



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **714 414 A2**

(51) Int. Cl.: **A61C** **7/00** (2006.01)
G01B **11/16** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 01496/17

(71) Anmelder:
ForYouFirst AG, Landstrasse 107
9490 Vaduz (LI)

(22) Anmeldedatum: 08.12.2017

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.06.2019

(72) Erfinder:
Alain Kounga, 8953 Dietikon (CH)
Christoph Appert, 9490 Vaduz (LI)
Pedro Gonçalves, 1028 Préverenges Vaud (CH)

(54) **Verfahren zum Ausrichten von Zähnen mit abnehmbaren kieferorthopädischen Vorrichtungen und einem Überwachungssystem des Behandlungsfortschritts**

(57) Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Beurteilung der Spannungsrelaxation in einem kieferorthopädischen Zahnspange-Zahnbogensystem. Die Informationen über die Stressrelaxation im klaren Kunststoffschalensystem helfen bei der Überwachung des kieferorthopädischen Behandlungsfortschritts, der durch Zahnverschiebungen verursacht wird, und verbessern sowohl die Behandlungseinhaltung und -befolgung des Patienten als auch den rechtzeitigen Abschluss der Behandlung. Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Wirksamkeit von klaren Kunststoffschalen durch Messung oder Anzeige der Grösse der Eigenspannungen im Zahnspange-Zahnbogensystem. Die gemessene Spannungs- oder Dehnungsänderung ist ein Indikator für die Verschiebung der Zähne und den passenden Zeitpunkt, um zur nächsten Stufe des Behandlungsplans überzugehen.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung offenbart ein höchästhetisches kieferorthopädisches Gerät, das die Behandlung von Zahnfehlstellungen, übereinanderstehenden Zähnen, Über- und Unterbissen usw. ermöglicht. Das Gerät ist so hergestellt, dass es einfache und leistungsstarke Merkmale für die mobile Gesundheit oder mHealth aufweist. Die mobile Gesundheit ist definiert als die Bereitstellung von Gesundheitsversorgung durch mobile, tragbare Geräte. Die genannte kieferorthopädische Vorrichtung in Verbindung mit einer App auf Smartphones und Tablets ermöglicht eine bessere Betreuung der kieferorthopädischen Behandlung.

[0002] Ein schönes Lächeln macht einen guten ersten Eindruck und hilft, Selbstwertgefühl und Selbstvertrauen aufzubauen. Schlecht ausgerichtete Zähne sind schwieriger zu putzen oder mit Zahnseide zu reinigen, was das Risiko von Karies und schmerzhaften Parodontalerkrankungen erhöht, die ohne entsprechende Behandlung zum Zahnverlust führen können. Ein Schlüsselement eines tollen Lächelns ist eine gute Zahnstellung, die nicht immer selbstverständlich ist. Zahnfehlstellungen hängen von einer Reihe von Faktoren ab; einige sind erblich bedingt und andere können vermeidbar sein.

[0003] Kieferorthopäden entwickeln Lösungen zur Neuordnung oder Korrektur der Zahnfehlstellung und damit zur Verbesserung des Lächelns, der unteren Gesichtsstruktur und des Profils einer Person. Neben kosmetischen Gründen kann die Korrektur der Zahnfehlstellung auch darauf abzielen, die Funktionalität wiederherzustellen, z.B. das Beissen und Kauen zu verbessern, Sprachprobleme zu lösen, abnormalen Verschleiss der Zähne und/oder Kiefergelenkschmerzen vorzubeugen und es einfacher zu machen, Zähne und Zahnfleisch sauber und gesund zu halten.

[0004] Zahnspangen, Aligner und andere abnehmbare Geräte gehören zu den am häufigsten verwendeten Korrekturmitteln. In bestimmten Situationen kann sogar eine Oralchirurgie empfohlen werden. Für diejenigen, die sich einer kieferorthopädischen Behandlung unterziehen, sind klare Aligner oder Brackets aus einem zahnfarblichen Material, eine weitere moderne Option. Brackets funktionieren wie Metallspangen, ausser dass die einzige sichtbare Komponente der dünne Metalldraht ist. Keramik ist nicht so langlebig wie Metall und kann unter einigen Belastungsarten einfach brechen. Somit ist die keramische Zahnspange in bestimmten komplizierten Fällen möglicherweise nicht die optimale Lösung. Sie kosten in der Regel auch mehr als ihre Vollmetall-Pendants.

