



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 07 418 T2** 2006.07.27

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 411 854 B1**

(51) Int Cl.⁸: **A61C 7/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 07 418.5**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US02/14022**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 731 642.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2003/011165**

(86) PCT-Anmeldetag: **01.05.2002**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **13.02.2003**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.04.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **16.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.07.2006**

(30) Unionspriorität:

918226 30.07.2001 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

3M Innovative Properties Co., St. Paul, Minn., US

(72) Erfinder:

**MANEMANN, C., Robert, Saint Paul, US; JORDAN,
A., Russell, Saint Paul, US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM AUSWÄHLEN EINER VERORDNUNG FÜR EINE ORTHO-DONTISCHE APPARATUR**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und Geräte, die in der Behandlung eines kieferorthopädischen Patienten verwendet werden. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Verfahren und Geräte zum Auswählen einer orthodontischen Zahnspange aus ein oder mehreren Komponenten, die gewählt wurden, um ein bestimmtes Ziel nach Maßgabe des Arztes leichter zu erreichen.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Die Orthodontie ist ein Zweig der Zahnmedizin, der unregelmäßige Zahnstellungen verhindert oder behandelt. Zähne mit Fehlstellungen können verhindern, dass Nahrung richtig gekaut wird und zu Karies führen oder zu Zahnfleischerkrankungen beitragen. Ferner können Zahnfehlstellungen unattraktiv aussehen, insbesondere, wenn sich die falsch stehenden Zähne in den vorderen Bereichen der Mundhöhle des Patienten befinden.

[0003] Eine orthodontische Zahnspange ist eine Vorrichtung, die verwendet wird, um die Zähne in die orthodontisch korrekten Stellungen entlang des Zahnbogens zu schieben. In der Regel fertigt der Kieferorthopäde eine maßgeschneiderte orthodontische Zahnspange für jeden Patienten an, indem er Komponenten auswählt, die auf die Zähne in bestimmten Richtungen sanften Druck ausüben. Über eine gewisse Zeit verschieben sich die Zähne langsam in die gewünschten Stellungen. Nach einem längeren Zeitraum hält wachsendes neues Knochengewebe in den Bereichen neben den Zahnwurzeln die Zähne fest in ihren neuen Stellungen.

[0004] Eine Art von orthodontischer Zahnspange, die weithin verwendet wird, umfasst ein Set von orthodontischen Vorrichtungen auf einem Bogendraht. Die Vorrichtungen weisen in der Regel eine Reihe von kleinen geschlitzten Brackets auf, die jeweils auf einem entsprechenden Zahn am Zahnbogen entlang angebracht sind. Ein Bogendraht wird im Schlitz jedes Brackets aufgenommen und bildet eine Bahn zum Führen der Zähne in die gewünschten Stellungen. Üblicherweise wird ein Satz von Vorrichtungen und ein Bogendraht für den oberen und unteren Zahnbogen des Patienten bereitgestellt und beide Zahnbögen werden gleichzeitig behandelt.

[0005] Heute gibt es zahlreiche Verfahren zum Auswählen von orthodontischen Vorrichtungen und Bogen-drähten und das jeweilige vom Arzt verwendete Auswahlverfahren hängt mit der orthodontischen Technik zusammen, die im Verlauf der kieferorthopädischen Behandlung verwendet werden soll. Eine beliebte Technik ist beispielsweise als Technik mit „geradem Draht“ bekannt, bei der Brackets mit Schlitzten verwendet werden, die in einer gemeinsamen Ebene liegen sollen, wenn die Zähne in die gewünschten endgültigen Stellungen geschoben wurden. Obwohl die Schlitzte der Brackets zu Behandlungsbeginn aufgrund der verschiedenen Fehlstellungen der Zähne nicht ausgerichtet sind, bietet die inhärente Elastizität des Bogendrahts eine Wiederherstellungskraft, die dazu neigt, den Bogendraht und somit auch die Schlitzte der zugehörigen Brackets so zu bewegen, dass sie in einer gemeinsamen Ebene ausgerichtet sind.

[0006] Bei der oben beschriebenen Technik mit dem geraden Draht hat jedes der ausgewählten Brackets eine bestimmte „Verordnung“, die bestimmte Eigenschaften des Brackets darstellt. Die Verordnung kann zahlreiche unterschiedliche Aspekte oder Merkmale des Brackets beinhalten, beispielsweise die Größe des Bogendrahtschlitzes und die Orientierung des Schlitzes relativ zu einem Boden des Brackets, der auf der Zahnoberfläche befestigt werden soll. Die Verordnung, welche die Orientierung des Bogendrahtschlitzes relativ zum Boden beschreibt, kann Werte für Drehmoment, Winkel und Drehung umfassen. Hinsichtlich der Zahnbewegung wird „Drehmoment“ häufig als Kippbewegung der Längsachse des Zahns in bukkolabialer-lingualer Richtung (d.h. in Richtung auf die Lippen oder Wangen des Patienten und die Zunge des Patienten und von dieser weg), beschrieben; „Winkel“ wird häufig als Kippbewegung der Längsachse des Zahns in mesialer und distaler Richtung (d.h. auf die Mitte des Zahnbogens des Patienten und von diesem weg) beschrieben, und „Drehung“ wird häufig als Drehbewegung des Zahns um seine Längsachse beschrieben.

[0007] Die Verordnung von orthodontischen Zahnspangen schwankt häufig von Zahn zu Zahn. Beispielsweise ziehen es viele Ärzte vor, dass die Längsachsen der unteren Vorderzähne so aufrecht wie möglich stehen und deshalb verordnen sie für diese Zähne ein Bracket mit einem Drehmoment und Winkelwerten, die relativ klein sind. Dagegen haben die oberen mittleren Schneidezähne normalerweise geneigte Längsachsen. Des-

halb verordnet der Arzt obere mittlere Brackets mit etwas größeren Drehmoments- und Winkelwerten. Die gewünschte Verordnung kann aber von einem Kieferorthopäden zum nächsten abweichen. Darüber hinaus weicht die Verordnung in einigen Fällen auch von der normalen Praxis des Arztes ab, um die anfängliche Stellung eines Zahn, die Lokalisation benachbarter Zähne oder die Orientierung von gegenüberliegenden Zähnen für einen bestimmten Patienten zu berücksichtigen.

[0008] Eine andere Art von orthodontischer Zahnsperre ist als Positionierer bekannt und umfasst ein elastomeres Material, das wie eine Schale geformt ist. Die Schale hat eine Reihe von benachbarten Hohlräumen zur Aufnahme der Zähne. Jeder Zahn wird in einem eigenen Hohlraum aufgenommen und die Elastizität des elastomeren Materials schiebt die Zähne in die gewünschten Stellungen. Ein Beispiel für einen orthodontischen Positionierer ist in US Patent Nr. 5.055.039 beschrieben.

[0009] Orthodontische Positionierer werden häufig im Labor aus einem Stück elastomeren Material hergestellt. Ein Verfahren zur Herstellung eines Positionierers umfasst einen ersten Schritt der Herstellung eines Abdrucks des Zahnbogens des Patienten mit einem Abdruckmaterial. Ein Modell des existierenden Zahnbogens des Patienten wird dann aus dem gehärteten Abdruck hergestellt. Anschließend werden Zähne des Modells weggeschnitten und in den gewünschten Orientierungen in Wachs umgesetzt. Das Stück elastomeres Material wird dann über die umgesetzten Modellzähne geformt, um eine maßangepasste Schale zu erzeugen. Das elastische Material ist nachgiebig und besitzt ein inhärentes Gedächtnis, aber vorzugsweise ist es ausreichend steif, um sanften Druck auf die Zähne auszuüben, wenn die Schale über den Zahnbogen des Patienten gesetzt wird. Der von der Schale auf die Zähne ausgeübte Druck schiebt die Zähne im Zeitverlauf in die gewünschten Stellungen.

[0010] US A 6.068.482 bezieht sich auf ein computergestütztes dentales Aufzeichnungsverfahren, bei dem die Zähne eines Patienten als zweidimensionales Bild dargestellt, ein erstes dreidimensionales computerisiertes Zahnmodell visuell auf das zweidimensionale Bild der Zähne des Patienten gelegt, das dreidimensionale Bild interaktiv angepasst und das angepasste graphische Computermodell der Zähne als Dentalaufzeichnung gespeichert wird.

[0011] WO 99/34747 betrifft ein Verfahren für die virtuelle orthodontische Behandlung, bei dem ein virtueller Satz von orthodontischen Komponenten in einem virtuellen Raum einem ersten virtuellen dreidimensionalen Bild der Zähne zugeordnet wird, wonach die Wirkung der virtuellen Behandlung anhand eines Regelsatzes, der die Wirkung der Zähne des Komponentensatzes definiert, berechnet werden kann.

[0012] US Patent Nr. 5.975 893 beschreibt ein Verfahren zum inkrementellen Verschieben von Zähnen mit einer Reihe von Polymerschalen in aufeinanderfolgender Reihenfolge. Die Schalen werden im Computer entworfen, um eine Mehrzahl von verschiedenen intermediären Zahnanordnungen und eine endgültige Zahnanordnung zu liefern. Jede Schale ist ausreichend elastisch, um korrigierende Kräfte auszuüben, um die Zähne in relativ kleinen Schritten zu der gewünschten endgültigen Zahnanordnung zu schieben.

[0013] In der Vergangenheit wählten Kieferorthopäden häufig Verordnungen für Zahnsperren aufgrund ihrer eigenen Kenntnisse aus vergangenen Behandlungsergebnissen mit anderen Patienten und nach Überprüfung der in der Literatur berichteten Ergebnisse. Einige Patienten haben aber spezielle Probleme, so dass der Verweis auf Techniken, die in der Vergangenheit erfolgreich angewendet wurden, für bestimmte Patienten in der Zukunft nicht unbedingt geeignet ist. Beispielsweise kann ein Kraftmodul in einem bestimmten Fall erwünscht sein, um die Verschiebung der Zähne zu unterstützen, und das Kraftmodul kann die endgültigen Stellungen der Zähne soweit beeinflussen, dass die Verordnung geändert werden sollte.

[0014] Die Problem der Auswahl einer orthodontischen Verordnung wird darüber hinaus auch noch durch die Art der orthodontischen Behandlung erschwert, weil die Behandlungsergebnisse erst nach einiger Zeit erkennbar sein können. Die Verschiebung der Zähne erfolgt langsam während der orthodontischen Therapie, um die Schmerzen des Patienten zu verringern und dem Knochen ausreichend Zeit zum Wachsen zu geben, damit er jeden Zahn in seiner neuen Stellung fixieren kann. Dadurch ziehen es die Ärzte vor sicherzustellen, dass die zunächst gewählte Verordnung der Zahnsperre die Zähne befriedigend in die gewünschten endgültigen Orientierungen schieben kann.

