls, dass die Summe der von beiden Beinen zusammen erbrachten Leistung ermittelt wird, und eine Auswertung des separaten Beitrags von jedem Bein auch nicht möglich ist.

[0007] Ferner offenbart die EP 0 954 746 B1 ein Verfahren zur Bestimmung des auf einen um eine Drehachse drehbar antreibbaren Rotationskörper, insbesondere auf die Tretlagerwelle eines Fahrrades, ausgeübten Drehmoments. Dabei wird ein als Messeinheit ausgeführtes Tretlager verwendet, wobei die an der Tretlagerwelle durch das Treten verursachte Torsion mittels zweier Rasterscheiben optoelektronisch erfasst wird.

[0008] Des Weiteren sind aus der US 7 377 180 B2 und der US 7 387 029 B2 Messsysteme bekannt, die nicht die aufgetragenen Kräfte messen, sondern die zu überwindenden Fahrwiderstände, welche nach dem dritten Newtonschen Axiom entgegengesetzt gleich gross sein müssen. Die Einzel-Fahrwiderstände aus Steigung, Massenträgheit, Roll- und Luftwiderstand werden dazu mit Hilfe entsprechender Sensoren ermittelt. Nachteil dieses Messsystems ist, dass sich hier wiederum lediglich die Gesamtleistung ermitteln lässt und eine Aufteilung in Informationen über den separaten Beitrag des linken und rechten Beines nicht möglich ist.

[0009] Des Weiteren offenbart die DE 4 435 174 C2 eine Vorrichtung zur Messung der Kraft und Leistung an einer Tretkurbel, insbesondere der eines Fahrrades. Bei diesem Messsystem werden die Kräfte mit Dehnmessstreifen erfasst, wobei durch eine versetzte Anordnung von mehreren Dehnmessstreifen eine Zerlegung in radial und tangential auf die Kurbel wirkende Kraftkomponenten möglich ist. Dadurch erlaubt diese Lösung ein getrenntes Bestimmen der Krafteinwirkung auf das linke und das rechte Pedal.

[0010] Ferner wird in der DE 20 2009 001 463 U1 eine Vorrichtung zur Messung der Kraft an einer Kurbel beschrieben, bei welcher die Kraft durch die Messung der Verformung eines Verformungskörpers, der innerhalb eines Pedalkorpus auf einer Pedalachse drehbar gelagert ist, ermittelt. Dazu sind vier Paare einander zugeordneter Dehnmessstreifen auf dem Verformungskörper in unterschiedlichem Winkel angeordnet. Mit dieser Vorrichtung lässt sich ebenfalls die Kraftverteilung für beide Beine getrennt ermitteln.

[0011] Die meisten dieser bekannten Messsysteme verwenden Dehnmessstreifen, um die Krafteinwirkung zu bestimmen. Diese Art der Kraftmessung verlangt wiederholt langwierige Kalibrierprozeduren, um eine gute Präzision der Messresultate

zu garantieren. Damit die Krafteinwirkung nicht nur betragsmässig (Stärke), sondern auch vektoriell (Stärke und Richtung) bestimmt werden kann, müssen Dehnmessstreifen räumlich angeordnet und entsprechend ausgewertet werden. Die zugrundeliegende Komplexität eines solchen Kraftmesssystems ist damit erheblich, was sich negativ auf die Herstellung sowie die Montage und damit auch auf die Kosten auswirkt. Dasselbe gilt noch in erhöhtem Masse für Lösungen, welche die Kraftmessung basierend auf dem Schwingsaiten-Prinzip durchführen. Gleiches trifft ebenso zu für die Kraftbestimmung durch Messen der Gegenkräfte, z.B. der zu überwindenden Fahrwiderstände. Das oben erwähnte Verfahren zur Bestimmung eines Drehmoments durch Messen der Torsion mittels optischer Abtastung von Rasterscheiben hat den Nachteil, dass Schmutz und Umgebungslicht die optische Abtastung beeinträchtigen können.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0012] Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine alternative Vorrichtung zur Messung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse bereitzustellen sowie ein Verfahren zur Messung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse zu schaffen. Die erfindungsgemässe Lösung soll zudem möglichst einfach zu kalibrieren, kostengünstig und leicht zu montieren sein sowie zuverlässig operieren auch unter schwierigen, sich ändernden Umgebungsbedingungen (z.B. bei Verschmutzung, Temperaturschwankungen, Alterung, etc.).

[0013] Erfindungsgemäss wird eine Kraftmessvorrichtung umfassend eine Fahrradpedalachse, die im Innern einen Messkanal aufweist, in oder an dem an einer ersten Position eine Markierung angebracht bzw. darstellt ist und an einer zweiten Position ein Bildsensor zum Erfassen der Markierung angeordnet ist, und weiter umfassend eine Auswerteeinheit, die mit dem Bildsensor wirkverbunden und zur Verarbeitung von Bilddaten konfiguriert ist, bereitgestellt.

[0014] Ein Radrennfahrer erzeugt typischerweise Tretkräfte im Bereich von 350 bis 600 N auf dem Sattel sitzend und im Bereich 900 bis 2500 N auf den Pedalen stehend mit Spitzen bis zu 3000 N beim Sprinten. Die Belastung einer Fahrradpedalachse, die einseitig an einer Tretkurbel befestigt ist und auf der das Pedal drehbar gelagert ist, durch solche Kräfte führen zu einer Verbiegung der Fahrradpedalachse. Die vorliegende Erfindung macht von der Tatsache Gebrauch, dass bei einer elastischen Verbiegung einer Fahrradpedalachse die Auslenkung proportional zur einwirkenden Kraft ist. Die einwirkende Kraft wird daher durch Messen der resultierenden Verbiegung bestimmt, wobei dies erfindungsgemäss durch optische Mittel erfolgt.

[0015] Das optische Ermitteln der Verbiegung in einem Messkanal, der sich im Innern der Fahrradpedalachse befindet, mittels eines Bildsensors und einer Markierung hat den Vorteil, dass die Lichtverhältnisse kontrollierbar sind und damit die Erfassung von optischen Informationen frei von äusseren Lichtstörungen durchgeführt werden kann. Zudem können die Messmittel, also der Bildsensor und die Markierung, im Messkanal untergebracht sein und so von anderen äusseren Einflüssen, wie z.B. Schmutz oder Feuchtigkeit, und vor Beschädigung geschützt werden. Durch das Unterbringen der Messmittel im Innern des Messobjekts, also der Fahrradpedalachse, wird auch kein zusätzlicher Platz zur Anordnung der Messmittel um das Messobjekt herum benötigt, was allenfalls den Betrieb des Messobjekts beeinträchtigen könnte. Da die optische Erfassung berührungslos erfolgt, ist es allerdings auch möglich den Bildsensor vom Messobjekt abgesetzt anzuordnen, wobei dann allerdings sichergestellt werden muss, dass eine gute optische Verbindung zwischen der Markierung und dem Bildsensor besteht.

[0016] Zum Erfassen der Markierung wird ein Bildsensor, wie z.B. ein CCD- oder CMOS-Sensor, eingesetzt. Solche Bildsensoren sind mittlerweile ein billiges Massenprodukt und werden millionenfach z.B. in Digitalkameras, wie sie schon fast in jedem Mobiltelefon zu finden sind, und in optischen Zeigergeräten wie Computermäusen eingesetzt.

[0017] Weitere erfindungsgemässe Ausführungsformen ergeben sich aus den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 8.

[0018] In verschiedenen Ausführungsformen der Kraftmessvorrichtung gemäss der Erfindung umfasst die Markierung beispielsweise jeweils mindestens eines der folgenden Elemente:

- ein oder mehrere Lichtpunkte und/oder ein oder mehrere Lichtmuster;
- ein oder mehrere Muster und/oder eine oder mehrere Skalen;
- ein Schattenwurf oder ein Specklemuster.

[0019] In verschiedenen Ausführungsformen der Kraftmessvorrichtung gemäss der Erfindung umfasst die Kraftmessvorrichtung zur Erzeugung bzw. zur Beleuchtung der Markierung zusätzlich beispielsweise jeweils mindestens eines der folgenden Mittel:

- eine oder mehrere Lichtquellen an der ersten Position geeignet zur Erzeugung eines oder mehrerer Lichtpunkte und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster;
- eine oder mehrere Lichtquellen einer dritten Position geeignet zur Erzeugung eines oder mehrerer Lichtpunkte und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster, und ein Reflektionsmittel an der ersten Position geeignet zum Zurückwerfen von Licht aus Richtung der dritten Position zurück in Richtung der zweiten Position;
- ein oder mehrere Lichteinlässe in der Fahrradpedalachse zum Einlassen bzw. Einkoppeln von Licht von ausserhalb in den Messkanal an der ersten Position;
- Mittel zum Projizieren eines oder mehrerer Lichtpunkte und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster auf eine Oberfläche im Innern des Messkanals an der ersten Position;

- eine oder mehrere Beleuchtungsquellen geeignet zum Beleuchten eines oder mehrerer Muster und/oder einer oder mehrerer Skalen an der ersten Position;
- eine Lichtquelle geeignet zur Erzeugung eines Schattenwurfs oder eines Speckle-Effektes an der ersten Position durch Beleuchten einer Oberflächenstruktur des Messkanal.