[0005] Invisalign® Aligner oder Zahnspangen sind eine Reihe von transparenten Kunststoffschalen – jedes Paar (für Ober- und Unterkiefer) unterscheidet sich leicht vom vorhergehenden –, die über die Zähne passen und sie schrittweise in die gewünschte Position bringen. Diese Zahnspangen können vorübergehend zum Essen, Zähne putzen, zu besonderen Anlässen entfernt werden. Die Möglichkeit, transparente Spangen jederzeit herauszunehmen, stellt ein grosser Vorteil für den Patienten, aber ein grosser Nachteil für eine schnelle Fallbehandlung. Da ohne das vorschriftsmässige Tragen von Alignern (22 Stunden pro Tag) keine Fortschritte erzielt werden können, muss sich der Kieferorthopäde auf die Motivation, Compliance und Zuverlässigkeit des Patienten verlassen, um den Behandlungserfolg zu gewährleisten. Normalerweise wird alle zwei Wochen ein neuer Aligner getragen, um die Zähne in die projizierte Endposition zu bringen. Die meisten Behandlungen werden zwischen 18–36 verschiedenen Zahnspangen beinhalten, aber die tatsächliche Dauer der Behandlung hängt von der Komplexität der Zahnbewegung ab. Die Motivation des Patienten ist der Schlüssel zum Behandlungsfortschritt. Leider wird die Patientenmotivation durch die mehrfachen zeitaufwändigen Kontrollbesuche beim Kieferorthopäden beeinträchtigt, der den Behandlungsstand beurteilen kann. Darüber hinaus sind die Patienten aus verschiedenen Gründen den ganzen Tag über sehr beschäftigt und können Termine für Besuche beim Kieferorthopäden nicht immer wahrnehmen. Somit resultiert eine schlechte Überwachung der Behandlung oder Patienten ziehen auf diesen Grund gar keine kieferorthopädische Behandlung in Betracht.

[0006] In vielen Bereichen der Gesundheitsversorgung wird die auf elektronischer Datenverarbeitung basierende Gesundheit (eHealth) auf ihr Versprechen hin untersucht, die Gesamteffizienz eines Gesundheitssystems zu steigern und die Ergebnisse der Patienten zu verbessern. Da eHealth an Umfang und Reife zunimmt, umfasst sein Potenzial Verbesserungen der Patientensicherheit, der Gesundheitsergebnisse, der finanziellen Effizienz und der Kommunikation zwischen mehreren Gesundheitsdienstleistern. Das Potenzial, Daten über Mobilfunk- und Wi-Fi-Netzwerke innerhalb und zwischen den Einrichtungen auszutauschen, für die fachkundige Beratung und den Datenaustausch zwischen mehreren Pflegekräften, unabhängig davon, ob sie sich in unmittelbarer Nähe befinden oder durch Hunderte von Kilometern getrennt sind, reduziert die Notwendigkeit, Patienten zu einer spezialisierten Beratung zu transportieren, wodurch erheblicher körperlicher und emotionaler Stress, Zeitverschwendung und unnötige Kosten für die Patienten vermieden werden.

[0007] Während Smartphone- und Tabletkameras allgegenwärtig für die Aufnahme und den Austausch von Fotos in der Freizeit verwendet werden, sind die eingebauten Kameras für kleine Grössen optimiert und können die Unterstützung von medizinischen Verfahren und Massnahmen der Gesundheitsfürsorge – mobile Gesundheit (mHealth) und damit die Motivation des Patienten, die für eine erfolgreiche kieferorthopädische Behandlung meist fehlt.