[0015] Darüber hinaus ist es manchmal für die Ärzte schwierig, die Wirkungen von Zahnbewegungen vorherzusagen, wenn die Verordnung der Zahnsperre geändert wird. Das Problem der Vorhersage der Zahnbewegung wird noch durch die Tatsache verstärkt, dass die Zahnwurzeln für gewöhnlich nicht sichtbar sind. Ferner ist die räumliche Erkennung der Zahnbewegung in drei Dimensionen schwierig, insbesondere wenn diese

Zahnbewegung durch die Stellungen der benachbarten Zähne entlang des Zahnbogens beeinflusst werden kann.

[0016] Es versteht sich, dass es wünschenswert wäre, ein System zur Erleichterung der Auswahl einer maßangepassten orthodontischen Zahnspange und insbesondere ein System zur Erleichterung der Auswahl einer Verordnung für eine maßangepasste orthodontische Zahnspange bereitzustellen. Vorzugsweise wäre ein solches System leicht anzuwenden und es würde das Verständnis der Langzeitwirkungen der jeweils gewählten Zahnspange erleichtern. Darüber hinaus sollte ein solches System zur Verwendung mit jeder Art von Zahnspange, einschließlich Positionierer, eine Reihe von maßangepassten Schalen, Systeme mit Brackets und Bogendrahten und andere Arten von Zahnspangen, anpassbar sein.

Zusammenfassung der Erfindung

[0017] Die vorliegende Erfindung betrifft Verfahren und eine Apparatur zur Erleichterung der Auswahl einer maßangepassten orthodontischen Zahnspange.

[0018] Erfindungsgemäß werden Bilder der Zähne in Orientierungen bei einem Schritt der orthodontischen Behandlung, der vor einem endgültigen Schritt liegt, dargestellt. Der Schritt kann ein erster Schritt oder ein Zwischenschritt sein. Bilder der Zähne werden auch in Orientierungen angezeigt, die endgültige Orientierungen beim Abschluss der Behandlung mit einer bestimmten Zahnspange darstellen. Die Bilder in der fertigen Stellung und in der Stellung des vorhergehenden Schritts werden gleichzeitig angezeigt, vorzugsweise in kontrastierenden Bildern, so dass die Wirkung der jeweiligen Zahnspange auf die Zähne leicht beobachtet werden kann.

[0019] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Auswahl einer maßangepassten orthodontischen Zahnspange, wobei dieses Verfahren folgendes umfasst:

Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens repräsentativ ist;

Anzeigen mindestens eines Zahns des Zahnbogens als erstes Bild in einer Orientierung, wie sie in einer Stufe der orthodontischen Behandlung erscheint, die einer endgültigen Stufe der orthodontischen Behandlung vorausgeht;

Auswählen einer bestimmten Gruppe von orthodontischen Apparaturen für den Zahnbogen, wobei die bestimmte Gruppe von Apparaturen einen Bogendraht mit einer bestimmten Verordnung und eine Anzahl von Brackets aufweist, wobei jede der Brackets der bestimmten Gruppe einem der Zähne entspricht und eine bestimmte Verordnung aufweist;

Bestimmen von Endstellungen der Zähne, wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn die Brackets der bestimmten Gruppe an entsprechenden Zähnen angebracht sind, der Bogendraht der bestimmten Gruppe mit den Brackets der bestimmten Gruppe verbunden ist und die Zähne sich als Reaktion auf Kräfte, die auf die Brackets der bestimmten Gruppe ausgeübt wurden, bewegt haben; und

Anzeigen mindestens eines Zahns in seiner bestimmten Endstellung als Bild, wobei mindestens ein Teil jedes Unterschieds in den Orientierungen der Zähne in den angezeigten Endstellungen als Bild erscheint, das im Kontrast steht zu dem Bild der Zähne in den angezeigten Stellungen der vorausgehenden Stufe, derart dass die Wirkung der bestimmten Gruppe von Apparaturen beobachtet werden kann.

[0020] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Auswählen einer maßangepassten orthodontischen Zahnspange, wobei dieses Verfahren folgendes umfasst:

Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens repräsentativ ist;

Anzeigen mindestens eines Zahns des Zahnbogens als erstes Bild in einer Orientierung, wie sie in einer ersten Stufe der orthodontischen Behandlung erscheint;

Auswählen einer Zahnspange für den Zahnbogen, wobei die Zahnspange eine bestimmte Verordnung aufweist;

Bestimmen von zweiten Stellungen der Zähne, wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn die Zahnspange in der Mundhöhle befestigt ist und die Zähne sich als Reaktion auf Kräfte, die von der Zahnspange ausgeübt wurden, bewegt haben; und

Anzeigen mindestens eines Zahns in seiner zweiten Stellung als Bild, wobei jeder Unterschied in den angezeigten zweiten Stellungen als Bild erscheint, das im Kontrast steht zu dem Bild der Zähne in den angezeigten ersten Stellungen, derart dass die Wirkung der bestimmten Gruppe von Apparaturen beobachtet werden kann.

[0021] Die vorliegende Erfindung betrifft auch ein computerlesbares Medium, das greifbar ein Programm verkörpert, das zur Durchführung einer Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Zahnspange ausgeführt werden kann. Das computerlesbare Medium umfasst einen Datensatz, der für eine Anzahl von Zähnen

des Zahnbogens repräsentativ ist, und eine erste Vorrichtung zum Anzeigen von Bildern mindestens eines Teils der Zähne in Stellungen, wie sie in einer ersten Stufe der orthodontischen Behandlung erscheinen könnten. Das computerlesbare Medium umfasst ferner eine zweite Vorrichtung zum Anzeigen von Bildern mindestens eines Teils der Zähne in zweiten Stellungen, wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn eine bestimmte Gruppe von orthodontischen Apparaturen an den Zähnen befestigt ist. Die zweite Vorrichtung weist Mittel zum gleichzeitigen Anzeigen mindestens eines Teils derselben Zähne in den Stellungen der ersten Stufe und in den Stellungen der zweiten Stufe auf. Mindestens ein Teil der Bilder der angezeigten Zähne in der Stellung der ersten Stufe und in der Stellung der zweiten Stufe sind übereinander gelegt.

[0022] Weitere Einzelheiten der Erfindung sind in den Merkmalen der Ansprüche definiert.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0023] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das die Gesamtschritte eines Computerprogramms zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Zahnspange zeigt;

[0024] [Fig. 2](#) ist eine vordere Draufsicht auf ein Beispiel einer Art von orthodontischer Zahnspange, die auf einem oberen Zahnbogen eines Patienten befestigt ist, und im vorliegenden Fall weist die Zahnspange eine Anzahl von Brackets mit einem in den Schlitzen jedes Brackets aufgenommenen Bogendraht auf;

[0025] [Fig. 3](#) zeigt ein Beispiel einer Art von Anzeige der Informationen zur Unterstützung der Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Zahnspange;

[0026] [Fig. 4](#) ist eine vergrößerte seitliche Draufsicht durch einen Teil des in der Anzeige in [Fig. 3](#) gezeigten Bildes;

[0027] [Fig. 5–Fig. 7](#) sind jeweils ein detaillierteres Blockdiagramm eines Teils des allgemein in [Fig. 1](#) gezeigten Programms, das sich auf die Schaffung eines geometrischen Bezugspunkts auf den Modellzähnen bezieht;

[0028] [Fig. 8–Fig. 10](#) sind vordere Draufsichten, seitliche Draufsichten und Unteransichten eines Modellzahns, die ein Beispiel für die Erstellung des in [Fig. 5–Fig. 7](#) beschriebenen Koordinatensystems zeigen;

[0029] [Fig. 11–Fig. 13](#) sind vordere Draufsichten, seitliche Draufsichten und Unteransichten eines beispielhaften resultierenden Zahn-Koordinatensystems, das für einen einzelnen Zahn mit dem in [Fig. 5–Fig. 7](#) aufgeführten Programm erhalten wurde;

[0030] [Fig. 14–Fig. 15](#) zeigen ein detaillierteres Blockdiagramm eines anderen Teils des Programms aus [Fig. 1](#) und beschreiben ein Beispiel für ein Verfahren zur Schaffung eines geometrischen Bezugspunkts auf einer Zahnbogenform;

[0031] [Fig. 16](#) ist eine Draufsicht auf einen Quadrant einer Zahnbogenform, die die Erstellung beispielhafter Koordinatensysteme entlang der Zahnbogenform durch Befolgung der in Block **14–15** beschriebenen Methode zeigt;

[0032] [Fig. 17](#) ist eine vergrößerte Fragmentansicht eines Teils der Zahnbogenform und zwei der in [Fig. 16](#) gezeigten Koordinatensysteme;

[0033] [Fig. 18](#) ist eine vergrößerte Ansicht, die einen Teil eines der in [Fig. 17](#) gezeigten Koordinatensystem zeigt;

[0034] [Fig. 19](#) ist eine vergrößerte Fragmentansicht im Querschnitt eines Bogendrahts, der in einem Schlitz einer orthodontischen Zahnspange aufgenommen ist, und sie zeigt beispielhaft die Bewegung des Bogendrahts im Schlitz in eine nicht ausgerichtete Stellung;

[0035] [Fig. 20–22](#) ist ein detaillierteres Blockdiagramm eines anderen Teils des Programms aus [Fig. 1](#), das ein Beispiel für ein Verfahren zur Schaffung eines virtuellen Zahndurchbruchs und Okklusion zeigt;

[0036] [Fig. 23](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Zahnbogenform und eines einzelnen Modellzahns, die ein Beispiel für die Verwendung der Koordinatensystem zum Befestigen des Modellzahns an die Zahnbogenform in einer bestimmten Orientierung zeigt; und

[0037] Fig. 24 ist eine Ansicht, die etwas Fig. 23 ähnelt, mit der Ausnahme, dass alle Modellzähne in dem Quadrant auf der Zahnbogenform angeordnet wurden.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0038] Ein Verfahren zum Auswählen einer maßangepassten orthodontischen Zahnspange ist grob durch das Fließdiagramm in Fig. 1 beschrieben und wird mit der Zahl 30 bezeichnet. Das Verfahren beinhaltet die Erzeugung eines Datensatzes, der für die Zahnfehlstellung des Patienten repräsentativ ist (Block 31). Der Datensatz kann mit jedem im Stand der Technik bekannten Mittel erhalten werden.

[0039] Beispielsweise kann der für die Zahnfehlstellung repräsentative Datensatz durch Verwendung einer intraoralen Kamera erzeugt werden, die in der Mundhöhle des Patienten gehalten wird, oder durch Verwendung eines Röntgengeräts oder einer anderen Art von Strahlengerät. Alternativ kann der Satz von elektronischen Daten durch Verwendung einer Kontaktsonde erhalten werden, die an die Oberfläche der Zähne des Patienten an mehreren Stellen eingreift.