[0020] Die eine oder mehreren Lichtquellen werden derart an der ersten Position im Messkanal angeordnet, dass sie vom Bildsensor an der zweiten Position je nach Verbiegung des Messkanals als Folge einer Krafteinwirkung unterschiedlich erfasst werden.

[0021] Anstatt die eine oder mehreren Lichtquellen an der ersten Position anzuordnen, können sie auch an einer dritten Position, z.B. im Bereich des Bildsensors, angeordnet werden, wobei dann die Markierung durch ein Reflektionsmittel, wie z.B. ein Spiegel oder Prisma, an der ersten Position erzeugt wird. Eine Verbiegung des Messkanals führt auch zu einer Auslenkung des Reflektionsmittels, so dass sich die Position des Abbilds der Markierung auf dem Bildsensor verschiebt. Dies hat den Vorteil, dass der Bildsensor und die Lichtquelle(n) an einer zentralen Stelle untergebracht werden können, so dass z.B. keine Verkabelung oder Stromversorgung der ersten Position nötig ist.

[0022] Statt Lichtquellen anzuordnen, kann alternativ Licht von ausserhalb der Fahrradpedalachse, z.B. Sonnenlicht, durch geeignet angebrachte und ausgestaltete Lichteinlässe in den Messkanal hineingelassen bzw. eingekoppelt werden.

[0023] Um keine Lichtquellen anordnen oder Lichteinlässe anbringen zu müssen, können z.B. mehrere Lichtmuster auf eine Oberfläche des Messkanals von einer zentralen Stelle aus auf die Oberfläche des Messkanals projiziert werden. Dies hat weiter den Vorteil, dass z.B. die Projektionsmittel wählbar verschiedene oder adjustierbare Lichtmuster erzeugen können.

[0024] Alternativ kann es einfacher und kostengünstiger sein ein oder mehrere Muster und/oder eine oder mehrere Skalen im Messkanal anzubringen, welche dann mittels einer Beleuchtungsquelle beleuchtet werden. Dabei können die Muster oder Skalen auch lumineszierende Stoffe aufweisen, so dass das Beleuchten ein Nachleuchten der Muster oder Skalen zur Folge hat.

[0025] Damit im Messkanal keine Markierung angebracht oder erzeugt werden muss, kann eine im Messkanal vorliegende Oberflächenstruktur durch geeignete Beleuchtung genutzt werden, um einen für den Bildsensor erfassbaren Effekt zu erzeugen, wie beispielsweise ein- Schattenwurf oder ein Speckle-Effekt.

[0026] In einer Ausführungsvariante der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung können die Messmittel, d.h. der Bildsensor sowie die Markierung respektive die Mittel zur Erzeugung oder Beleuchtung der Markierung, in einem flexible Gehäuse angeordnet sein, wobei das flexible Gehäuse geeignet ausgestaltet ist zur form- und/oder kraftschlüssigen Anordnung im Messkanal. So werden die Messmittel gemäss der Erfindung als ein separates, einbaubares Modul bereitgestellt, welches in einen entsprechenden Messkanal eines Messobjekts, insbesondere einer Fahrradpedalachse-, eingeführt werden kann. Dabei sollte das Gehäuse geeignet geformt und dimensioniert sowie flexible ausgeführt sein, dass es derart im Messkanal angeordnet werden kann, dass Krafteinwirkungen auf das Messobjekt möglichst vollständig auf das Gehäuse übertragen werden. Dies erleichtert die Herstellung und Montage der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung. So können beispielsweise Messmittelmodule und Fahrradpedalachsen von verschiedenen Lieferanten bezogen werden.

[0027] In einer weiteren Ausführungsvariante der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung sind der Bildsensor und Mittel zur Erzeugung bzw. zur Beleuchtung der Markierung in einem Gehäuse untergebracht, welches an einem Ende des Messkanals angeordnet ist. So werden die Messmittel gemäss der Erfindung wiederum als ein separates, ankoppelbares Modul bereitgestellt, welches an einen Ende eines Messkanals eines Messobjekts, insbesondere einer Fahrradpedalachse, angebracht werden kann. Dies erleichtert wiederum die Herstellung und Montage der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung. Wiederrum erlaubt dies beispielsweise den Bezug von Messmittelmodulen und Fahrradpedalachsen von verschiedenen Lieferanten.

[0028] Auch kann sich die Auswerteeinheit weit vom Bildsensor abgesetzt befinden und via eine drahtlose Verbindung, z.B. einer Funkverbindung oder einer Infrarotverbindung, mit diesem verbunden sein. So umfasst die erfindungsgemässe Kraftmessvorrichtung in einer weiteren Ausführungsvariante Mittel zur drahtlosen Kommunikation, z.B. nach dem ANT/ANT+, Zigbee oder Bluetooth Standard, zwischen dem Bildsensor und einem portablen Gerät, wie z.B. ein Fahrradcomputer, ein Smartphone oder ein Personal Digital Assistant, wobei das portable Gerät die Rolle der Auswerteeinheit übernehmen kann.

[0029] Eine solche Anordnung kann beispielsweise zur Ermittlung einer Krafteinwirkung und zur Visualisierung bzw. Anzeige einer Krafteinwirkung oder eines zeitlichen Verlaufs einer Krafteinwirkung, insbesondere eines Tretkraftverlaufs an einem Fahrradpedal bei einem Antreiben eines Fahrrads, verwendet werden. Dafür wird ein Fahrradpedal mit einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung ausgerüstet. Durch Verwendung von solchen Fahrradpedalen mit erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtungen an der linken und rechten Tretkurbel eines Fahrrads kann die beim Treten von jedem Bein separat ausgeübte Kraft bestimmt werden.

[0030] Bei einer weiteren Ausführungsvariante der Kraftmessvorrichtung gemäss der Erfindung ist die Auswerteeinheit geeignet zur Verarbeitung von Bilddaten, z.B. zur Erkennung der Markierung. Damit kann beispielsweise die Position und/oder die Form der Markierung ermittelt werden.

[0031] In einem weiteren Ausführungsbeispiel der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung ist die Auswerteeinheit geeignet zur Korrelation von Bilddaten, z.B. zur Bestimmung eines Betrags und einer Richtung einer relativen Verschiebung zwischen zwei Bildern oder von korrespondierenden Markierungen in zwei Bildern. Damit kann beispielsweise eine Änderung der Verbiegung des Messkanals ermittelt werden, auf Grund derer auf eine Änderung der Krafteinwirkung geschlossen werden kann.

[0032] Weiter wird erfindungsgemäss ein Verfahren zur Messung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse, die im Innern einen Messkanal aufweist, in oder an dem an einer ersten Position eine Markierung angebracht bzw. darstellt ist und an einer zweiten Position ein Bildsensor zum Erfassen der Markierung angeordnet ist, vorgeschlagen, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- a) Erfassen eines ersten Referenzbildes mit dem Bildsensor währenddem sich die Fahrradpedalachse in einer belastungslosen Ruhelage befindet;
- b) Erfassen eines zweiten Referenzbildes mit dem Bildsensor währenddem die Fahrradpedalachse mit einer bekannten Referenzkraft belastet wird;
- c) Erfassen eines Messbildes mit dem Bildsensor währenddem die Fahrradpedalachse mit einer zu messenden Kraft belastet wird; und
- d) Bestimmen der zu messenden Kraft mit einer zu messenden Stärke und einer zu messenden Richtung mindestens aus:
 - der Referenzkraft mit einer Referenzkraftstärke;
 - einer ersten Positionsänderung der Markierung zwischen dem ersten Referenzbild und dem zweiten Referenzbild, wobei die erste Positionsänderung einen ersten Änderungsbetrag aufweist; und
 - einer zweiten Positionsänderung der Markierung zwischen dem ersten Referenzbild und dem Messbild, wobei die zweite Positionsänderung einen zweiten Änderungsbetrag und eine Änderungsrichtung aufweist.

[0033] Die Verbiegung des Messkanals, welche durch eine Krafteinwirkung verursacht wird, führt z.B. zu einer Verschiebung, d.h. zu einer Positionsänderung, der Markierung relative zum Bildsensor. Falls die Markierung aus mehreren Elementen besteht, kann die Verschiebung einzelner dieser Elemente unterschiedlich sein, so dass das Muster bzw. die Form, welche sie zusammen bilden, verzerrt bzw. verformt wird. Weiter kann eine Verbiegung des Messkanals dazu führen, dass Elemente der Markierung nicht mehr oder nur noch teilweise erfassbar sind, z.B. wegen einer Abschattung. Dies kann eine detektierbare Helligkeits- bzw. Beleuchtungsstärkeänderung zur Folge haben. Ferner kann z.B. eine Lichtquelle eingesetzt werden, die verschiedenfarbiges Licht in unterschiedliche Raumrichtungen abstrahlt. Bei geeigneter gegenseitiger Ausrichtung des Erfassungsbereichs des Bildsensors und einer derartigen Lichtquelle, ändert sich die Farbe des vom Bildsensor erfassten Lichts in Abhängigkeit von der Verbiegung des Messkanals.