[0008] Nachdem sie erkannt haben, dass die Disziplin und Motivation des Patienten Schlüsselfaktoren für eine schnelle und erfolgreiche kieferorthopädische Behandlung auf der Basis von Zahnspangen sind, haben einige Erfinder die Lösungen offenbaren, wobei klare Zahnspangen mit aktiven oder passiven Sensoren sowie Stellgliedern ausgestattet sind. US 8 771 149 B2 offenbart eine kieferorthopädische Vorrichtung, die mit einem Sensor und einem Prozessor ausgestattet ist. Dabei erkennt der Sensor, wann die Vorrichtung richtig positioniert ist, und der Prozessor verarbeitet Sensorinformationen in Compliance-Daten. In US 8 899 976 B2 wird ein kieferorthopädisches Gerät vorgestellt, das eine Vorrichtung zum

Platzieren über einem oder mehreren Zähnen darstellt und ebenfalls für die Überwachung der Behandlungskonformität konzipiert ist.

[0009] In EP 2 164 422 A1 wird der Behandlungsfortschritt verfolgt, indem Zähne aus einem zuvor segmentierten Modell an eine Oberfläche einer unsegmentierten Darstellung der tatsächlichen Anordnung angepasst und eine oder mehrere Positionsdifferenzen zwischen der tatsächlichen und der geplanten Anordnung berechnet werden. US 2009 117 507 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Überwachung der Einhaltung der kieferorthopädischen Behandlung, einschliesslich einer Vorrichtung, die so angepasst ist, dass sie über einen oder mehrere Zähne getragen werden kann, und eines Konformitätsindikators, der an der Vorrichtung montiert ist. In US 2016 066 776 A1 ist ein orales Überwachungssystem vorgesehen, das eine oder mehrere Kameras beinhaltet, die für den Einbau in Mund zur Bilderfassung konfiguriert sind. Ein Speichermedium ist für die Speicherung von Bildern konfiguriert. Ein oder mehrere Prozessoren sind konfiguriert, um Bilder zu verarbeiten, die von einer oder mehreren Kameras aufgenommen wurden, und ein drahtloser Sender ist konfiguriert, um verarbeitete Daten aus den aufgenommenen Bildern zu übertragen. Ein chemischer Sensor ist weiterhin vorgesehen und der drahtlose Sender ist ferner konfiguriert, um Daten zu übertragen, die den vom chemischen Sensor erfassten Substanzen entsprechen. WO 2016 116 874 A1 bietet die Erfindung eines verbesserten kieferorthopädischen Brackets mit integriertem 3D-Piezo-Sensorchip, der selbst die geringste Änderung in der Erstinstallation des kieferorthopädischen Bracketsystems bestimmt und den Teilnehmer elektronisch benachrichtigt. Die Erfindung sieht einen abnehmbaren drahtlosen Frequenzsender vor, der auf der Halterung des Tiewing-Flügels platziert werden kann, um ein klinisches Recycling der Halterung zu ermöglichen; und optional einen tragbaren Laserscanner/Fotospektrometer, um den Reibungskoeffizienten zwischen dem Bogendraht und der Halterung zu messen, um den genauen Betrag der für die Zahnretraktion erforderlichen Kraft zu bestimmen; um die Klebetechnik zum Erkennen von Hohlräumen im Klebstoff zu bestimmen; und um den Abstand zwischen den aufgetragenen Kräften und dem Schwerpunkt des Zahnes zu bestimmen. In US6890285B2 wird der Brace Compliance Monitor offenbart, der beinhaltet einen Konformitätssensor, einen Signalprozessor und eine Anzeige. Die Compliance-Daten werden auf dem Display angezeigt, um dem Patienten sofort Informationen darüber zu geben, ob er die Zahnspange für den angegebenen Zeitraum und in der angegebenen Weise getragen hat. Der Monitor kann auch einen sekundären Sensor beinhalten, wie beispielsweise einen Neigungssensor, einen Drucksensor, einen Kraftsensor, einen Beschleunigungssensor oder einen Geschwindigkeitssensor. Die sekundären Sensoren können dem Patienten und dem Leistungserbringer zusätzliche Compliance-Daten liefern.