[0040] Als weitere Alternative können die für die Zahnfehlstellung des Patienten repräsentativen Daten erhalten werden, indem zunächst ein Abdruck der Zähne des Patienten mit einem härtbaren Abdruckmaterial angefertigt wird. Danach wird ein Datensatz erhalten, indem der Abdruck mit einer Kamera oder einer anderen Vorrichtung oder durch Verwendung des in PCT veröffentlichter Anmeldung Nummer WO 97/03622 beschriebenen Geräts gescannt wird. Als weitere Option kann ein Steinmodell aus dem resultierenden Abdruck hergestellt werden und der Datensatz wird dann durch Scannen des Modells, durch Verwendung eines mechanischen Profilometers, der das Modell mechanisch abfühlt, oder durch Verwendung des in PCT Anmeldung WO 97/03622 beschriebenen Geräts erhalten.

[0041] Der für die Zahnfehlstellung repräsentative Datensatz wird wie in Block 32 gezeigt gespeichert. Wahlweise werden die Zähne mit der Fehlstellung als visuelles Bild wie in Block 33 gezeigt angezeigt. Das Bild wird vorzugsweise auf einem Computerbildschirm angezeigt, aber es sind auch andere Methoden zum Darstellen oder Anzeigen von Informationen möglich. Beispielsweise können die Bilder von einem Drucker ausgedruckt oder auf einen Bildschirm projiziert werden.

[0042] Danach und wie in Block 34 gezeigt werden Daten erhalten, die separat jede der Zahnkronen des Patienten repräsentieren. Die einzelnen Kronendaten werden erhalten, indem die die Zähne mit den Fehlstellungen repräsentierenden Daten in einzelne Datensätze, die jeden Zahn repräsentieren, getrennt werden. Jeder Zahn wird nach Zahntyp identifiziert, beispielsweise unterer rechter erster Molar oder oberer linker Eckzahn. Die Zähne könnten durch Eingabe des Arztes identifiziert werden. Beispielsweise kann ein Programm bereitgestellt werden, das es dem Arzt ermöglicht, den Cursor über das Bild der Zähne mit der Fehlstellung auf einem Computerbildschirm zu legen und dann die entsprechende Identität des Zahns auszuwählen oder einzugeben. Alternativ kann der Computer jedem Zahn eine Identität in sequentieller Reihenfolge entlang der Zahnbögen zuordnen, nachdem der Arzt überprüft hat, dass alle erwarteten Zähne auf dem Bild vorhanden sind.

[0043] Wie in Block 35 gezeigt wird dann ein Satz von Daten, die für die einzelnen Zähne repräsentativ sind, aus den Daten erhalten, die die einzelnen Kronen repräsentieren. Vorzugsweise beinhalten die Daten, die die Zähne repräsentieren wie in Block 35 dargestellt die gesamte Struktur des Zahns, einschließlich aller Teile der Zahnwurzeln oder Wurzeln. Dieser Datensatz kann mit jedem geeigneten Mittel erstellt werden. Beispielsweise könnte dieser Datensatz bereitgestellt werden, indem bestimmte Daten aus einer Bank von generischen Zahnmodelldaten ausgewählt werden. Wahlweise könnte der Arzt einen Modellzahn mit einer Krone auswählen, deren Größe und Konfiguration der entsprechenden tatsächlichen Zahnkrone des Patienten ähnelt. Wenn der Patient beispielsweise einen oberen linken Seitenzahn mit einer Krone hat, die relativ schmal ist, wird ein Modell eines oberen linken Seitenzahns mit einer Krone mit einer ähnlich schmalen Form aus einer Vielzahl von oberen seitlichen Modellzähnen ausgewählt.

[0044] Als weiteres Beispiel können die Daten, die für die Zähne repräsentativ sind wie in Block 35 gezeigt durch Verwendung von Daten für einen Modellzahn bereitgestellt werden, dessen Abmessungen je nach Bedarf an den tatsächlichen Zahn des Patienten angepasst sind. In diesem Beispiel werden Daten, die ein Zahnmodell repräsentieren, aus einer Zahnbank erhalten. Die Daten werden dann nach Bedarf verändert, um die Größe des Zahnmodells entlang ein oder mehreren Referenzachsen zu vergrößern oder zu verkleinern, bis das Zahnmodell in Größe und/oder Form dem entsprechenden Zahn des Patienten ähnelt.

[0045] Der Skalivorgang (d.h. die Manipulation der Daten zur Vergrößerung oder Verkleinerung des Modell-

zahns entlang ein oder mehreren Achsen) kann vom Arzt durch visuellen Vergleich des Bilds des Modellzahns mit dem Aussehen des tatsächlichen Patienten durchgeführt werden. Alternativ kann der Skaliervorgang mit Software durchgeführt werden, die die Abmessungen des Modellzahns entlang ein oder mehreren Achsen als Reaktion auf einen Vergleich der elektronischen Daten, die für den tatsächlichen Zahn des Patienten repräsentativ sind. Der Skaliervorgang wird für jeden Zahn im Zahnbogen je nach Bedarf durchgeführt.

[0046] Wahlweise können Daten, die für die Krone der tatsächlichen Zähne des Patienten repräsentativ sind, mit den Daten vereint werden, die für die Wurzeln der Modelzähne repräsentativ sind, die aus einer Bank von Zahnwurzeln ausgewählt wurden. Wenn gewünscht können die die Zahnwurzelmodell repräsentierenden Daten je nach Bedarf entsprechend Richtungen entlang ein oder mehrerer Referenzachsen verändert werden, bis das Zahnwurzelmodell in Größe und/oder Form der entsprechenden Zahnwurzel des Patienten ähnelt oder bis es die richtige Größe und/oder Form zum Anpassen an die entsprechenden Kronen aufweist. Der Skaliervorgang der Zahnwurzel kann wie oben beschrieben durchgeführt werden.

[0047] Vorzugsweise beinhaltet die Bereitstellung eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens wie in Block **35** gezeigt repräsentativ ist, die Bereitstellung von Daten, die die Oberfläche der Zähne repräsentieren oder ihr zumindest nahe kommen. Die Oberflächendaten könnten Teil eines soliden Modells, eines Modells mit Oberflächenbehandlung, eines Drahtgerüstmodells oder eines Modells mit Punktrüblings-Oberflächendaten sein. Vorzugsweise werden Oberflächendaten in den unten aufgeführten Schritten verwendet, um ein Bild zu liefern, das dem Aussehen der natürlichen Zähne sehr nahe kommt.

[0048] Eine erste orthodontische Zahnsperre wird dann wie in Block **36** gezeigt ausgewählt. Die Zahnsperre kann von jeder vom Arzt gewünschten Art sein. Beispielsweise kann die erste Zahnsperre ein System aus geschlitzten orthodontischen Bracket mit einem Bogendraht sein, der in den Schlitzen des Brackets aufgenommen wird. In diesem Fall würde der Arzt auch die Verordnung der Brackets und des Bogendrahts auswählen.

[0049] Die Verordnung der orthodontischen Zahnsperre kann eine beliebige Anzahl von Werten enthalten, die bestimmte strukturelle Merkmale, Dimensionsmerkmale, Materialeigenschaften oder andere Aspekte des Brackets darstellen. Beispielsweise kann die Verordnung Werte beinhalten, die Drehmoment, Winkelstellung und Drehung des Bracket darstellen. Die Verordnung des Brackets kann auch einen „Ein/Aus“-Wert beinhalten, der beispielsweise den kürzesten Abstand zwischen der lingualen Seite des Bogendrahtschlitzes und der nach außen weisenden Seite des Bracketbodens darstellen kann, der mit der Oberfläche des Zahns des Patienten in Kontakt kommen soll oder direkt daneben liegen soll. Die Verordnung für das Bracket kann auch andere Aspekte beinhalten, beispielsweise die labial-linguale Tiefe des Bogendrahtschlitzes, die okklusale-gingivale Breite des Bogendrahtschlitzes und die mesial-distale Länge des Bogendrahtschlitzes. Die Verordnung des Brackets kann wahlweise auch das Bracketmaterial und/oder das Material der den Bogendrahtschlitz definierenden Struktur (wie z.B. eine Bogendrahtschlitzauskleidung) und die Art oder Klassifikation der Apparatur (d.h. ein „Begg“ Bracket, ein Doppelbracket oder ein Bracket mit Drehflügeln) beinhalten. Die Verordnung des Brackets kann auch lineare und/oder Winkeltoleranzen der verschiedenen Dimensionen und Winkelstellungen beinhalten.

[0050] Die Verordnung für einen Bogendraht kann analog eine beliebige Anzahl von Werten enthalten, die bestimmte strukturelle Merkmale, Dimensionsmerkmale, Materialeigenschaften oder andere Aspekte des Bogendrahts darstellen. Beispielsweise kann die Verordnung Werte beinhalten, die die Form des Bogendrahts darstellen, beispielsweise die Querschnittsform (ob rund, rechteckig oder quadratisch) und die Gesamtform in der normalerweise entspannten Konfiguration (d.h. ob er im entspannten Zustand in einer flachen Ebene liegt oder ob er so konstruiert ist, dass er im entspannten Zustand eine Spee-Umkehrkurve aufweist). Darüber hinaus kann die Verordnung des Bogendrahts seine Gesamtabmessungen im entspannten Zustand und seine Querschnittsabmessungen (beispielsweise sein Durchmesser für einen Bogendraht mit runder Querschnittskonfiguration und seine Breite und Tiefe für Bogendrahte mit einer rechteckigen Querschnittskonfiguration) beinhalten. Die Verordnung für den Bogendraht kann auch seine Zusammensetzung, Steifheit und/oder Werte beinhalten, die Reibungsmerkmale des Bogendrahts im Gebrauch repräsentieren.

[0051] Wie hierin verwendet beinhaltet der Begriff „Bracket“ Brackets für die Vorderzähne, Eckzähne und Prämolaren des Patienten und orthodontische Röhren wie Bukkalröhren. Bukkalrohr-Brackets werden üblicherweise auf den Molaren des Patienten befestigt und sie nehmen die Enden des Bogendrahts auf. Wahlweise sind die Bukkalröhren konvertierbar. Bei konvertierbaren Röhren kann der röhrenförmige Durchgang vom Arzt auf Wunsch „geöffnet“ werden, um einen Schlitz zu schaffen, der auf einer Seite wie z.B. der bukkolabialen Seite offen ist.

[0052] Ein Beispiel für ein System von Brackets und Bogendrähten ist in [Fig. 2](#) gezeigt. In [Fig. 2](#) ist ein Zahnbogen **60** eines Patienten mit einer ersten Zahnspange **62** gezeigt. Die erste Zahnspange **62** umfasst einen Satz von Brackets **64**, die jeweils mit einem Zahn **66** des Zahnbogens **60** verbunden sind. Bukkalrohr-Brackets **68** sind auf den Molaren des Zahnbogens **60** befestigt. Die Brackets **64**, **68** haben Schlitz- oder Kerben zur Aufnahme eines Bogendrahts **70**. Obwohl in [Fig. 2](#) nur ein oberer Zahnbogen gezeigt ist, versteht sich in dieser Hinsicht, dass eine Zahnspange ähnlich der Zahnspange **62** auch am unteren Zahnbogen des Patienten befestigt werden kann.