[0034] Je nach Art der zu erfassenden Änderung bzgl. der Markierung können die Anforderungen an den Bildsensor verschieden sein. Falls der Bildsensor Positions- und/oder Formänderungen der Markierung genau erfassen können soll, so muss er eine hohe Bildauflösung also eine grosse Pixelzahl aufweisen. Zur Bestimmung einer Helligkeitsänderung der Markierung wäre allenfalls ein Bildsensor mit niedriger Bildauflösung aber einem hohen Dynamikbereich bzgl. Lichtempfindlichkeit geeignet. Zur Detektion von Farbänderungen der Markierung bedarf es eines Farbbildsensors wie einem RGB- (rot/grün/blau) Bildsensor.

[0035] In verschiedenen erfindungsgemässen Ausführungsvarianten des Verfahrens basiert das Bestimmen der zu messenden Kraft auf einer, Form-, einer Helligkeits- bzw. Beleuchtungsstärke- oder Farbänderung bzgl. der Markierung zwischen einem Referenzbild und einem Messbild. Dabei können die genannten Änderungen (inklusive Positionsänderung) für sich alleine oder in Kombination mit anderen Änderungen eingesetzt werden.

[0036] In einer bestimmten Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens wird die zu messende Kraftstärke gleich einem Produkt aus Referenzkraftstärke und dem Verhältnis des zweiten Änderungsbetrags zum ersten Änderungsbetrag, und die zu messende Kraftrichtung gleich der Änderungsrichtung gesetzt.

[0037] Hierbei wird von der Tatsache Gebrauch gemacht, dass bei einer elastischen Verbiegung einer Fahrradpedalachse die Auslenkung proportional zur einwirkenden Kraft senkrecht zu ihrer Längsachse ist, wobei für eine kreiszylindrische Fahrradpedalachse der Betrag der Auslenkung bei einer Belastung mit einer bestimmten Kraftstärke unabhängig von der Krafteinwirkrichtung (radial zur Längsachse) ist.

[0038] An dieser Stelle wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass beliebige Kombinationen der zuvor erwähnten und im Folgenden noch beschriebenen Ausführungsvarianten praktikabel sind, wobei selbstverständlich diejenigen Kombinationen von Ausführungsformen ausgeschlossen sind, welche in sich Widersprüche aufweisen.

[0039] Weitere Merkmale der vorliegenden Erfindung werden für den Fachmann offenkundig unter Berücksichtigung folgender detaillierter Beschreibung verschiedener beispielhafter Ausführungsvarianten.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0040] Um ein tieferes Verständnis der vorliegenden Erfindung zu vermitteln, werden nachfolgend einige erfindungsgemässe Ausführungsbeispiele anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung a: ohne Krafteinwirkung und b: mit einer Krafteinwirkung;
- Fig. 2a einen Verschiebungsvektor eines Abbilds einer Markierung entsprechend der Änderung der Verbiegung bei einer Änderung der einwirkenden Kraft;
- Fig. 2b einen Tretkraftverlauf an einem Fahrradpedal während einer kompletten Tretumdrehung beim Antreiben eines Fahrrads;
- Fig. 3 einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 4 einen Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 5 einen Längsschnitt durch ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 6 einen Längsschnitt durch ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 7 einen Längsschnitt durch ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 8 einen Längsschnitt durch ein siebtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 9a einen Längsschnitt durch ein achttes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung;
- Fig. 9b einen Längsschnitt durch eine abgewandelte Variante des achten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung; und
- Fig. 10 ein Blockdiagramm eines neunten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung zur Bestimmung und Visualisierung eines Tretkraftverlaufs an einem Fahrrad.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0041] Fig. 1a zeigt einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Die erfindungsgemässe Kraftmessvorrichtung umfasst eine Fahrradpedalachse 1, die im Innern einen Messkanal aufweist. An einem ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 ist eine punktförmige Lichtquelle in Form einer Leuchtdiode (LED, «light emitting diode») 4 oder alternativ einer Laserdiode, derart angeordnet, dass sie Licht 5 in den Messkanal in Richtung des gegenüberliegenden, zweiten Endes abgeben kann. Falls das erste Ende der Fahrradpedalachse 1 geschlossen ist, so kann die LED 4 an diesem geschlossenen Ende eingebaut werden. Ist das erste Ende der Fahrradpedalachse 1 hingegen offen, so kann die LED 4 z.B. in einen Deckel eingebaut werden, welcher auf das offene, erste Ende der Fahrradpedalachse 1 lösbar angebracht werden kann. Am gegenüberliegenden, zweiten Ende der Fahrradpedalachse 1 ist ein Bildsensor 3, derart angeordnet, dass dessen Erfassungsbereich auf das erste Ende der Fahrradpedalachse 1 ausgerichtet ist. Der Bildsensor 3 kann z.B. ebenfalls je nachdem, ob das zweite Ende geschlossen ausgeführt ist, in dieses oder in einen separaten Deckel eingebaut werden, welcher auf das offene, zweite Ende der Fahrradpedalachse 1 lösbar angebracht werden kann. Der Bildsensor 3 kann somit das Licht 5 von der LED 4 erfassen, wobei ein Abbild 4' der LED 4 an einer bestimmten Stelle des Bildsensors 3 entsteht. Wird die Fahrradpedalachse 1 am zweiten Ende mittels eines Lagers 2 starr festgehalten, d.h. beispielsweise in eine Tretkurbel geschraubt, und im Bereich des ersten Endes durch eine Kraft f senkrecht zu ihrer Längsachse belastet, so verbiegt sie sich, wie in Fig. 1b gezeigt, wobei die Auslenkung proportional zur Kraftstärke f ist. Entsprechend verschiebt sich auch das Abbild 4' der LED 4, in Abhängigkeit von der einwirkenden Kraft f . Die Fig. 2a zeigt einen Verschiebungsvektor d_i des Abbilds 4' nach 4'' der LED 4 entsprechend der Änderung der Verbiegung bei einer Änderung der einwirkenden Kraft f , hier für den Fall einer Änderung von einem Zustand ohne äussere Krafteinwirkung zu einem Zustand mit einer Krafteinwirkung mit der Kraft f .

[0042] Beim erfindungsgemässen Verfahren wird zuerst ein erstes Referenzbild in einer Ruhelage der Fahrradpedalachse erfasst, d.h. in einem unbelasteten Zustand, wo die Fahrradpedalachse nur durch die Gewichtskraft also durch ihr Eigengewicht belastet wird. Dann wird ein zweites Referenzbild aufgenommen, wobei nun die Fahrradpedalachse mit einer

bekannten Referenzkraft f_{ref} belastet wird. Dies kann z.B. durch eine Belastung der Fahrradpedalachse mit einem Eichgewichtskörper mit genau bekanntem Gewicht erfolgen. Die durch die Belastung durch die Referenzkraft f_{ref} verursachte Verbiegung der Fahrradpedalachse kann als erste Positionsänderung der Markierung zwischen dem ersten Referenzbild und dem zweiten Referenzbild bestimmt werden, also als Verschiebungsvektor $d_{1/\text{ref}}$. Der Betrag dieser ersten Positionsänderung, d.h. der Änderungsbetrag $d_{1,\text{ref}}$, ist, wie oben erwähnt, linear abhängig von der Stärke der einwirkenden Referenzkraft, d.h. der Referenzkraftstärke f_{ref} , so dass folgender Zusammenhang gilt:

$$f_{\text{ref}} = k \cdot d_{1,\text{ref}}$$

mit der Proportionalitätskonstanten k . Die Proportionalitätskonstanten k kann aus der Geometrie und den Materialeigenschaften der Fahrradpedalachse 1 berechnet werden. Sie kann aber auch auf einfache Weise anhand der oben angegebenen Kalibrierungen bestimmt werden, wobei:

$$k = f_{\text{ref}} / d_{1,\text{ref}}$$

gilt. Damit ergibt sich die Stärke einer unbekannten Kraft, d.h. die Stärke der zu messenden Kraft f_{mess} , wie folgt aus dem Betrag der von ihr verursachten zweiten Positionsänderung, d.h. dem zweiten Änderungsbetrag $d_{2,\text{mess}}$:

$$f_{\text{mess}} = f_{\text{ref}} \cdot (d_{2,\text{mess}} / d_{1,\text{ref}}).$$

[0043] Die Richtung der Krafteinwirkung ist durch die Richtung $\#_{2,\text{mess}}$ des Verschiebungsvektors $d_{2,\text{mess}}$ gegeben.