[0010] In US 2013 140 289 A1 handelt es sich um ein Überwachungssystem für eine Intraoralvorrichtung. Die Vorrichtung umfasst eine Stromquelle, einen Detektor zum Erfassen, wann die Intraoralvorrichtung zur Verwendung im Mund positioniert ist, einen Rekorder zum Aufzeichnen von Messdaten und einen Transponder zum Übermitteln der Messdaten. Basierend auf einer bestimmten Eigenschaft eines Patienten oder einer Gruppe von Patienten ist das Überwachungssystem einstellbar. Bradley Donald hat in WO 2013/075 246 A1 eine Lösung für Dentalgeräten zur Überwachung der Einhaltung der Therapievorschriften veröffentlicht. Die Vorrichtung enthält eine Batterie, einen Temperatursensor, einen räumlichen Orientierungssensor, einen Prozessor, der konfiguriert ist, um den Temperatursensor und den räumlichen Orientierungssensor zu steuern, um die Umgebungstemperatur und die räumliche Orientierung periodisch zu messen, um eine Zeitbereichsserie der Umgebungstemperaturmessung bzw. eine Zeitbereichsserie der räumlichen Orientierungsmessungen zu erhalten; und ein Kommunikationsmodul, das funktionell mit dem Prozessor gekoppelt ist. Der Konformitätsverifizierungsprozessor ist konfiguriert, um die aufgezeichnete Zeitbereichsserie der Umgebungstemperaturmessungen und die Zeitbereichsserie der räumlichen Orientierungsmessungen zu kommunizieren und die Konformität mit der Therapie des Dentalgeräts zu bestimmen.

[0011] Im Idealfall kommunizieren Sensoren und/oder Stellglieder, die an der Zahnspange befestigt oder integriert sind, mit dem tragbaren Gerät eines Patienten (z.B. Smartphone, Handheld-PDA, Computer usw.), um den Patienten an das Tragen der Zahnspange zu erinnern (Disziplin), oder informieren den Patienten über den Fortschritt der Behandlung (Überwachung).

[0012] Für die Zustandsüberwachung schlagen die Erfinder der vorliegenden Erfindungsmeldung beispielsweise RFID-Sensoren oder Aktoren vor. Beispielsweise benötigen RFID-DMS-Sensoren keine Kabel oder Batterien = keine Wartung und lange Lebensdauer. Sie können durch Materie gelesen werden, die typischerweise Strukturbauteile abdecken, mit einer Lesereichweite von bis zu mehreren Metern auf einem Metall-Sensor und der Möglichkeit zur Datenerfassung. Jeder drahtlose DMS-Sensor verfügt über eine eindeutige ID-Nummer, sodass viele Sensoren von jeweils nur einem Leser gelesen werden können. Darüber hinaus kann die Bluetooth-Option auch für die Datenübertragung zwischen Klammer und tragbarem Gerät in Betracht gezogen werden.

[0013] Mit einer solchen Anordnung können Motivation und Disziplin des Patienten sowie die Überwachung während der gesamten Behandlung realisiert werden.

[0014] Die Herstellungsverfahren aller medizinischen Kunststoffe (einschliesslich transparenter Kunststoffe für transparenten Aligner), deren Herstellungsverfahren – einschliesslich Spritzgiessen, Extrusion, Vakuumformen und Zerspanung – erzeugen Eigenspannungen. Diese Eigenspannungen können manchmal einen sehr wünschenswerten Zweck haben. Typische Auswirkungen von Eigenspannungen sind unter anderem: Verformungen durch Spannungsrelaxation, Risse, Verschlechterung der optischen Leistung, Änderungen der mechanischen Eigenschaften. Eigenspannungen werden zu realen Lasten auf das Material, wenn das Bauteil leicht erhöhten Temperaturen ausgesetzt wird.