[0053] Der Bogendraht **70** wird an den Brackets **64**, **68** durch eine Ligationsstruktur, beispielsweise durch Drahtknoten oder winzige elastomere O-Ringe wie in [Fig. 2](#) befestigt. Alternativ können die Brackets **64**, **68** von der als „selbstligierende“ Brackets bekannten Art sein, die Gleitklemmen oder andere Arten von Verriegelungen zum Festhalten des Bogendrahts **70** aufweisen. Der Bogendraht **70** bildet eine Bahn zur Führung der Bewegung der Brackets **64**, **68** und der zugehörigen Zähne in Stellungen, die vom Arzt ausgewählt wurden.

[0054] Als Alternative kann die erste orthodontische Zahnspange ein anderes System sein als das System mit Brackets und Bogendrähten. Beispielsweise kann die erste Zahnspange ein orthodontischer Positionierer sein. Beispiele für geeignete Positionierer sind in US Patent Nr. 5.055.039 und 5.975.893 beschrieben.

[0055] Der vom Arzt gewählte orthodontische Positionierer hat eine bestimmte Verordnung mit ein oder mehreren Aspekten. Beispiele für diese Aspekte sind Lokalisation, Orientierung und/oder Form von Vertiefungen im Positionierer, die die Zähne des Patienten aufnehmen, wenn der Positionierer in der Mundhöhle angeordnet ist. Andere Aspekte der Verordnung können die Steifheit des Materials des Positionierer, die Zusammensetzung des Materials und gegebenenfalls die Größe und Platzierung von Leerräumen umfassen.

[0056] Anschließend wird ein Datensatz von ersten Stellungen der Zähne wie in Block **38** gezeigt erzeugt. Die ersten Stellungen der Zähne sind für die Zahnorientierungen repräsentativ, wie sie erscheinen, wenn die erste orthodontische Zahnspange mit den Zahnmodellen wie in Block **32** gezeigt verbunden ist und sich die Modellzähne in eine endgültige Anordnung als Reaktion auf die auf die Zähne ausgeübte Kraft bewegt haben. In der Praxis müssen die Zahnmodelle und die erste Zahnspange nicht körperlich miteinander verbunden sein und sie müssen nicht einmal in einem Bild miteinander verbunden sein. Statt dessen ist es lediglich notwendig, dass der Datensatz, der die ersten Stellungen der Zähne repräsentiert, die endgültigen Stellungen repräsentiert, die diese Zähne annehmen oder fast annehmen, wenn hypothetisch die erste Zahnspange in ihrer physischen Form konstruiert wird und auf den tatsächlichen Zähnen des Patienten befestigt oder anderweitig damit verbunden wird. Ein Beispiel für ein Verfahren zur Bestimmung der ersten Stellungen der Zähne ist in einem folgenden Abschnitt unten beschrieben. Vorzugsweise wird der Datensatz von endgültigen Stellungen der Zähne in dem Speicher wie in Block **39** gezeigt gespeichert. Vorzugsweise werden die Daten und der Speicher wie in Block **39** und Block **32** gezeigt in einer Datei aufbewahrt (oder mit einer Datei assoziiert), die andere Informationen des jeweiligen Patienten enthält, beispielsweise Informationen über die zahnmedizinische oder medizinische Krankengeschichte, andere Informationen über die Zähne des Patienten und/oder Informationen über die Adresse des Patienten, Kontaktdaten für Notfälle und Rechnungsstellung.

[0057] Die endgültigen Stellungen der Zähne werden wahlweise wie in Block **40** gezeigt angezeigt. Die Informationen können durch Anzeige auf einem Bildschirm, durch Ausdrucken mit einem Drucker bekannt gemacht oder anderweitig an den Anwender kommuniziert werden. Beispielsweise kann der Arzt sich dafür entscheiden, numerische Daten anzusehen, die die Orientierung von einigen oder allen Zähnen in der endgültigen Stellung repräsentieren. In diesem Beispiel kann der Arzt beispielsweise daran interessiert sein herauszufinden, ob der untere linke Eckzahn unter dem Einfluss der ersten Zahnspange in eine bestimmte Winkeldrehung gedreht wurde. Wenn der Arzt mit den angezeigten endgültigen Stellungen der Zähne zufrieden ist, kann die Wahl einer zweiten Zahnspange für Vergleichszwecke überflüssig sein.

[0058] Vorzugsweise werden wie in Block **41** gezeigt dem Arzt Bilder zur Verfügung gestellt, die mindestens einen Zahn in einer ersten Stellung und gleichzeitig mindestens einen Zahn in einer zweiten Stellung zeigen. Wahlweise aber nicht unbedingt notwendig repräsentiert die erste Stellung die „Original“-Stellung des Zahns vor der orthodontischen Behandlung und die zweite Stellung repräsentiert die „endgültige“ Stellung des Zahns am Ende der orthodontischen Behandlung. Es sind aber auch andere Alternativen möglich. Beispielsweise kann die erste Stellung und/oder die zweite Stellung eine Stellung des Zahns in einer bestimmten Zwischenstufe der Behandlung sein. Die Bilder werden vorzugsweise auf einem Computerbildschirm angezeigt, aber es sind auch andere Methoden zur Darstellung oder zum Anzeigen der Informationen möglich. Beispielsweise können die Bilder mit einem Drucker ausgedruckt, auf einen Bildschirm projiziert oder mit anderen Mitteln angezeigt werden.

[0059] Mindestens ein Teil der Bilder werden relativ zueinander überlagert, derart dass mindestens ein Zahn in der ersten Stellung entweder direkt über oder unter demselben Zahn in der zweiten Stellung angezeigt wird. Somit können Unterschiede in den Orientierungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Stellung und der zweiten Stellung problemlos verglichen werden. Der Unterschied in den Stellungen ist ein Hinweis auf die therapeutische Wirkung der ersten Zahnspange über den Zeitverlauf.

[0060] Vorzugsweise erscheint jeder Unterschied in den Orientierungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Stellung und der zweiten Stellung im Kontrast zur Erleichterung der visuellen Identifizierung der Wirkung der ersten Zahnspange. Beispielsweise kann der Bildkontrast als Farbkontrast auf dem Bildschirm, Leinwand oder Ausdruck erscheinen. In diesem Beispiel kann ein Bild eines Modellzahns in der ersten Stellung rot und ein Bild des Modellzahns in der zweiten Stellung grün erscheinen.

[0061] Als weitere Alternative kann der Bildkontrast als Unterschied in der Art von Schattierung erscheinen, die verwendet wurde, um die Oberfläche des Zahns in der ersten Stellung und in der zweiten Stellung darzustellen. In diesem Beispiel können die Oberflächen der Bilder eine Reihe von diagonalen Linien für den Zahn in der ersten Stellung und ein gekreuztes Muster von Linien für den Zahn in der zweiten Stellung beinhalten. Als weitere Alternative kann der Bildkontrast als Unterschied im Aussehen des Perimeters der Bilder erscheinen, beispielsweise als gestrichelte Linien oder rote Linien für den Perimeter des Zahns in der einen Stellung und als gepunktete Linien oder grüne Linien für den Perimeter des Zahns in der anderen Stellung.

[0062] Als weitere Alternative kann der Bildkontrast durch die übereinandergelegten Teile der beiden transparenten oder halbtransparenten Bilder erscheinen.

[0063] Beispielsweise kann ein Bild eine halbtransparente erste Farbe und das zweite Bild eine halbtransparente zweite Farbe aufweisen. Wenn die erste Farbe und die zweite Farbe übereinander gelegt werden, erscheint eine dritte Farbe, die zu einem Farbkontrast zwischen der ersten Farbe und der zweiten Farbe führt. Die gleiche Wirkung kann auch mit anderen Methoden erreicht werden, beispielsweise durch Verwendung von zwei verschiedenen Kreuzschattierungen, die bei Kombination eine dritte Kreuzschattierung ergeben, die etwas anders aussieht.

[0064] [Fig. 3](#) ist ein Beispiel für die gleichzeitige Anzeige von Zähnen **66a**, **66b** in den ersten und zweiten Stellungen. Beispielsweise haben die in [Fig. 3](#) in der ersten Stellung gezeigten Zähne **66a** Oberflächen, die als einfache Oberflächen gezeichnet sind, während die in [Fig. 3](#) in der zweiten Stellung gezeigten Zähne **66b** Oberflächen haben, die gepunktet gezeichnet sind. Wie mit Bezug auf [Fig. 3](#) zu erkennen ist, sind die Unterschiede im Aussehen der Bilder der ersten und zweiten Stellungen der Zähne **66a**, **66b** entlang dem Zahnbogen sehr gut erkennbar und erleichtern sehr das Verständnis der therapeutischen Wirkung der ersten Zahnspange nach Bewegung der Zähne in die zweiten Stellungen. Obwohl die in [Fig. 3](#) gezeigten Stellungenunterschiede mit einfachen Oberflächen im Vergleich mit gepunkteten Oberflächen gezeigt sind, wird zurzeit bevorzugt, die Bilder als solide Objekte in kontrastierenden Farben auf ein Farbcomputerbildschirm oder einer anderen Form von Farbanzeige anzuzeigen, um die Wirkung oder das Ergebnis der ersten Zahnspange hervorzuheben.

[0065] [Fig. 4](#) ist eine seitliche Draufsicht über einen mittleren Abschnitt eines Zahns **66a** des in [Fig. 3](#) gezeigten Zahnbogens. Das Zahnbild **66a** zeigt den Zahn in seiner ersten Stellung, während das Zahnbild **66b** den Zahn in seiner zweiten Stellung zeigt. Vorzugsweise können der Computer und seine ihm zugeordnete Anzeigenausgabe angewiesen werden, die relativen Unterschiede zwischen der ersten Stellung und der zweiten Stellung für einen beliebigen Zahn im Zahnbogen zu zeigen und es kann wünschenswert sein, das Verständnis für die Wirkung der ersten Zahnspange zu verbessern. Darüber hinaus können der Computer und die ihm zugeordnete Anzeigenausgabe den Zahn **66a** entlang einer beliebigen Anzahl von Bezugsebenen außer der beispielsweise in [Fig. 4](#) gewählten Bezugsebene anzeigen.

[0066] Wie in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) gezeigt sind die kontrastierenden Bilder **66a**, **66b**, die gleichzeitig die ersten und zweiten Stellungen zeigen, besonders nützlich für das Verständnis der Bewegung der Zahnwurzeln, die mit dem bloßen Auge im Behandlungsverlauf nicht sichtbar sind. Beispielsweise kann ein kleines Drehmoment, das von einem gewählten Bracket ausgeübt wird, nicht zu signifikanten Unterschieden in den relativen Stellungen der sichtbaren Teile des Zahns (d.h. der Zahnkronen) führen. Der Unterschied zwischen der ersten und zweiten Stellung desselben Zahns entlang seiner Wurzel kann aber erheblich sein. Durch die Anzeige der gesamten Länge des Zahns in der ersten und zweiten Stellung kann der Arzt leicht die Wirkung der ersten Zahnspange beurteilen, so dass sich die Wahrscheinlichkeit erhöht, dass die gewählte Zahnspange das gewünschte Behandlungsergebnis bringt.