[0044] In den Fällen wo die Auslenkung für eine bestimmte Krafteinwirkung unabhängig von der Einwirkrichtung gleich ist, was bei einem kreiszylindrischen Messobjekt wie einer Fahrradpedalachse gegeben ist, genügt eine Kalibrierung mit einer Referenzkraft f_{ref} , welche aus irgend einer Richtung senkrecht zur Längsachse auf das Messobjekt einwirkt. Andernfalls müssten mehrere Kalibrierungen bei einer Belastung des Messobjekts mit einem Kalibriergewicht unter verschiedenen Winkeln durchgeführt werden. Bei einem Fahrradpedal geht dies sehr einfach, indem das Kalibriergewicht am Pedalkorpus, welcher rotierbar mit der Pedalachse verbunden ist, festgemacht wird, und die Position des Abbilds 4'' der LED 4 während einer Umdrehung der Tretlagerwelle periodisch, z.B. in Abständen von 1° , ermittelt wird. Die Abhängigkeit der Positionsänderung $d_{1/\text{ref}}$ von der Richtung der Krafteinwirkung, d.h. der Richtung $\#_{2,\text{mess}}$ des Verschiebungsvektors $d_{2,\text{mess}}$, muss dann in der oben angegebenen Beziehung berücksichtigt werden:

$$f_{\text{mess}}(\#_{2,\text{mess}}) = f_{\text{ref}} \cdot (d_{2,\text{mess}} / d_{1,\text{ref}}(\#_{2,\text{mess}})).$$

[0045] Die nötigen Berechnungen werden durch eine Auswerteeinheit durchgeführt, die mit dem Bildsensor 3 wirkverbunden ist. Die Auswerteeinheit kann direkt beim Bildsensor 3 angeordnet oder sogar einteilig in diesem integriert sein. Alternativ kann sich die Auswerteeinheit auch weit entfernt vom Bildsensor 3 befinden und zum Datenaustausch über eine drahtlose Verbindung mit diesem in Verbindung stehen.

[0046] Bei gewissen Anwendungen ist die Kenntnis der absoluten Stärke einer einwirkenden Kraft f nicht notwendig, sondern es sind nur die relativen Änderungen der Kraft f von Interesse. So zeigt z.B. Fig. 2b einen exemplarischen Tretkraftverlauf z an einem Fahrradpedal während einer kompletten Tretumdrehung beim Antreiben eines Fahrrads. Ein qualitativer, optischer Vergleich des Tretkraftverlaufs z_l am linken mit demjenigen z_r am rechten Fahrradpedal kann dabei einen Aufschluss darüber geben, ob beide Beine des Fahrradfahrers gleichermassen zum Antrieb des Fahrrads beitragen und dient damit als wichtige Steuerinformation für den Fahrradfahrer, z.B. um einen «runden» Tritt einzuüben. In Fällen wo nur relative Kraftänderungen oder -Verhältnisse von Interesse sind, kann im Prinzip auf ein Kalibrieren der Kraftmessvorrichtung verzichtet werden.

[0047] Fig. 3 zeigt einen Längsschnitt durch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Anstatt einer LED 4 am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 anzubringen und aktiv einen Lichtpunkt zu erzeugen, wird lediglich ein Lichteinlass 6, wie z.B. ein kleines Loch oder ein dünner Schlitz, in die geschlossene Stirnfläche am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 angebracht, welcher Licht von ausserhalb in den Messkanal hineinlässt. So kann z.B. vorhandenes Umgebungslicht als Lichtquelle genutzt werden. Da bei dieser Ausführungsvariante keine aktive Erzeugung von Licht notwendig ist, muss dafür auch keine Energie aufgewendet werden. Bei geeigneter Formgebung des Lichteinlasses 6, z.B. bei einer Ausgestaltung als linienförmiger Schlitz, kann die Ausrichtung des Abbilds 6' des Lichteinlasses 6 beispielsweise zur Lagebestimmung des Bildsensors 3 relative zum Lichteinlass 6 verwendet werden, um z.B. Verdrehungen zwischen den beiden zu bestimmen. Solche Verdrehungen können z.B. die Folge von Torsionskräften sein, welche tangential auf die Kraftmessvorrichtung einwirken.

[0048] Fig. 4 zeigt einen Längsschnitt durch ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Hier sind mehrere Lichteinlässe 6 in der Oberfläche des Messkanals angebracht. Licht wird von einer zentralen Lichtquelle 9 aus mittels eines Lichtleiters zu den einzelnen Lichteinlässen 6 geführt, durch welche es in den Messkanal eingekoppelt wird. Beim Lichtleiter 9 kann es sich z.B. um einzelne Lichtfasern oder um einen grossflächigen Lichtleitermantel, welcher die äussere Mantelfläche der Fahrradpedalachse 1 umgibt, handeln. Die Lichteinlässe 6 können zusammen ein Lichtmuster erzeugen, welches durch eine Krafteinwirkung verschoben und/oder verformt wird. Aus der Verschiebung und/oder der Verformung des Lichtmusters kann auf die einwirkende Kraft f zurückgeschlossen werden. Dies kann beispielsweise mittels eines Vergleichs von verschiedenen Referenzmustern, die im Rahmen eines Kalibriervorgangs mit bekannten Referenzkräften erfasst wurden, mit dem Messmuster, welches bei einer unbekannten Krafteinwirkung erfasst wurde, geschehen. Verschiebungen von Mustern können beispielsweise durch Korrelation zweier Bilder ermittelt werden.

[0049] Fig. 5 zeigt einen Längsschnitt durch ein viertes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Bei dieser Ausführungsvariante wird von einem Laser 12, welcher seitlich des Bildsensors 3 am zweiten Ende der Fahrradpedalachse 1 angeordnet ist, ein Laserstrahl 13 erzeugt, der am gegenüberliegenden ersten Ende durch eine reflektierende Oberfläche 15 (siehe erstes Abbild 14 des Laserstrahls 13) zum Bildsensor zurückgeworfen (siehe reflektierter Laserstrahl 13') und erscheint dort als zweites Abbild 14'. Eine Verbiegung der Fahrradpedalachse 1 führt zu einer Veränderung des Einfallswinkels des Laserstrahls 13 auf die reflektierende Oberfläche 15, was zu einer Verschiebung des zweiten Abbilds 14' des reflektierten Laserstrahls 13' führt. Diese Anordnung hat den Vorteil, dass sämtliche aktiven Komponenten, also solche die mit Energie versorgt werden müssen, zentral an einem Ort zusammengeführt sind. Als reflektierende Oberfläche kann z.B. am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 ein Spiegel angebracht werden oder einfach eine glanzpolierte Fläche am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 als Reflektor verwendet werden. Um störende Reflexionen zu verhindern, kann beispielsweise die Oberfläche des Messkanals nichtreflektierend ausgeführt sein, also z.B. durch geeignete Behandlung zur Erzeugung einer matten Oberfläche oder durch Beschichten mit einer lichtabsorbierenden Substanz wie z.B. einer schwarzen Farbe.

[0050] Fig. 6 zeigt einen Längsschnitt durch ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Bei dieser Ausführungsvariante wird am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 eine Skala 18 angeordnet. Da diese vom Bildsensor 3 im Dunkeln nicht erfasst werden kann, wird sie mittels der Beleuchtungsquelle 16 angeleuchtet, so dass die Skala 18 vollständig im Lichtkegel 17 der Beleuchtungsquelle 16 liegt. Markierungen auf der Skala 18 können z.B. mit einem lumineszierenden Stoff versehen sein, so dass das Beleuchten ein Nachleuchten der Markierungen zur Folge hat. Im Falle der Verwendung eines phosphoreszierenden Stoffes kann die Beleuchtungsquelle 16 zur optischen Aktivierung des Stoffes genutzt und während der Nachleuchtphase abgeschaltet werden. Die Skala 18 kann zudem mit Markierungen bzgl. zuvor durchgeführter Kalibriermessungen versehen werden. Damit kann die einwirkende Kraft optisch direkt von der Skala 18 abgelesen werden.

[0051] Fig. 7 zeigt einen Längsschnitt durch ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Hier wird anstatt eine Skala 18 am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 anzuordnen und diese aktiv mit einer Beleuchtungsquelle 16 zu beleuchten, eine Oberflächenstruktur, wie z.B. eine Oberflächenrauheit, des hohlen Zylinders 1 verwendet, wobei diese durch geeignetes Anleuchten beispielsweise mit einem Laser 19 einen für den Bildsensor 3 erfassbaren Effekt, wie z.B. ein Speckle-Effekt 20, erzeugt. Alternativ kann auch ein für den Bildsensor 3 erfassbarer Schattenwurf durch Anleuchten der Oberflächenstruktur mittels einer geeigneten Beleuchtungsquelle hervorgerufen werden. Dabei sollte zur Erzeugung eines ausgeprägten Schattenwurfs das Licht möglichst in einem flachen Winkel auf die Oberfläche einfallen, was bedeutet, dass die Beleuchtungsquelle nahe dem ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 anzuordnen ist. Das Abbild des Speckle-Effekts 20' bzw. des Schattenwurfs wird vom Bildsensor 3 erfasst, und mittels einer Auswerteeinheit kann dann aus der durch eine Verbiegung des inneren Kanals hervorgerufene Verschiebung und/oder Verformung des zugehörigen Musters die die Verbiegung verursachende Kraft bestimmt werden.