PROZESSBESCHREIBUNG

[0015] Der in der vorliegenden Erfindung beschriebene Prozess der Neupositionierung von Zähnen mit klaren Alignern wurde im US-Patent US 5 975 893 von Chishti et al. veröffentlicht. Bei letzterem werden die Zähne von einer anfänglichen Zahnanordnung zu einer endgültigen Zahnanordnung durch Anwenden einer Reihe von inkrementellen Zahnspangen im Mund des Patienten neu positioniert. Praktischerweise sind die Zahnspangen nicht befestigt und der Patient kann diese dentalen Geräte jederzeit herausnehmen. Die Zahnspangen sind so konfiguriert, dass einzelne Zähne in einer Kavität liegen. Die Zahnspangen bestehen aus einer Reihe von mindestens drei Kavitäten und verschieben auf einer inkrementellen Weise die Zähne in die gewünschten Position. Das erste Gerät der Serie verfügt über eine Geometrie, die so gewählt ist, dass die Zähne von der anfänglichen Zahnanordnung zu einer ersten Zwischenanordnung verschoben werden. Nachdem die erste Zwischenanordnung angegangen oder erreicht ist, werden nacheinander eine oder mehrere zusätzliche Zwischenspangen auf die Zähne aufgesetzt, wobei diese zusätzlichen Vorrichtungen Geometrien aufweisen, die so gewählt sind, dass sie die Zähne von der ersten Zwischenanordnung durch aufeinanderfolgende Zwischenanordnung (en) schrittweise neu positionieren. Die Behandlung wird durch das Platzieren einer Endzahnspange im Mund des Patienten abgeschlossen, wobei die Endspange eine Geometrie aufweist, die so gewählt ist, dass die Zähne schrittweise von der letzten Zwischenanordnung bis zur endgültigen Zahnanordnung neu positioniert werden.

[0016] Im Allgemeinen kann der Übergang zur nächsten Zahnspange auf einer Reihe von Faktoren beruhen. Am einfachsten ist es, wenn die Zahnspangen nach einem vorgegebenen Zeitplan oder in einem festen Zeitintervall (d.h. Anzahl der Tage für jede Zahnspange) ausgetauscht werden, das zu Beginn aufgrund einer erwarteten oder typischen Patientenreaktion festgelegt wurde. Alternativ kann auch die tatsächliche Patientenreaktion berücksichtigt werden, z.B. kann ein Patient zur nächsten Zahnspange wechseln, wenn dieser Patient den Druck von einer aktuellen Zahnspange auf seine Zähne nicht wahrnimmt, d.h. die Zahnspange, die er getragen hat, passt leicht über die Zähne und der Patient erlebt wenig oder gar keinen Druck oder Unannehmlichkeiten auf seine Zähne.

[0017] Der Prozess des Begradigens der Zähne kann umständlich und unangenehm sein und somit zum Motivationsverlust führen. Ein Mangel an Motivation führt zu einem Abbruch der Behandlung und als Konsequenz zu einer misslungenen Korrektur der Zahnfehlstellung. Im Rahmen der Patientenmotivation, eine kieferorthopädische Behandlung nicht zu unterbrechen oder gar abbrechen, kann zum Beispiel den Behandlungsfortschritt genau zu quantifizieren, von grosser Bedeutung sein.

[0018] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine genaue Methode zur täglichen Quantifizierung des Zahnkorrekturfortschritts zur Verfügung zu stellen. Bei der Zahnkorrektur, wie oben beschrieben, sitzen die Zahnspangen fest an den Zahnbögen, wenn sie im Mund des Patienten montiert werden. Diese Zahnspange-Zahnbogenanordnung weist einige internen Spannungen auf, die vom dritten Newtonschen Gesetz (actio = reactio) regiert sind. Das heisst, wenn zwei Körper in Kontakt sind, sind die Kräfte, die von einem auf den anderen wirken, immer gleich gross und in Richtung entgegengesetzt. Da die Kunststoffschalen etwas kleiner als die Zahnbögen sind und aus einem Material mit hohem E-Modul von bis zu $E = 2000 \text{ MPa}$ bestehen, entsteht eine Dehnung, wenn die Zahnspangen/Kunststoffschalen auf den Zähnen sitzen. Basierend auf dem Hooke'schen Gesetz $\sigma = E \times \epsilon$, wobei σ die Spannung im Zahnspangen oder Kunststoffschalenmaterial ist und ϵ die entsprechende Dehnung darstellt, ist es offensichtlich, dass eine Spannungsreduktion oder -zunahme direkt in eine Abnahme oder Zunahme der Dehnung und gleichermassen in die Verschiebung von Zähnen übersetzt wird. Zahnbewegungen führen zu Stressrelaxation oder Abnahme des Zahnspangenmaterials. Somit kann die damit verbundene Änderung der Dehnung des Zahnspangenmaterials als ein gutes Mass für die Bewegung von Zähnen angesehen werden. In der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, diesen Indikator zu verwenden, um den Fortschritt der Zahnkorrektur kontinuierlich zu überwachen.