[0067] Wahlweise und wie in Block **42** gezeigt wählt der Arzt eine zweite orthodontische Zahnspange zum Vergleich mit der ersten ausgewählten Zahnspange. Die zweite ausgewählte Zahnspange kann der ersten ausgewählten Zahnspange etwas ähneln oder sie kann erheblich von dieser abweichen.

[0068] Beispielsweise können die ersten und zweiten Zahnspangen beide ein System von Brackets und Bogendrähnen aufweisen, wobei der einzige Unterschied zwischen der ersten und zweiten Zahnspange eine Komponente der Verordnung eines Brackets ist. Beispielsweise können die erste und zweite Zahnspange genau gleich sein, mit der Ausnahme, dass das Bracket für den unteren ersten rechten Prämolaren im ersten Satz ein Drehmoment von 12 Grad und das Bracket für den unteren ersten rechten Prämolaren des zweiten Satzes ein Drehmoment von 17 Grad aufweist. Die Verordnung kann sich aber auch in anderen Aspekten unterscheiden, beispielsweise im Hinblick auf Drehung, Winkelstellung oder eines der anderen oben erwähnten Aspekte.

[0069] Ferner kann sich die zweite orthodontische Zahnspange von der ersten orthodontischen Zahnspange unterscheiden. Beispielsweise kann die zweite orthodontische Zahnspange ein Positionierer sein und die erste orthodontische Zahnspange kann ein System aus Brackets und einem Bogendraht sein. Auch andere Kombinationen und Abwandlungen sind möglich.

[0070] Ein Satz von elektronischen Daten wird ebenfalls erstellt, der zweite Stellungen der Zähne wie in Block **44** gezeigt repräsentiert. Die zweiten Stellungen der Zähne sind für Stellungen der Zähne repräsentativ, die in Erscheinung treten würden, wenn die zweite orthodontische Zahnspange auf den Zähnen des Patienten angebracht ist und die Zähne sich in eine zweite (und wahlweise endgültige) Zahnanordnung unter dem Einfluss der zweiten Zahnspange bewegt haben. Der Datensatz aus zweiten Stellungen kann auf ähnliche Weise erzeugt werden wie der Datensatz, der für die ersten Stellungen wie oben beschrieben repräsentativ ist.

[0071] Vorzugsweise wird der in Block **44** erzeugte Datensatz wie in Block **45** gezeigt in einem Speicher gespeichert. Darüber hinaus werden die zweiten Stellungen der Zähne wahlweise wie in Block **46** gezeigt angezeigt. Block **45** und **46** können auf ähnliche Weise wie die Handlungen in Block **39** bzw. **40** wie oben beschrieben durchgeführt werden. Wahlweise werden die einzelnen Anzeigen wie in Block **33** und **46** zu sehen auch gleichzeitig gezeigt wie in Block **47** zu erkennen. Die gleichzeitige Anzeige in Block **47** wird mit kontrastierenden Bildern auf ähnliche Weise wie die oben mit Bezug auf Block **41** beschriebene gleichzeitige Anzeige durchgeführt.

[0072] In der Regel werden die einzelnen Anzeigen der zweiten Zahnstellungen wie in Block **40** und **46** gezeigt gleichzeitig angezeigt wie in Block **50** zu sehen. Deshalb enthält der Datensatz in Block **50** ein visuelles Bild der vorhergesagten endgültigen Stellungen der Zähne, wenn diese mit der ersten Zahnspange behandelt werden, und ein visuelles Bild der vorhergesagten zweiten endgültigen Stellungen der Zähne, wenn diese mit der zweiten Zahnspange behandelt werden. Die gleichzeitige Anzeige wie in Block **50** erläutert erfolgt unter Verwendung von kontrastierenden Bildern ähnlich wie die gleichzeitigen kontrastierenden Bildern, die oben mit Bezug auf Block **41** beschrieben wurden.

[0073] Aus der gleichzeitigen Anzeige der Bilder wie in Block **50** gezeigt kann der Arzt die Zahnspange auswählen, die am besten die Behandlungsziele erfüllt. Block **52** repräsentiert die Auswahl des Arztes und kann durch Eingabe über die Tastatur oder durch Bewegung einer Maus erfolgen, die „geklickt“ werden kann, wenn der Computer-Cursor auf das Bild der ausgewählten Zahnspange gesetzt wird. Die Identifizierung der ausgewählten Zahnspange wird im Speicher gespeichert und vorzugsweise in einer Datei abgelegt oder einer Datei zugeordnet, die andere Informationen über den jeweiligen Patienten enthält, beispielsweise die oben in Verbindung mit Block **42** und **44** beschriebenen verschiedenen Informationen.

[0074] Wahlweise kann dann ein Computer verwendet werden, um die ausgewählte Zahnspange oder die Komponenten der Zahnspange automatisch zu kaufen, um sie zu einer Liste von Gegenständen hinzuzufügen, die von einem Verkäufer erworben werden sollen. Beispielsweise kann der vom Arzt für diese Handlungen wie in Block **31** bis **52** aufgeführt verwendete Computer elektronisch (z.B. über Modem) mit einem Server des Herstellers oder Vertriebshändler verbunden sein. Der Kauf erfolgt vorzugsweise mit einem computer-generierten Bestellformular oder einem Bestellform, das mindestens teilweise digitale Daten entsprechend ein oder mehr Komponenten der ausgewählten Zahnspange entspricht. Beispielsweise kann die Bestellung eine Liste von Brackets und ein oder mehr Bogendrähne enthalten, die jeweils eine bestimmte Verordnung haben. Wahlweise kann der Computer so programmiert werden, dass er zunächst den Bestand des Arztes überprüft, um festzustellen, ob die gewählte Zahnspange (oder ihre Komponenten) zur Verfügung stehen und die Zahnspange für die Verwendung für den Patienten vorzumerken, wenn sie im Bestand vorhanden ist.

[0075] Alternativ können die ersten Stellungen der Zähne Zahnorientierungen repräsentieren, wie sie in einer ersten oder Zwischenstufe der orthodontischen Behandlung in Erscheinung treten können, und die zweiten Stellungen der Zähne können Zahnorientierungen repräsentieren, wie sie in einer weiteren Zwischenstufe der orthodontischen Behandlung oder in einer abschließenden oder vollendeten Stufe der orthodontischen Behandlung in Erscheinung treten können. In diesem Beispiel kann der Arzt daran interessiert sein, die Wirkung einer bestimmten orthodontischen Zahnspange zu untersuchen, wenn diese im Mund des Patienten befestigt ist, und die Bewegung der Zähne durch die Zahnspange zu beobachten. In diesem Beispiel ist die Auswahl einer zweiten orthodontischen Zahnspange fakultativ, aber für den Vergleich der relativen Wirkungen von zwei verschiedenen Zahnspangen kann sie auch wünschenswert sein.

[0076] Die vorstehenden Abschnitte zeigten Beispiele für Verfahren und Geräte zur Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Zahnspange. In den folgenden Abschnitten wird ein Beispiel für ein Verfahren zur Bestimmung der endgültigen Zahnstellungen gemäß der Verordnung der zur Überprüfung durch den Arzt ausgewählten Zahnspange beschrieben. Zur Bestimmung der endgültigen Zahnstellungen werden zunächst auf jedem Zahn und auf einer Zahnbogenform geometrische Bezugspunkte angebracht. Von diesen geometrischen Bezugspunkten wird eine virtuelle Dentition und Okklusion erzeugt.

Erzeugung eines geometrischen Bezugspunkts auf einem Zahn

[0077] Dieser Abschnitt beschreibt die Befestigung eines Koordinatensystems an einem Zahn. Zähne haben von Natur eine komplexe Geometrie und die Außenfläche des Zahns (beispielsweise die labiale Seite) weist in der Regel nicht die Form einer einfachen Kurve auf. Stattdessen verändert sich der Radius in der Regel zu den verschiedenen Teilen der Zahnoberfläche.

[0078] Das in diesem Abschnitt beschriebene Koordinatensystem ist in der mesial-distalen Ebene tangent, in der okklusal-gingivalen Ebene tangent und orthogonal zu den beiden Ebenen über einen bestimmten Perimeter. Der gewählte Perimeter kann sehr klein oder relativ groß sein. Beispielsweise kann der Perimeter 0,0001 Inch (0,0025 mm) sein oder er kann der Größe eines Bracketbodens entsprechen. Als weitere Option kann der Perimeter irgendwo zwischen diesen beiden Werten liegen oder auch größer oder kleiner sein.

[0079] [Fig. 5–Fig. 7](#) zeigen Fließdiagramme eines Computerprogramms zur Erzeugung eines geometrischen Bezugspunkts auf einem Zahn. Das Computerprogramm erzeugt automatisch das Koordinatensystem, sobald dein Mittelpunkt, oder „BSC“ in das Programm eingegeben wurde.

[0080] Tabelle 1 zeigt eine Definition von verschiedenen Abkürzungen, die in den folgenden Abschnitten verwendet werden.

TABELLE 1

O	Okklusal
G	Gingival
M	Mesial
D	Distal
LL	Lingual-labial
T	Drehmoment
A	Winkelstellung
R	Drehung
IO	Ein/Aus
BSC	Mitte des Bracketschlitzes
BSC Achse	Längsachse des Zahns
BSCL	Entlang O-G BSC Achse
BSCS	Entlang M-D BSC Achse
OT	Null Drehmoment
LO	Versatz von Längsachse
SO	Versatz von kurzer Achse

[0081] Das Verfahren zur Erzeugung eines geometrischen Bezugspunkts auf einem Zahnmodell beginnt durch Erzeugung eines BSC Punkts oder eines Mittelpunkts des Bracketschlitzes wie in Block **90** gezeigt. Der BSC Punkt wird auf einer Oberfläche oder Annäherung an eine Oberfläche eines Zahnmodells erzeugt, beispielsweise die Zahnmodelle und Oberflächen wie oben in Verbindung mit Block **32** beschrieben. Der BSC Punkt ist die Mitte des folgenden geometrischen Bezugspunkts. Der BSC Punkt könnte die Mitte des Brackets sein, wenn das Bracket an einem idealen Ort der Zahnoberfläche wie beschrieben durch eine beliebige orthodontische Technik, beispielsweise die von Dr. Lawrence F. Andrews beschriebene Technik befestigt wird. Alternativ könnte der BSC Punkt die Mitte eines Brackets sein, das absichtlich falsch positioniert wurde. Somit muss das Bracket nicht an einem bestimmten „idealen“ Ort auf der Zahnoberfläche gesetzt werden, um das unten beschriebene Verfahren durchzuführen. Ein beispielhafter BSC Punkt ist in [Fig. 8](#) durch die Ziffer **90** gezeigt.