[0052] Fig. 8 zeigt einen Längsschnitt durch ein siebtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Hier wird ein Projektor 21 verwendet, der am zweiten Ende der Fahrradpedalachse 1 angeordnet ist, z.B. mitten im Bildsensor 3. Der Projektor 21 projiziert Lichtmuster 22', 22'', 22''' an die Oberfläche des Messkanals, welche dann je nach Krafteinwirkung und der daraus resultierenden Verbiegung verformt vom Bildsensor 3 erfasst werden. Aus deren Verformung kann die Auswerteeinheit die einwirkende Kraft bestimmen. Ein Vorteil dieser Ausführungsvariante besteht in der zusammengeführten Anordnung von Bildsensor 3 und Projektor 21. So muss nichts am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 angeordnet werden. Bildsensor 3 und Projektor 21 können beide allenfalls auch losgelöst von der Fahrradpedalachse 1 angeordnet werden, wobei dann eine gute Einkopplung des projizierten Lichts in den Messkanal sowie auch eine gute Auskopplung der Lichtmuster 22', 22'', 22''' vom Messkanal auf den Bildsensor 3 gewährleistet sein muss. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Projektor 21 allenfalls verschiedene Lichtmuster 22', 22'', 22''' erzeugen kann und/oder die Lichtmuster 22', 22'', 22''' einfach und von zentraler Stelle aus adjustiert werden können.

[0053] Fig. 9a zeigt einen Längsschnitt durch ein achttes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung in schematischer Darstellung. Bei dieser Ausführungsvariante wird am ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 eine gerichtete Mehrfachlichtquelle, hier z.B. ein Dreifachlaser 23₁₋₃, angeordnet. Dieser Dreifachlaser 23₁₋₃ kann drei Laserstrahlen 24₁, 24₂, 24₃ erzeugen, welche in unterschiedliche Richtungen in den Messkanal abgestrahlt werden. So kann beispielsweise gewährleistet werden, dass auch bei grösseren Verbiegungen immer einer der drei Laserstrahlen 24₁, 24₂, 24₃ auf den Bildsensor 3 trifft. Dies wird besonders mit der Anordnung gemäss Fig. 9b sichergestellt, wo der Mehrfachlaser 23₁₋₃ in drei Einzellaser 23₁, 23₂, 23₃ aufgeteilt ist, die in unterschiedlichen Abständen vom Bildsensor 3 entlang des Messkanals angeordnet sind. Durch die Verwendung verschiedenfarbiger Laser 23₁₋₃, 23₁, 23₂, 23₃ kann das Abbild 25₁, 25₂, 25₃ eines Laserstrahls 24₁, 24₂, 24₃ eindeutig einem der Laser 23₁₋₃, 23₁, 23₂, 23₃ zugeordnet werden, wodurch Mehrdeutigkeiten bei der Bestimmung der einwirkenden Kraft f vermieden werden. Das Erscheinen des Abbilds 25₃ eines roten Laserstrahls 24₃ könnte z.B. auch als Anzeige einer Überbelastung verwendet werden oder das Erreichen der Schwelle zwischen elastischer und plastischer Verformung der Fahrradpedalachse 1 signalisieren. Bei diesen beiden Ausführungsvarianten sollte die Oberfläche des Messkanals möglichst nichtreflektierend ausgeführt sein, so dass keine störenden Reflexionen der Laserstrahlen 25₁, 25₂, 25₃ auf den Bildsensor 3 abgebildet werden.

[0054] Fig. 10 zeigt ein Blockdiagramm eines neunten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung zur Bestimmung und Visualisierung eines Tretkraftverlaufs an einem Fahrrad, wie er beispielhaft in Fig. 2b dargestellt ist. Die Bilddaten vom Bildsensor 3 werden bei diesem Ausführungsbeispiel via eine Steuereinheit 26 und einen Sender/Empfänger 27 drahtlos, z.B. nach dem ANT/ANT+, Zigbee oder Bluetooth Standard, zu einem entfernten, mit einem korrespondierenden Sender/Empfänger ausgestatteten portablen Gerät 29 übertragen. Dabei kann die Steuereinheit 26 eine Bilddatenkompression ausführen, um eine möglichst energieeffiziente drahtlose Übertragung der Bilddaten zu erreichen. Das portable Gerät 29 kann z.B. ein Fahrradcomputer, ein Smartphone oder ein Personal Digital Assistant (PDA) sein und dient als Auswerteeinheit für die Daten vom Bildsensor. Mit Hilfe des Prozessors im portable Gerät 29 lässt sich dann basierend auf den Referenzbildern eine unbekannte Kraft f_{mess} aus einem Messbild bestimmen und/oder die Darstellung ein oder mehrerer Tretkraftverläufe z_1 , z_r aufbereiten für die Wiedergabe auf dem Display des portablen Geräts 29. So können z.B. die Tretkraftverläufe z_1 und z_r am linken und rechten Pedal gleichzeitig übereinanderliegend angezeigt und damit visuell miteinander verglichen werden. Sämtliche Kräfte bzw. Kraftverläufe können auch im Speicher des portablen Geräts 29 abgelegt werden z.B. für eine spätere, genauere Analyse.

[0055] Als Stromversorgung 28 für die erfindungsgemässe Kraftmessvorrichtung kann beim Fahrrad z.B. eine Knopf- oder eine Dynamo-Batterie eingesetzt werden. Ein geeigneter Dynamo kann beispielsweise durch Einbau des Stators ins Tretlagergehäuse und des Rotors in die Tretlagerachse realisiert werden. Der erzeugte Strom wird dann von der Tretlagerachse via Tretkurbel zur Kraftmessvorrichtung geführt. Bei einer Energieversorgung mittels Knopf- oder einer Batterie ist es wichtig, dass die aktiven Komponenten der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung, d.h. vor allem der Bildsensor 3 sowie alle Lichtquellen, also z.B. die LED 4, möglichst wenig Strom verbrauchen.

[0056] Der Stromverbrauch kann beispielsweise minimiert werden, indem die Steuereinheit 26 den Bildsensor 3 sowie die LED 4 nur dann aktiviert, wenn sich die Krafteinwirkung ändert. Dazu wird die Änderungsgeschwindigkeit der Krafteinwirkung bestimmt und die Häufigkeit der Messungen daraufhin entsprechend angepasst. Solche Informationen können im portablen Gerät ermittelt und dann drahtlos an die Steuereinheit 26 übertragen werden. Falls die Steuereinheit 26 oder das portable Gerät 29 feststellt, dass während längerer Zeit die Krafteinwirkung gleich bleibt oder ausbleibt, könnte sich die Kraftmessvorrichtung im Sinne einer Abschaltautomatik selber abschalten, um Strom zu sparen.

[0057] Abschliessend sei noch angemerkt, dass in sämtlichen beschriebenen Ausführungsbeispielen der Bildsensors 3 auch am freien ersten Ende der Fahrradpedalachse 1 und umgekehrt die Markierung am gelagerten zweiten Ende angeordnet bzw. dargestellt werden kann, ohne dass dadurch die Funktion der erfindungsgemässen Kraftmessvorrichtung bzw. des erfindungsgemässen Verfahrens zur Bestimmung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse vom Prinzip her verändert wird.