[0019] In diesem Zusammenhang wird eine Markierung oder Referenz (z.B. ein Kreuz «X», ein Rechteck, ein Kreis, ein «V» oder Markierungen ähnlich wie Aufsatzknöpfen oder auch attachments buttons, etc.) auf der Zahnspange/Kunststoffschale an der Stelle im vorderen und sichtbaren Bereich des Gebisses platziert. In einem bevorzugten Aufbau werden die Referenzen auf kritische Zähne des Frontzahnbereichs gelegt. In einer bevorzugten Ausführungsform erstreckt sich die Markierung oder Referenz über mindestens 4 Zähne im Frontzahnbereich und vorzugsweise 8 Zähne und emuliert so die Position der zentrischen Okklusion des Patienten. In einer meist bevorzugten Ausführungsform werden feste Referenzen im Bereich der Zahnspange positioniert, der die Gingiva abdeckt. Da das Material der Zahnspange einen hohen E-Modul aufweist und die Spannungen (Kräfte) für die Zahnbewegung gering sind, ist auch die resultierende Dehnung gering. Das Messen dieser kleinen Entfernungen würde ein Vergrösserungsobjektiv erfordern, das an der Kamera eines Smartphones befestigt ist. Der Fortschritt der Zahnkorrektur wird dann durch den Vergleich von zwei aufeinanderfolgenden Bildern des auf dem Bogen montierten Gerätes beurteilt. Ein Pixel für Pixel Bildvergleichsmittel hilft bei bestimmten Formänderungen der Referenzstruktur, die mit der Spannungsrelaxation in der Zahnspange-Zahnbogenanordnung korreliert sind und somit die Zahnbewegung anzeigen. So kann der Patient den Zahnverschiebungsfortschritt leicht verfolgen und die Ergebnisse sofort zur Kontrolle an den behandelnden Kieferorthopäden oder Zahnarzt übertragen oder weiterleiten. Basierend auf den Ergebnissen des Bildvergleichs können sowohl der Patient als auch der behandelnde Zahnarzt leicht entscheiden, wann der Wechsel der Zahnspange und der Wechsel zum nächsten Behandlungsschritt erfolgen soll.

[0020] Im Hinblick auf die Fortschrittskontrolle können unsere Zahnspangen mit 2 weiteren Zahnspangen ausgestattet werden, die einem Sportmundschutz sehr ähnlich sind, der von Sportlern im Sport verwendet wird, z.B. Rugby, Boxen usw. Das Material des Mundschutzes ist sehr biegsam und weich, wenn es in heissem Wasser platziert wird. Es kann so