[0082] Anschließend wird eine BSCL Achse wie in Block **92** erzeugt. Die BSCL Achse ist die gleiche wie die Längsachse des Zahns und wird durch die Ziffer **92** in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) angedeutet. Danach wird die LL Mittelebene oder labial-linguale Mittelebene wie durch Block **94** angedeutet erzeugt. Die LL Mittelebene wird durch Verlängerung der BSCL Achse erzeugt (d.h. die BSCL Achse liegt in der LL Mittelebene). Die LL Mittelebene ist so orientiert, dass der Modellzahn in einen lingualen Abschnitt und einen labialen Abschnitt unterteilt wird. Die LL Mittelebene wird in [Fig. 10](#) durch die Ziffer **94** angedeutet.

[0083] Die MD Mittelebene wird dann wie in Block **96** gezeigt erzeugt. Die MD Mittelebene wird erzeugt, indem die BSCL Achse in einer zur LL Mittelebene lotrechten Orientierung verlängert wird. Die MD Mittelebene teilt den Modellzahn in einen mesialen Abschnitt und einen distalen Abschnitt. Die MD Mittelebene ist in [Fig. 10](#) durch die Ziffer **96** angedeutet.

[0084] Die BSCL Ebene oder die Ebene der Mittellinie des Bracketschlitzes wird wie in Block **98** aufgeführt erzeugt. Die BSCL Ebene verläuft durch den BSC Punkt, ist parallel zur BSCL Achse und wird in einer Orientierung erzeugt, die ungefähr lotrecht zur Oberfläche des Modellzahns unmittelbar zum den BSC Punkt ist. Die BSCL Ebene ist in [Fig. 10](#) mit **98** bezeichnet.

[0085] Die BSCL Ebene ist in einem „AL1“ genannten Winkel relativ zur MD Mittelebene orientiert. Der Winkel AL1 wird in [Fig. 10](#) durch die Ziffer **99** angedeutet. Eine spätere Berechnung korrigiert diesen Winkel in eine Orientierung, die genau lotrecht zur gewünschten benachbarten Oberfläche des Modellzahns ist.

[0086] Die BSCL mesialen und distalen Versatzebenen werden dann wie in Block **100** gezeigt erzeugt. Die BSCL mesialen und distalen Versatzebenen liegen parallel zur BSCL Ebene und sind um SO genannten Abstand versetzt oder von der kurzen Achse versetzt. Die BSCL mesialen und distalen Versatzebenen sind in [Fig. 10](#) jeweils mit der Ziffer **100** angedeutet. [Fig. 10](#) zeigt auch den Abstand SO in jedem Fall.

[0087] Die 0T Achse oder Null-Drehmoment-Achse wird dann wie in Block **102** gezeigt erzeugt. Die 0T Achse verläuft durch den BSC Punkt und ist zur BSCL Ebene normal. Die 0T Achse wird in [Fig. 10](#) mit der Ziffer **102** bezeichnet. Wie in [Fig. 6](#) gezeigt wird dann die 0T BSC Ebene wie in Block **104** gezeigt erzeugt. Die 0T BSC Ebene verläuft durch die 0T Achse und ist ungefähr lotrecht zur Oberfläche des Modellzahns unmittelbar neben und um den BSC Punkt.

[0088] Die 0T BSC Ebene wird in [Fig. 9](#) mit **104** bezeichnet. Die 0T BSC Ebene ist in einem AS1 genannten Winkel relativ zur BSCL Achse orientiert. Der Winkel AS1 wird in [Fig. 9](#) durch die Ziffer **105** angedeutet. Eine spätere Berechnung korrigiert den Winkel AS1 zu einem Winkel von genau 90 Grad oder lotrecht zur gewünschten Zahnoberfläche.

[0089] Anschließend werden die BSCS okklusalen und gingivalen Versatzebenen erzeugt wie in Block **106** aufgeführt. Die BSCS okklusalen und gingivalen Versatzebenen liegen parallel zur 0T BSC Ebene und sind um den Abstand LO versetzt. Die BSCS okklusalen und gingivalen Versatzebenen werden in [Fig. 8](#) durch die Ziffer **106** angedeutet. [Fig. 9](#) zeigt die Versatzabstände LO in jedem Fall.

[0090] Anschließend wird wie in Block **108** gezeigt der BSCLO Punkt erzeugt. Der BSCLO Punkt befindet sich an der Schnittstelle zwischen der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL Ebene und der BSCS okklusalen Versatzebene. Der BSCLO Punkt wird in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) mit der Ziffer **108** angedeutet.

[0091] Anschließend wird der BSCLG Punkt wie in Block **110** gezeigt erzeugt. Der BSCLG Punkt befindet sich an der Schnittstelle zwischen der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL Ebene und der BSCS gingivalen Versatzebene. Der BSCLG Punkt wird in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) mit der Ziffer **110** angedeutet.

[0092] Der BSCSD Punkt wird dann wie in Block **112** gezeigt erzeugt. Der BSCSD Punkt befindet sich an der Schnittstelle zwischen der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL Ebene und der BSCS distalen Versatzebene. Der BSCSD Punkt wird in [Fig. 8](#) mit der Ziffer **112** angedeutet.

[0093] Der BSCSM Punkt wird dann wie in Block **114** gezeigt erzeugt. Der BSCSM Punkt befindet sich an der Schnittstelle zwischen der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL Ebene und der BSCS mesialen Versatzebene. Der BSCSM Punkt wird in [Fig. 8](#) durch die Ziffer **114** angedeutet.

[0094] Danach wird das gleichseitige Dreieck BSCL wie in Block **116** beschrieben erzeugt. Das BSCL Dreieck liegt auf der BSC Ebene. Der erste Schenkel des BSCL Dreiecks erstreckt sich vom BSCLO Punkt (**108**) zum BSCLG Punkt (**110**). Die Länge des ersten Schenkels des BSCL Dreiecks beträgt das Zweifache des LO Abstands. Die zweiten und dritten Schenkel des Dreiecks sind gleich lang und treffen sich an einem gemeinsamen Punkt im Modellzahn. Dieser gemeinsame Punkt wird wie in [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) gezeigt BSCLP Punkt **117** genannt.

[0095] Anschließend wird die BSCLP Linie wie in Block **118** gezeigt erzeugt. Die BSCLP Linie erstreckt sich vom BSCLP Punkt **117** zum BSC Punkt **90**. Die BSCLP Linie wird in [Fig. 9](#) durch die Ziffer **118** angedeutet.

[0096] Die Winkelabmessung AS2 wird dann wie in Block **120** gezeigt erzeugt. Der AS2 Winkel wird von dem Projektion der BSCLP Linie und der 0T BSC Ebene auf die BSC Ebene gemessen. Die Winkelabmessung AS2 wird in [Fig. 9](#) durch die Ziffer **120** angedeutet.

[0097] Nun beziehend auf [Fig. 7](#) wird dann das gleichseitige Dreieck BSCS wie in Block **122** aufgeführt erzeugt. Das gleichseitige Dreieck BSCS liegt auf der 0T BSC Ebene. Der erste Schenkel dieses Dreiecks erstreckt sich vom BSCSM Punkt (**114**) zum BSCSD Punkt (**112**). Die Länge des ersten Schenkels beträgt das Zweifache des SO Abstands. Die zweiten und dritten Schenkel des Dreiecks sind gleich lang und treffen sich an einem gemeinsamen Punkt im Modellzahn. Dieser neue Punkt wird wie in [Fig. 10](#) gezeigt BSCSP Punkt **123** genannt. [Fig. 10](#) zeigt auch das gleichseitige Dreieck BSCS **122**.

[0098] Anschließend wird wie in Block **124** aufgeführt die BSCSP Linie erzeugt. Die BSCSP Linie erstreckt sich vom BSCSP Punkt (**123**) zum BSC Punkt (**90**). Die BSCSP Linie wird in [Fig. 10](#) durch die Ziffer **124** an-

gedeutet.

[0099] Die Winkelabmessung AL2 wird dann wie in Block **126** aufgeführt erzeugt. Der AL2 Winkel wird bestimmt aus der Projektion der BSCSP Linie (**124**) und der BSC Ebene auf die 0T BSC Ebene (**104**). Der Winkel AL2 wird in [Fig. 10](#) durch die Ziffer **126** identifiziert.

[0100] Block **128** in [Fig. 7](#) stellt die Schritte dar, die vom Computerprogramm ergriffen werden, um Fehler zu korrigieren. In Block **130** bestimmt das Programm, ob der Winkel AL2 Null Grad entspricht. Wenn die Antwort ja ist, bestimmt der Computer dann, ob der Winkel AS2 Null Grad wie in Block **132** aufgeführt entspricht. Wenn der Winkel AL2 nicht Null Grad entspricht, wird der Winkel AL1 wie in Block **134** gezeigt korrigiert, indem der Wert des Winkels AL2 dem Wert des Winkels AL1 hinzu addiert wird. Der Computer stellt dann fest, ob der Winkel AS2 Null Grad entspricht wie in Block **132** aufgeführt.

[0101] Wenn der Winkel AS2 nicht Null Grad entspricht, wird der Winkel AS1 wie in Block **136** gezeigt korrigiert. Zum Korrektur des Winkels AS1 wird der Wert des Winkels AS2 dem Wert des Winkels AS1 hinzu addiert. Anschließend bestimmt der Computer, ob der Winkel AL2 Null Grad entspricht wie in Block **138** gezeigt. Wenn der Winkel AL2 nicht Null Grad entspricht fährt der Computer mit dem in Block **134** angezeigten Schritt zur Korrektur des Winkels AL1 wie oben beschrieben fort.

[0102] Wenn AL2 und AS2 durch Block **128** beide Null entsprechen, fährt das Programm mit Block **140** fort, wo ein Zahnpositionierungs-Koordinatensystem BSC erzeugt wird. Das BSC Koordinatensystem ist in [Fig. 11–Fig. 13](#) gezeigt. Die Mitte dieses Koordinatensystems befindet sich am BSC Punkt (**90**). Die Y-Achse liegt parallel zu der vom BSCLO Punkt und dem BSCLG Punkt gebildeten Linie, wobei eine Richtung zum Zahnfleisch hin als positive Richtung definiert ist. Die Z-Achse liegt lotrecht zu der vom BSCLO Punkt, dem BSCLG Punkt, dem BSCSD Punkt und dem BSCSM Punkt gebildeten Linie. In der Z-Achse ist eine linguale Richtung als positive Richtung definiert. Die X-Achse des BSC Koordinatensystems wird durch Befolgung der Y-Achse und der Z-Achse bestimmt.

Erzeugung des geometrischen Referenzpunkts auf einer Zahnbogenform

[0103] Dieser Abschnitt beschreibt die Befestigung eines Koordinatensystems an einer Zahnbogenform. Orthodontische Bogendrahte werden beispielsweise häufig mit standardisierten Formen gekauft, die sich über die Jahre hinweg entwickelt haben. Zahnbogenformen erscheinen in der Regel als glatte Kurve, die auf jeder Seite eines Mittelpunkts symmetrisch ist, aber der Krümmungsradius der Zahnbogenform variiert normalerweise über die Länge der Zahnbogenform.