LISTE DER BEZUGSZEICHEN

[0058]

1	Fahrradpedalachse
2	Lager
3	Bildsensor
4	LED oder Laserdiode (punktförmige Lichtquelle)
4', 4'', 4'''	Abbild der LED oder Laserdiode
5	Licht(-strahl) von der punktförmigen Lichtquelle
6	Lichteinlass (z.B. Loch oder Schlitz)
6'	Abbild des Lichteinlasses
7	äussere Lichtquelle (z.B. Sonne)
8	Licht(-strahl) von ausserhalb des inneren Kanals
9	zentrale Lichtquelle
10	Lichtleiter (z.B. Lichtfaser)
11	Lichtstrahl vom Lichtleiter eingekoppelt
12	Laser
13,	13' Laserstrahl

14,	14' Abbild des Laserstrahls
15	reflektierende Oberfläche (z.B. Spiegel)
16	Beleuchtungsquelle
17	Lichtkegel
18	Skala
18'	Abbild der Skala
19	Laser (Beleuchtungsquelle)
20	Oberfläche (z.B. mit Rauheit)
20'	Abbild eines Speckle-Effekts (oder Schattenwurfs)
21	Projektor
22', 22'', 22'''	Lichtmuster
23 ₁₋₃	Mehrfachlaser
23 ₁ , 23 ₂ , 23 ₃	Satz von Einzellasern
24 ₁ , 24 ₂ , 24 ₃	Laserstrahlen
25 ₁ , 25 ₂ , 25 ₃	Abbild der Laserstrahlen
26	Steuereinheit
27	drahtloser Sender/Empfänger (ANT, Zigbee, Bluetooth)
28	Stromversorgung (z.B. mit Batterie oder Dynamo)
29	portables Gerät (Fahrradcomputer, Smartphone oder PDA)
d ₁ , d ₂	Verschiebungsvektor
f	Kraftvektor (f: Kraftstärke; #: Kraftrichtung)
z, z ₁ , z _r	Tretkraftverlauf (l: links, r: rechts)

Patentansprüche

1. Kraftmessvorrichtung umfassend eine Fahrradpedalachse (1), die im Innern einen Messkanal aufweist, in oder an dem an einer ersten Position eine Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') angebracht bzw. darstellt ist und an einer zweiten Position ein Bildsensor (3) zum Erfassen der Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') angeordnet ist, und weiter umfassend eine Auswerteeinheit, die mit dem Bildsensor wirkverbunden und zur Verarbeitung von Bilddaten konfiguriert ist.
2. Kraftmessvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') mindestens eines der folgenden Elemente umfasst:
 - ein oder mehrere Lichtpunkte (14) und/oder ein oder mehrere Lichtmuster (22', 22'', 22''');
 - ein oder mehrere Muster und/oder eine oder mehrere Skalen (18);
 - ein Schattenwurf oder ein Specklemuster.
3. Kraftmessvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Kraftmessvorrichtung zur Erzeugung bzw. zur Beleuchtung der Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') zusätzlich mindestens eines der folgenden Mittel umfasst:
 - eine oder mehrere Lichtquellen (4, 23₁₋₃, 23₁, 23₂, 23₃) an der ersten Position geeignet zur Erzeugung eines oder mehrerer Lichtpunkte und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster;
 - eine oder mehrere Lichtquellen (12) einer dritten Position geeignet zur Erzeugung eines oder mehrerer Lichtpunkte (14) und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster, und ein Reflektionsmittel (15) an der ersten Position geeignet zum Zurückwerfen von Licht aus Richtung der dritten Position zurück in Richtung der zweiten Position;
 - ein oder mehrere Lichteinlässe (6) in der Fahrradpedalachse zum Einlassen bzw. Einkoppeln von Licht (7, 9) von ausserhalb in den Messkanal an der ersten Position;
 - Mittel zum Projizieren (21) eines oder mehrerer Lichtpunkte und/oder eines oder mehrerer Lichtmuster (22*, 22'', 22''') auf eine Oberfläche im Innern des Messkanals an der ersten Position;

- eine oder mehrere Beleuchtungsquellen (16) geeignet zum Beleuchten eines oder mehrerer Muster und/oder einer oder mehrerer Skalen (18) an der ersten Position;
 - eine Lichtquelle (19) geeignet zur Erzeugung eines Schattenwurfs oder eines Speckle-Effektes an der ersten Position durch Beleuchten einer Oberflächenstruktur des Messkanal.
4. Kraftmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Bildsensor (3) in einem flexiblen Gehäuse angeordnet ist, und die Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') im flexiblen Gehäuse angebracht bzw. darstellt ist, wobei das flexible Gehäuse geeignet ausgestaltet ist zur form- und/oder kraftschlüssigen Anordnung im Messkanal.
 5. Kraftmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Bildsensor (3) und Mittel (9, 12, 16, 21) zur Erzeugung bzw. zur Beleuchtung der Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') in einem Gehäuse angebracht sind, welches an einem Ende des Messkanals angeordnet ist.
 6. Kraftmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Auswerteeinheit ein portables Gerät (29), wie z.B. ein Fahrradcomputer, ein Smartphone oder ein Personal Digital Assistant, ist, und die Kraftmessvorrichtung Mittel (27) zur drahtlosen Kommunikation, z.B. nach dem ANT/ANT+, Zigbee oder Bluetooth Standard, zwischen dem Bildsensor (3) und dem portablen Gerät (29) umfasst.
 7. Fahrradpedal mit einer Kraftmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
 8. Fahrrad mit mindestens einer Kraftmessvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6.
 9. Verfahren zur Messung einer Krafteinwirkung auf eine Fahrradpedalachse (1), die im Innern einen Messkanal aufweist, in oder an dem an einer ersten Position eine Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') angebracht bzw. darstellt ist und an einer zweiten Position ein Bildsensor (3) zum Erfassen der Markierung (14; 18; 22', 22'', 22''') angeordnet ist, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - a) Erfassen eines ersten Referenzbildes mit dem Bildsensor (3) währenddem sich die Fahrradpedalachse (1) in einer belastungslosen Ruhelage befindet;
 - b) Erfassen eines zweiten Referenzbildes mit dem Bildsensor (3) währenddem die Fahrradpedalachse (1) mit einer bekannten Referenzkraft belastet wird;
 - c) Erfassen eines Messbildes mit dem Bildsensor (3) währenddem die Fahrradpedalachse mit einer zu messenden Kraft belastet wird; und
 - d) Bestimmen der zu messenden Kraft mit einer zu messenden Stärke und einer zu messenden Richtung mindestens aus:
 - der Referenzkraft mit einer Referenzkraftstärke;
 - einer ersten Positionsänderung der Markierung zwischen dem ersten Referenzbild und dem zweiten Referenzbild, wobei die erste Positionsänderung einen ersten Änderungsbetrag aufweist; und
 - einer zweiten Positionsänderung der Markierung zwischen dem ersten Referenzbild und dem Messbild, wobei die zweite Positionsänderung einen zweiten Änderungsbetrag und eine Änderungsrichtung aufweist.
 10. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die zu messende Kraftstärke gleich einem Produkt aus Referenzkraftstärke und dem Verhältnis des zweiten Änderungsbetrags zum ersten Änderungsbetrag, und die zu messende Krafttrichtung gleich der Änderungsrichtung gesetzt werden.
 11. Verwendung der Kraftmessvorrichtung nach Anspruch 6 zur Ermittlung und Visualisierung eines Tretkraftverlaufs (z, z₁, z_i) an einem Fahrradpedal bei einem Antreiben eines Fahrrads.