leicht geformt werden und kann somit in eine perfekte Passform verfestigt werden. Wenn die Zahnspange wieder in heisses Wasser gegeben wird, werden alle im Material gespeicherten Abdrücke gelöscht. Somit wird der erste Mundschutz (genannt «Form 1») vom Patienten vor dem ersten Einsatz von Zahnspangen verwendet und zu Beginn der Behandlung als Referenz/Form der Zähne betrachtet und aufbewahrt. Im Laufe der Behandlung wird der zweite Mundschutz (genannt «Form 2») vom Patienten selbst für zukünftige Abdrücke verwendet und so beurteilt, wie sich die Zahnposition in verschiedenen Phasen der Zahnkorrektur verändert. Der Behandlungsfortschritt wird dann durch den Vergleich des Abdrucks in «Form 1» und dem von «Form 2» bewertet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ausrichten von Zähnen mit abnehmbaren kieferorthopädischen Vorrichtungen (z.B. Kunststoffschalen) und einem Überwachungssystem des Behandlungsfortschritts mit auf die Vorrichtungen aufgebrachten Referenzpunkten, einem Bildvergleichsmittel und einer tragbaren Vorrichtung zur Bildaufnahme.
2. Verfahren zur Herstellung von abnehmbaren kieferorthopädischen Vorrichtungen (z.B. transparente Kunststoffschalen) nach Anspruch 1, wobei die Vorrichtung Referenzpunkte umfasst, deren Positionierung zum Beurteilen der Spannungsrelaxation in der Kunststoffschalen-Zahnbogenanordnung verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, worin eine Lupe an der Kamera eines tragbaren Geräts zur hochauflösenden Bildaufnahme von kieferorthopädischen Vorrichtungen, die auf Zahnbögen montiert sind, befestigt ist, und womit die Spannungsrelaxation der Vorrichtungsanordnung visualisiert werden kann.
4. Verfahren nach Anspruch 2, worin die aufgenommenen Bilder überlagert werden und ein Bildvergleichsmittel/Software verwendet wird, um Informationen über Spannungsrelaxation in der Zahnspangen-Zahnbogenanordnung und damit Zahnbewegung des Patienten zu extrahieren.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die Ergebnisse des Bildvergleichs als Überwachungswerkzeug für die kieferorthopädische Behandlung verwendet werden.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei mit speziellen Linsen Eigenspannungen im Zahnspange-Zahnbogensystem mittels Doppelbrechung visualisiert, qualitativ oder quantitativ gemessen werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin spezielle grafische Druckobjekte verwendet werden, um die Messung oder Visualisierung von Eigenspannungen oder Spannungsabbau zu erleichtern. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin die grafischen Elemente so gestaltet sind, dass die Erkennung durch das Auge ermöglicht wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin spezielle farbige Elemente verwendet werden, die bei Druck die Farbe ändern.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin Flüssigkristallelemente auf Zahnspangen oder Kunststoffschalen montiert sind, um den Spannungszustand anzuzeigen.
10. Verfahren, bei dem eine spezielle Kunststoffschale oder Referenzschale zur Messung der Zahnverschiebung verwendet wird, wobei die spezielle Kunststoffschale oder Referenzschale die Zähne nicht verschiebt.
11. Ein Prozess, bei dem idealerweise die in den Zahnspangen angebrachten oder enthaltenen Sensoren und/oder Stellglieder mit dem tragbaren Gerät eines Patienten (z.B. Smartphone, PDA, Computer usw.) kommunizieren, um den Patienten an das Tragen der Zahnspangen zu erinnern (Disziplin), oder den Patienten über den Fortschritt der Behandlung zu informieren (Überwachung).
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin eine spezielle Kalibriervorrichtung auf der Zahnspange oder Kunststoffschale montiert ist, um die Verschiebungsmessungen zu standardisieren.
13. Verfahren nach Anspruch 12, bei dem die Kalibriervorrichtung vom Endbenutzer eingestellt wird, um Änderungen der Zahnposition zu überwachen.
14. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die grafischen Elemente nur unter speziellem Licht (z.B. UV-Licht) sichtbar sind und somit die Ästhetik sowohl der Zähne als auch der Zahnspange-Zahnbogenanordnung nicht beeinträchtigen.
15. Verfahren, bei dem ein Satz von Sportmundschutzgeräten verwendet wird, um die Zahnabdrücke des Patienten zu Beginn der Behandlung und nach den Behandlungsschritten zu nehmen und so dem Patienten die Möglichkeit zu geben, seinen kieferorthopädischen Behandlungsfortschritt selbst zu überwachen, indem er die anfängliche Form mit den Formen vergleicht, die in den folgenden Behandlungsschritten hergestellt werden.

Figure 1