[0104] Das in diesem Abschnitt beschriebene Koordinatensystem ist Tangens zur Zahnbogenform in der mesial-distalen Ebene und parallel und normal zur okklusalen Ebene über einen gegebenen Perimeter. Der gewählte Perimeter kann sehr klein oder relativ groß sein. Beispielsweise kann Perimeter 0,0001 Inch (0,0025 mm) sein oder alternativ kann er der mesial-distalen Breite eines Bracketschlitzes entsprechen. Als weitere Option kann der Perimeter irgendwo zwischen diesen beiden Werten liegen.

[0105] [Fig. 14–Fig. 15](#) zeigen ein Fließdiagramm eines Computerprogramms zur Erzeugung eines geometrischen Bezugspunkts auf einer Zahnbogenform. Das Computerprogramm erzeugt automatisch das Koordinatensystem, wovon ein Beispiel in [Fig. 17](#) gezeigt ist.

[0106] Das Verfahren zur Erzeugung eines geometrischen Bezugspunkts auf einer Zahnbogenform beginnt mit der Auswahl einer Zahnbogenform. Die Zahnbogenform kann aus einer Bank von generischen oder häufigen Zahnbogenformen wie in Block **150** gezeigt ausgewählt werden. Beispielsweise kann die Form der Zahnbogenform der Form des Bogendrahts der Marke „Ortho Form“ von 3M Unitek Corporation gleichen. Beispielsweise kann der Arzt eine generische Zahnbogenform aus der Bank von Zahnbogenformen auswählen und versuchen, eine Zahnbogenform zu wählen, die die Zähne des Patienten am besten in die gewünschten Stellungen bei Abschluss der Behandlung bringt.

[0107] Als weitere Option kann eine Zahnbogenform erzeugt werden, indem eine Zahnbogenform wie in Block **152** gezeigt skaliert wird. Bei dieser Option wird die Form einer generischen Zahnbogenform entlang ein oder mehr Bezugsachsen vergrößert oder verkleinert, bis die vom Arzt gewünschte Form erreicht ist. Die Skalierung der Zahnbogenform kann mit einer Vielzahl von Methoden durchgeführt werden. Beispielsweise kann ein Modell der Zahnbogenform des Patienten erzeugt und an bestimmten Bezugspunkten gemessen werden, und die generische Zahnbogenform kann dann bei Bedarf skaliert werden, bis die skalierte Zahnbogenform im

entspannten Zustand eine bestimmte vorhergesagte Form bei Abschluss der Behandlung erreicht hat. Wahlweise kann die Zahnbogenform aus einer einzelnen Zahnbogenform skaliert werden oder sie kann von einer beliebigen von generischen Zahnbogenformen skaliert werden, die in einer Datei mit einer Datenbank von Zahnbogenformen gespeichert ist.

[0108] Als weitere Alternativ kann eine Zahnbogenform mit dem Computer durch Bezugnahme auf elektronische Daten, die für die Zahnbogenform des Patienten repräsentativ sind, erzeugt werden. Beispielsweise kann eine Handkamera wie oben erwähnt zum Scannen der Mundhöhle verwendet werden. Der Computer kann dann eine optimierte Zahnbogenform erzeugen, indem er einen Zahnbogen mit einer Form auswählt, die der gewünschten Form der Zahnbogenform bei Abschluss der Behandlung entspricht und die die Ein/Aus-Abmessungen des Brackets berücksichtigt.

[0109] Als weitere Alternative kann eine Zahnbogenform aus einer anderen Quelle wie in Block **156** bereitgestellt werden. Ein Beispiel für eine andere Quelle von Zahnbogenform ist eine maßangepasste Zahnbogenform, die der Arzt erzeugt hat.

[0110] Wie on Block **158** angegeben werden Daten, die für die Oberfläche der Zahnbogenform repräsentativ sind oder die mindestens ungefähr für die Oberfläche der Zahnbogenform repräsentativ sind, erzeugt, wenn sie noch nicht existiert. Die Oberfläche der Zahnbogenform könnte durch Daten eines soliden Modells, eines Drahtgerüsts, eine Oberfläche repräsentierende Daten oder eine Punktrübgungs-Oberfläche repräsentierende Daten bereitgestellt werden.

[0111] Anschließend wird wie in Block **160** gezeigt eine AC Ebene oder Bogenmittelebene erzeugt. Die AC Ebene erstreckt sich durch die Mitte der Längsachse der Zahnbogenform und die Ebene teilt die Zahnbogenform in einen okklusalen Abschnitt und einen gingivalen Abschnitt. Die AC Ebene könnte flach sein. Alternativ könnte die AC Ebene gekrümmt sein, so dass sie beispielsweise einer Spee-Kurve oder einer umgekehrten Spee-Kurve folgt.

[0112] Wie in Block **162** aufgeführt wird dann eine AM Ebene oder Bogen-Mittelpunktebene erzeugt. Die AM Ebene teilt die Zahnbogenform in eine rechte Seite und eine linke Seite. Beispielsweise befindet sich der rechte mittlere Zahn auf einer Seite der AM Ebene und der linke mittlere Zahn auf der gegenüberliegenden Seite der AM Ebene.

[0113] Dann und wie in Block **164** dargestellt wird eine IAFC Kurve, oder innere Zahnbogenform-Kurve, erzeugt. Die IAFC Kurve befindet sich am Schnittpunkt der AC Ebene mit dem lingualen Abschnitt der Zahnbogenform und ist in [Fig. 16](#) durch Ziffer **164** gezeigt. Die IAFC Kurve ist in eine rechte Seite und eine linke Seite der AM Ebene unterteilt. Die Null-Stellung der Kurve befindet sich am Schnittpunkt der rechten Seite mit der linken Seite.

[0114] Block **166** repräsentiert den Anfang der Befestigung des Koordinatensystems an einem Quadranten. Die Befestigung des Koordinatensystems an der Zahnbogenform ist bei allen vier Quadranten identisch. Die folgenden Schritte beschreiben die Erzeugung des Koordinatensystems für den unteren rechten Quadranten zum Zwecke der Veranschaulichung.

[0115] Wie in Block **168** gezeigt werden die Abmessungen des Bogendrahts bestimmt. Der Begriff „WW“ bezieht sich auf die Breite des Bogendrahts in einer okklusal-gingivalen Richtung. Der Begriff „WR“ repräsentiert den Radius der Ecken des Bogendrahts. Der Begriff „WH“ repräsentiert die Höhe des Bogendrahts in lingual-labialer Richtung. [Fig. 19](#) zeigt die Messung von WW und WH.

[0116] Die Bogendrahtabmessungen (WW, WR und WH) können mit jedem geeigneten Mittel bestimmt werden. Wenn beispielsweise eine Zahnbogenform wie in Block **150** gezeigt aus einer handelsüblichen Zahnbogenform ausgewählt wird, können die Abmessungen der Zahnbogenform im Speicher gespeichert werden. In Fällen, in denen eine Zahnbogenform durch Skalierung erzeugt wird (wie in Block **152** aufgeführt) oder von gescannten Daten erzeugt wird (wie in Block **154** beschrieben), kann der Arzt die Bogendrahtabmessungen aufgrund der vergangenen Praxis des Arztes und der erwarteten Behandlung für den jeweiligen Patienten in den Computer eingeben.

[0117] Danach wird wie in Block **170** aufgeführt eine Abmessung AWW oder Bogendraht-Schlitz-Breite bestimmt. Die AWW Abmessung ist in [Fig. 19](#) der Veranschaulichung halber gezeigt. Wenn beispielsweise die orthodontische Apparatur aus einer Bank von handelsüblichen Apparaturen ausgewählt wird, kann die AWW

Abmessung im Speicher bereitgestellt werden. Als weitere Option kann der Arzt die AWW Abmessung gemäß einer bevorzugten Apparatur, die in der Behandlung verwendet werden soll, in den Computer eingeben.

[0118] Wie in Block **172** gezeigt wird dann ein Expressionswinkel „EA“ erzeugt. Der EA ist in [Fig. 19](#) dargestellt und wird mit der Ziffer **172** angedeutet. Der EA ist der Winkel zwischen einer Wand des Bogendrahtschlitzes und einer Seite des Bogendrahts, wenn der Bogendraht in seine maximale Ausdehnung gedreht wird und mit den Rändern des Bogendrahtschlitzes in Kontakt gerät. In Fällen, in denen der Bogendraht vollständig im Bogendrahtschlitz sitzt, entspricht der EA Null. Wenn der Bogendraht den Bogendrahtschlitz im Wesentlichen ganz ausfüllt, kann der EA Null oder fast Null sein.

[0119] Danach wird wie in Block **174** gezeigt die Breite jedes Zahns gemessen. Die Zahnbreite ist die maximale mesialdistale Breite des Zahns bei Messung normal zur BSC Ebene. Die Zahnbreiten sind als TW1 bis einschließlich TW8 definiert.

[0120] Der TC(n) Punkt wird dann wie in Block **176** aufgeführt erzeugt. Der TC(n) Punkt ist der Ort der Mitte des Zahns auf der Zahnbogenform. Der TC(n) Punkt wird entlang der Länger der IAFC Kurve gemessen und die Abmessung für den Ort des Punkts entspricht $TW(n - 1)/2 + Tw(n)/2$, wo n die Anzahl Zähne 1 bis 8 ist. Der TC(n) Punkt wird in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) mit der Ziffer **176** bezeichnet. [Fig. 17](#) ist eine Vergrößerung eines Teils der Zahnbogenform wie in [Fig. 16](#) gezeigt.

[0121] Danach und wie in Block **178** aufgeführt wird ein gleichseitiges Dreieck erzeugt, das um TC(n) mit einer mittleren normalen Linie zentriert ist. Die Länge der Schenkel des Dreiecks repräsentieren die Interaktionsbreite zwischen dem Zahn und der Zahnbogenform, wenn die Befestigung des Brackets simuliert wird. Die Breite der Schenkel entspricht der mesial-distalen Breite des Bracketschlitzes, die Punkte MA(n) und DB(n) sind mit der IAFC Kurve ausgerichtet und der erste Schenkel des Dreiecks geht von Punkt MA (n) zu Punkt DB (n). Der Punkt CL(n) befindet sich an der Schnittstelle zwischen dem zweiten und dritten Schenkel des Dreiecks. Die Mittellinie des gleichseitigen Dreiecks verläuft von Punkt CL(n) zu Punkt TC(n) und diese Linie ist normal zum ersten Schenkel des Dreiecks. Der Abstand von der Mittellinie zu den Punkten MA(n) und DB(n) beträgt die Hälfte der Länge des Schenkels. Das um den Punkt TC(n) zentrierte gleichseitige Dreieck ist in [Fig. 17](#) mit der Ziffer **178** gekennzeichnet.