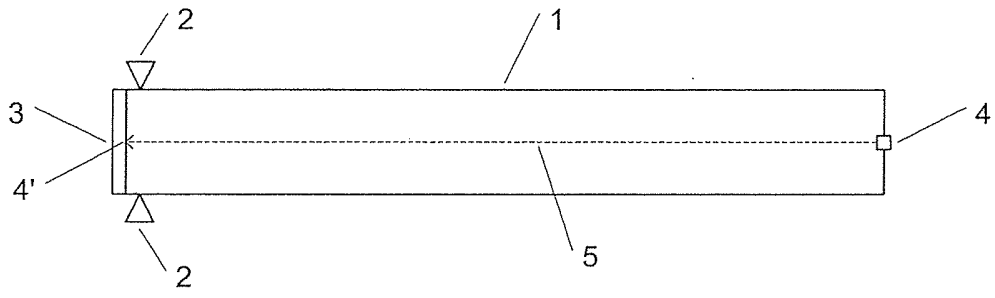


Fig. 1a

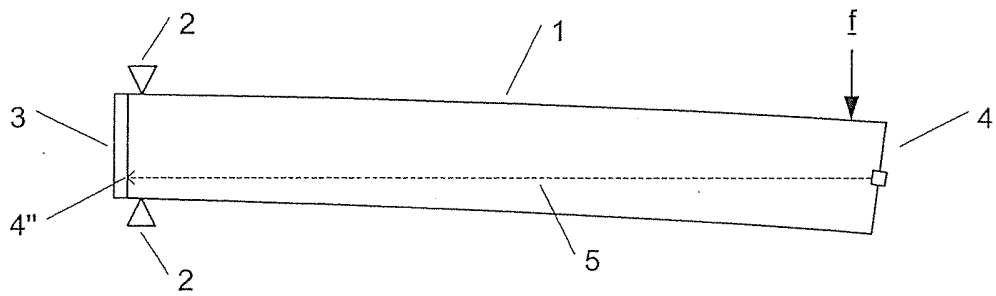


Fig. 1b

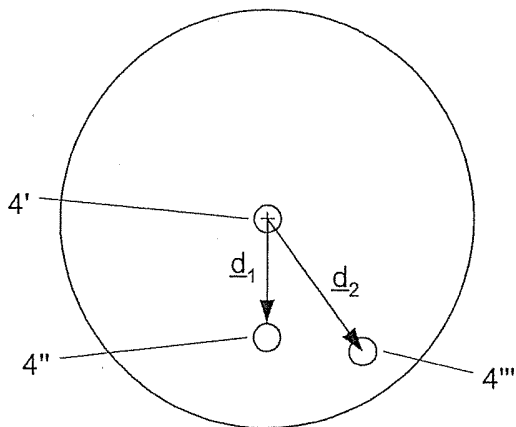


Fig. 2a

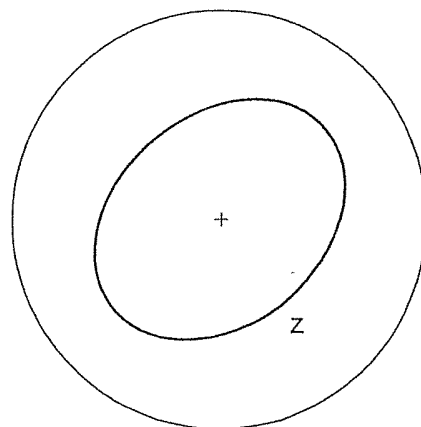


Fig. 2b

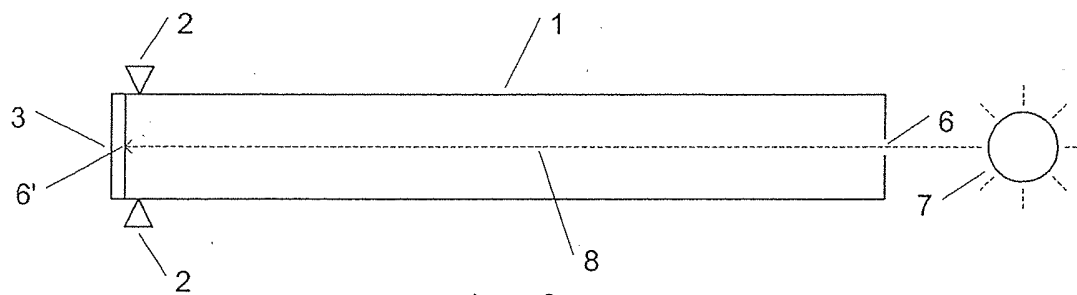


Fig. 3

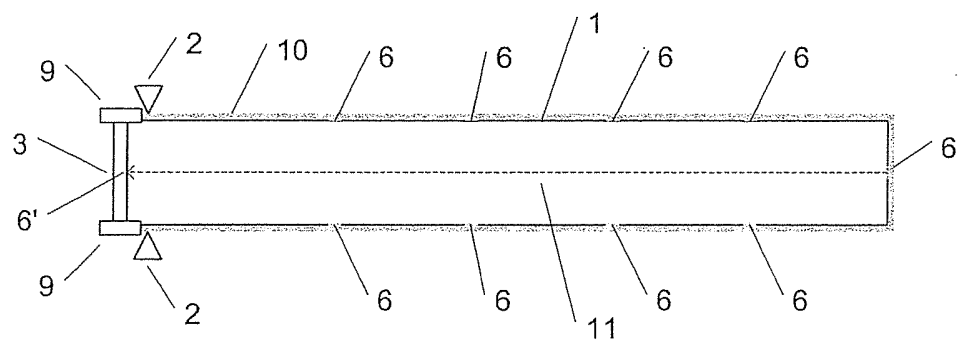


Fig. 4

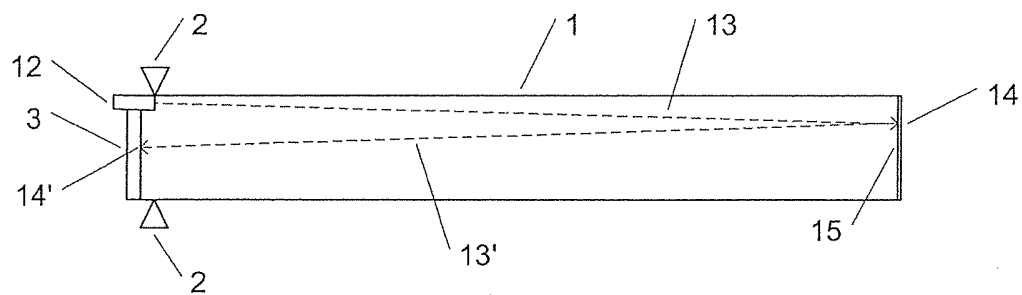


Fig. 5

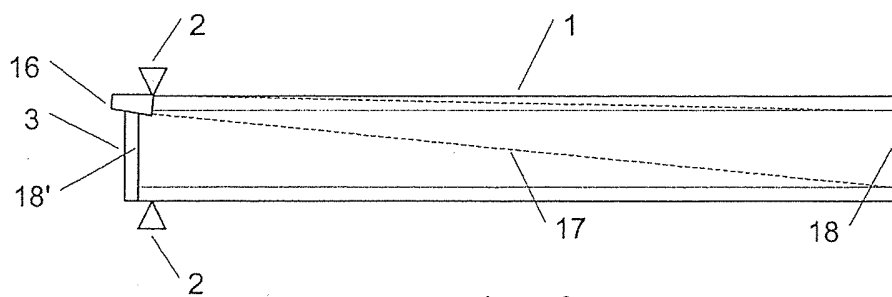


Fig. 6

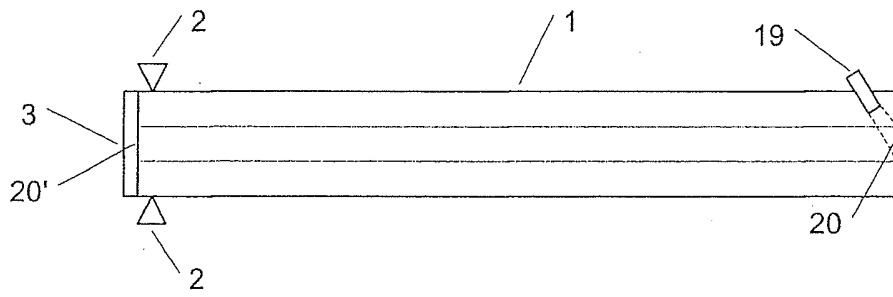


Fig. 7

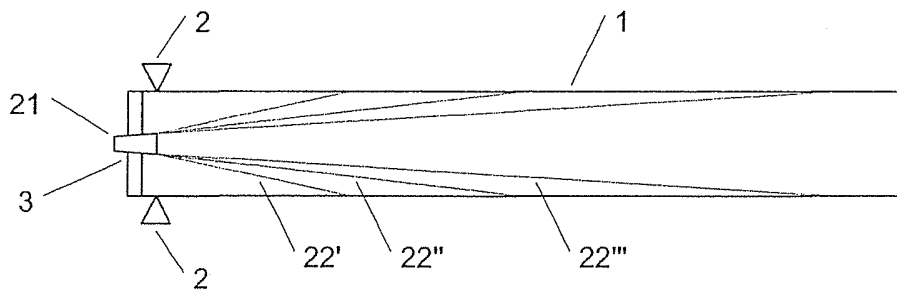


Fig. 8

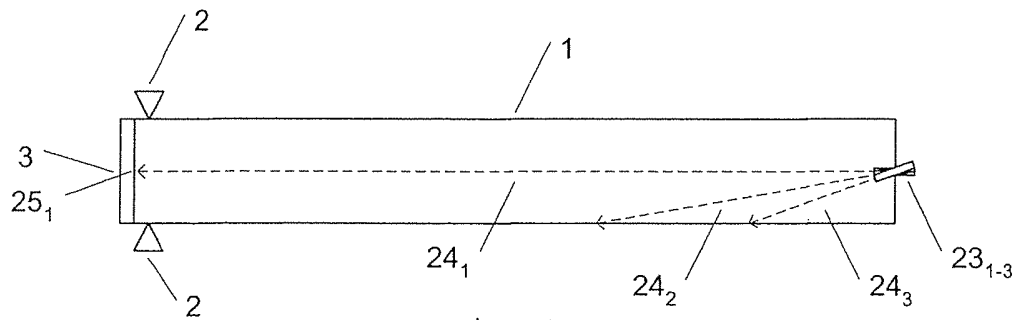


Fig. 9a

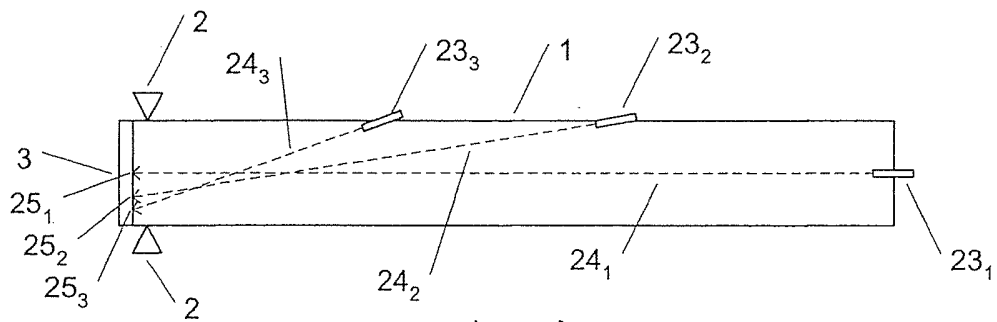


Fig. 9b

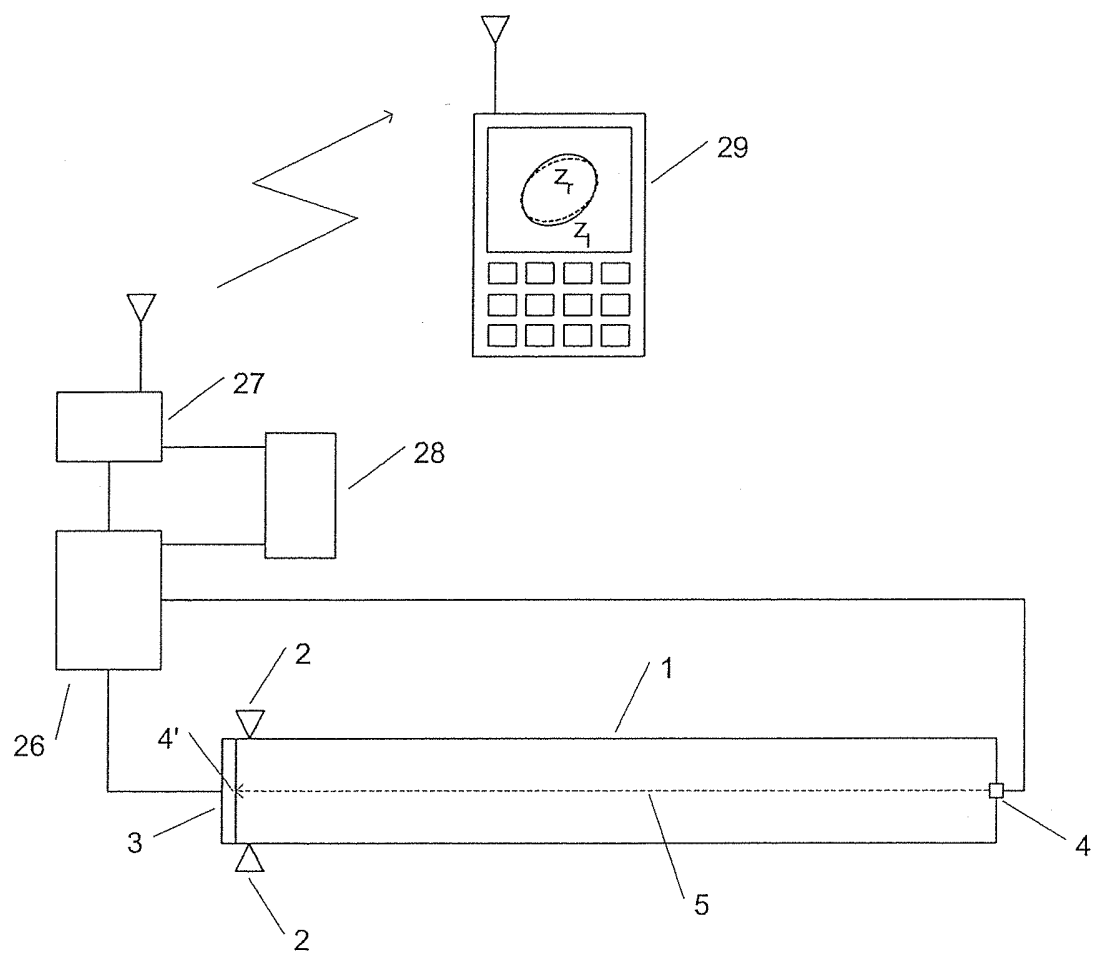


Fig. 10

**RECHERCHENBERICHT ZUR
SCHWEIZERISCHEN PATENTANMELDUNG**

Anmeldenummer: CH00590/10

Klassifikation der Anmeldung (IPC):
G01L1/04, G01B11/16, B62K3/00**Recherchierte Sachgebiete (IPC):**
G01L, G01B, B62K**EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE:**

(Referenz des Dokuments, Kategorie, betroffene Ansprüche, Angabe der massgeblichen Teile(*))

1 DE10007841 A1 (PETZKE W) 06.09.2001Kategorie: **A** Ansprüche: **1, 2, 3, 6**

* Patentansprüche 6, 7, 8; Spalte 3, Zeilen 21 - 27, 33 - 45, 52 - 60; Spalte 4 Zeilen 7 - 12; Spalte 7, Zeilen 6 - 11; Figuren 1 - 4 *

2 WO2007073272 A1 (GCODER SYSTEMS AB; (GLOB-N) GLOBULARCODER AB) 28.06.2007Kategorie: **A** Ansprüche: **1 - 3, 6**

* Patentanspruch 1, 6 -8, 10, 17, 18, 21; [0011] - [0015]; [0020] - [0023], [0027]; [0038]; [0039]; [0044]; [0045]; [0052]; [0063]; Figuren 1a, 1b, 3, 4 *

3 GB2387650 A (NORMAN M P) 22.10.2003Kategorie: **A** Ansprüche: **1 - 5**

* Seite 3, Zeilen 11 - 26; Seite 6, Zeilen 15 - 18; Seite 7, Zeilen 18 - 27; Seite 8, Zeilen 1 - 3; Seite 8, Zeile 17 - Seite 8, Zeile 11; Figuren 1 - 4 *

4 EP0432511 (STRIBEL GMBH) 19.06.1991Kategorie: **A** Ansprüche: **1 - 3**

* Patentansprüche 1, 6, 7, 21, 22; Spalte 3, Zeilen 53 - 57; Spalte 7, Zeilen 46 - 57; Spalte 8, Zeilen 25 - 30; Spalte 11, Zeilen 7 -13, 17 -28; Spalte 12, Zeilen 5 - 19, 38 - 44; Figuren 1 - 3, 7 - 9 *

5 DE29507357U U1 (PETZKE WOLFGANG DIPL ING [DE]) 06.07.1995Kategorie: **A** Ansprüche: **6, 11**

* Seite 1, Zeilen 5 - 8; Seite 3, Zeilen 33 - 36; Seite 4, Zeilen 20 - 22, 33 - 36; Figuren 1, 3 *

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE:

X:	stellen für sich alleine genommen die Neuheit und/oder die erfinderische Tätigkeit in Frage	P:	wurden zwischen dem Anmeldedatum der recherchierten Patentanmeldung und dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht
Y:	stellen in Kombination mit einem Dokument der selben Kategorie die erfinderische Tätigkeit in Frage	D:	wurden vom Anmelder in der Anmeldung angeführt
A:	definieren den allgemeinen Stand der Technik; ohne besondere Relevanz bezüglich Neuheit und erfinderischer Tätigkeit	E:	Patentdokumente, deren Anmelde- oder Prioritätsdatum vor dem Anmeldedatum der recherchierten Anmeldung liegt, die aber erst nach diesem Datum veröffentlicht wurden
		&:	Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

Die Recherche basiert auf der ursprünglich eingereichten Fassung der Patentansprüche. Eine nachträglich eingereichte Neufassung geänderter Patentansprüche (Art. 51, Abs. 2 PatV) wird nicht berücksichtigt.

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt, für die die erforderlichen Gebühren bezahlt wurden.

Rechercheur: Dohnke Ina, Bern**Abschlussdatum der Recherche:** 27.07.2010**FAMILIENTABELLE DER ZITIERTEN PATENTDOKUMENTE**

Die Familienmitglieder sind gemäss der Datenbank des Europäischen Patentamtes aufgeführt. Das Europäische Patentamt und das Institut für Geistiges Eigentum übernehmen keine Garantie für die Daten. Diese dienen lediglich der zusätzlichen Information.

CH 702 990 A1

DE10007841 A1	06.09.2001	DE10007841 A1	06.09.2001
WO2007073272 A1	28.06.2007	AU2006327353 A1	28.06.2007
		CA2634908 A1	28.06.2007
		CN101331384 A	24.12.2008
		EP1963786 A1	03.09.2008
		JP2009521671 T	04.06.2009
		RU2008130404 A	27.01.2010
		US2009177416 A1	09.07.2009
		WO2007073272 A1	28.06.2007
GB2387650 A	22.10.2003	GB0209099 D0	29.05.2002
		GB2387650 A	22.10.2003
EP0432511	19.06.1991	BR9005820 A	24.09.1991
		DE4021455 A1	29.05.1991
		DE59009554 D1	28.09.1995
		EP0432511 A1	19.06.1991
		EP0432511 B1	23.08.1995
		ES2077620 T3	01.12.1995
		JP3229120 A	11.10.1991
		US5329120 A	12.07.1994
DE29507357U U1	06.07.1995	DE4435174 A1	21.03.1996
		DE4435174 C2	08.08.2002
		DE9415162 U1	24.11.1994
		DE29507357 U1	06.07.1995
		FR2724728 A1	22.03.1996
		FR2724728 B1	24.12.1999
		JP8145824 A	07.06.1996