[0122] Wie in Block **180** aufgeführt wird dann eine IO(n) Versatzlinie erzeugt. Die IO(n) Versatzlinie verläuft parallel zum ersten Schenkel des gleichseitigen Dreiecks im Abstand IOD(n). Die IO(n) Versatzlinie ist in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) mit der Ziffer **180** angedeutet.

[0123] Anschließend wird wie in Block **182** aufgeführt ein TAR(n) Koordinatensystem erzeugt. Das TAR(n) Koordinatensystem ist in [Fig. 17](#) mit der Ziffer **182** beschrieben. Die Z-Achse dieses Koordinatensystems liegt entlang der normalen Linie des gleichseitigen Dreiecks und erstreckt sich lingualer Richtung. Die Y-Achse dieses Koordinatensystems ist normal zur normalen Linie des gleichseitigen Dreiecks und zur IO(n) Linie. Die Y-Achse erstreckt sich in gingivaler Richtung. Die X-Achse wird aus der Y- und Z-Achse nach der Rechtsregel bestimmt.

[0124] Wie in Block **184** gezeigt werden dann bestimmte Aspekte der Bracket-Verordnung bereitgestellt. Diese Aspekte umfassen die Winkelstellung des Brackets, oder „BA(n)“, das Drehmoment des Brackets, oder „BT(n)“, die Drehung des Brackets, oder „BR(n)“ und die Ein/Aus-Abmessung des Brackets, oder „BIO(n)“. Diese Werte könnten vom Arzt eingegeben oder alternativ aus dem Speicher geholt werden und sie können von Zahn zu Zahn für die verschiedenen Brackets abweichen.

[0125] Danach wird das TARA(n) Koordinatensystem wie in Block **186** aufgeführt erzeugt. Das TARA(n) Koordinatensystem wird durch Drehung des TAR(n) Koordinatensystems um die Z-Achse durch den Winkelstellungs-Winkel BA(n) erzeugt. Die Z-Achse ist für das TAR(n) Koordinatensystem und das TARA(n) Koordinatensystem gleich. Das TARA Koordinatensystem wird in [Fig. 17](#) durch die Ziffer **186** angedeutet.

[0126] Das Programm stellt dann fest, ob der anfängliche Drehmomentwert des Zahns positiv oder negativ wie in Block **188** beschrieben ist. Die Breite des Bogendrahtschlitzes ist größer als die Breite des Bogendrahts, so dass der Zahn in einer positiven Drehmomentwert-Orientierung oder einer negativen Drehmomentwert-Orientierung zu Behandlungsbeginn orientiert werden kann. Wenn der Zahn zunächst einen positiven Drehmomentwert hat, ist der Wert „TS“ 1 und wenn der Zahn anfänglich einen negativen Drehmomentwert hat, ist der Wert von „TS“ -1. Danach wird ein „ET(n)“ Drehmomentwert wie in Block **190** aufgeführt berechnet. ET(n) ist das Expressionsdrehmoment für einen Zahn n und entspricht der Summe des Drehmoments des Bra-

ckets (BT(n)) plus das Produkt des Drehmoments (TS(n)) mal dem Expressionswinkel (EA).

[0127] Dann wird wie in Block **192** aufgeführt ein TART(n) Koordinatensystem erzeugt. Das Koordinatensystem TART(n) und das TARA(n) Koordinatensystem haben die gleiche X-Achse, aber das TART(n) Koordinatensystem wird durch dem exprimierten Drehmomentwinkel (ET(n)) um die X-Achse des TARA(n) Koordinatensystems gedreht. Das TART(n) Koordinatensystem wird in [Fig. 17](#) mit **192** bezeichnet.

[0128] Das TARR(n) Koordinatensystem wird dann wie in Block **194** beschrieben erzeugt. Das TARR(n) Koordinatensystem und das TART(n) Koordinatensystem haben die gleiche Y-Achse. Das TARR(n) Koordinatensystem wird aber durch den Drehwinkel BR(n) um die Y-Achse des TART(n) Koordinatensystems gedreht. Das TARR(n) Koordinatensystem wird in [Fig. 17](#) durch die Ziffer **194** angedeutet.

[0129] Das Programm bestimmt dann, ob der Wert „n“ den letzten Zahn des Quadranten darstellt. Wenn die Antwort nein ist, wird der Wert n um 1 erhöht wie in Block **198** beschrieben und das Programm kehrt zu Block **176** zurück. Wenn der Wert n aber den letzten Zahn des Quadranten repräsentiert, erkennt das Programm, dass die geometrischen Bezugspunkte für diesen Quadranten wie in Block **200** fertiggestellt wurden.

Erzeugung virtueller Dentition und Okklusion

[0130] Dieser Abschnitt beschreibt die Befestigung der Modellzähne an der Zahnbogenform wie die Modellzähne in ihrer endgültigen Stellung erscheinen würden. Dieser Abschnitt beschreibt auch die Überlagerung der Modellzähne aufeinander, wo der Unterschied in der Orientierung derselben Modellzähne wie in den übereinandergelegten Bildern gezeigt das Ergebnis des Unterschieds in der Wirkung einer Verordnung im Vergleich mit der anderen ist. Dieser Abschnitt beschreibt auch fakultative Verfahren zur Platzierung der oberen und unteren Zahnbogenformen in Okklusion miteinander und Verfahren zur automatischen Auswahl von Brackets zur Positionierung der Zähne in die gewünschten ausgewählten endgültigen Stellungen.

[0131] Die resultierenden Modelle im übereinandergelegten Bild liefern eine aussagekräftige Analyse- methode zur Überprüfung der Wirkungen verschiedener Verordnungen zum besseren Verständnis der resultierenden endgültigen Orientierungen der Zähne am Abschluss der Behandlung. Dadurch erleichtert das Programm die Auswahl des korrekten Brackets und/oder Bogendrahts für die Positionierung der Zähne in den gewünschten Stellungen. [Fig. 20–22](#) zeigten Fließdiagramme eines Computerprogramms zur Erzeugung virtueller Dentition und Okklusion. Das Programm positioniert die Modellzähne automatisch entlang der gewünschten Zahnbogenform.

[0132] Zunächst beziehend auf [Fig. 20](#) beginnt dieser Abschnitt des Programms mit den Zahnmodellen mit einem geometrischen Bezugspunkt wie in Block **210** beschrieben, der zuvor nach Erreichen von Block **140** wie oben beschrieben vom Programm erhalten wurde. Dieser Abschnitt beginnt auch mit der Verwendung der Zahnbogenform mit einem geometrischen Bezugspunkt wie in Block **212** beschrieben, der zuvor erhalten wurden, wenn das Programm Block **200** wie oben beschrieben erreichte.

[0133] Danach und wie in Block **214** aufgeführt wird das Koordinatensystem TARR(n) der Zahnbogenform mit dem Zahn-Koordinatensystem BSC(n) ausgerichtet. Dieser Teil des Programms ordnet die Zahnmodelle auf der Zahnbogenform in einer Orientierung an, die sich aus der zunächst gewählten Verordnung ergibt. Die Ausrichtung von TARR(n) mit BSC(n) wird in [Fig. 23](#) durch die Ziffer **214** identifiziert.

[0134] Anschließend bestimmt das Programm, ob n der letzte Zahn im Zahnbogen ist. Wenn die Antwort nein ist, wird der Wert n um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **214** zurück. Wenn die Antwort ja ist, fährt das Programm mit Block **218** fort.

[0135] In Block **218** wird ein Interferenzwert oder „TIG(n)“ erhalten. Wenn der Wert für TIG(n) positiv ist, weist dies darauf hin, dass eine Interferenz zwischen den Zähnen (d.h. die virtuellen Zähne überlappen einander) besteht. Wenn der Wert für TIG(n) negativ ist, so weist das darauf hin, dass eine Lücke zwischen den virtuellen Zähnen besteht.

[0136] Die Abmessung des TC(n) Zahnpunkts wird dann wie in Block **220** gezeigt korrigiert. Der Wert für TIG(n) wird dem Wert von TC(n) hinzu addiert, um einen neuen Wert für TC(n) zu erhalten.

[0137] Das Programm fährt dann mit Block **222** fort, wo das Programm bestimmt, ob n der letzte Zahn ist oder nicht. Wenn die Antwort nein ist, wird der Wert n um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **218** zurück.

Wenn die Antwort positiv ist, fährt das Programm mit Block **224** fort.

[0138] Wenn das Programm Block **224** erreicht hat, ist das 3D-Modell für die erste Verordnung fertig. An diesem Punkt kann das 3D-Modell wahlweise so angezeigt werden, dass der Arzt die verschiedenen Orientierungen der Modellzähne entlang des Zahnbogens ansehen kann. Die Stellungen der Modellzähne werden durch die Verordnung der Brackets und des Bogendrahts erreicht. Die Stellung der Modellzähne stellt beispielsweise die endgültigen Stellungen für Brackets mit einer bestimmten Winkelstellung, Drehmoment, Drehung, Ein/Aus-Abmessung, Bracketbreite, Bracketstellung auf der Zahnoberfläche (in mesial-distaler Richtung und in okklusal-gingivaler Richtung), Bogendrahtgröße, Größe des Bogendrahtschlitzes und Ausgangsstellungen der Zähne dar, die dem Programm alle als Eingabevariablen zur Verfügung gestellt werden können.

[0139] Durch die Überprüfung der resultierenden Stellungen der Modellzähne durch den Arzt wie in Block **224** beschrieben kann der Arzt ein oder mehr Eingabevariablen wählen. Die Modifizierung der Eingabevariablen ist in Block **226** beschrieben. Die Eingabevariablen können inkremental verändert werden, indem ein oder mehr Variablen schrittweise verändert werden. Als weitere Option können die Eingabevariablen so verändert werden, dass sie bekannten Verordnungswerten entsprechen, beispielsweise den üblicherweise für Brackets verwendeten Werten, die mit bekannten Techniken hergestellt werden. Beispiele für bekannte Techniken sind die von Dr. McLaughlin, Dr. Bennett und Dr. Trevisi (die Bracket-Verordnung der Marke „MBT“), die von Dr. Ron Roth und die von Dr. Lawrence F. Andrews. Als weitere Option können die Eingabevariablen auf eine vom Arzt gewählte Weise modifiziert werden, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen.

[0140] Wenn die Modifizierung der EingabenvARIABLEN wie in Block **226** aufgeführt die Stellung des Zahns verändert, geht das Programm von Block **228** zu Block **218**, um die oben beschriebenen Schritte zu wiederholen. Wenn sich die Zahnstellung nicht geändert hat, wenn das Programm Block **228** erreicht, fährt das Programm wie in [Fig. 21](#) gezeigt mit Block **230** fort.

[0141] Das in [Fig. 21](#) aufgeführte Programm-Fließdiagramm beschreibt ein Beispiel für ein Verfahren zur Übereinanderlegung von Bildern von Modellzähnen, wobei der Unterschied in den übereinander gelegten Bildern das Resultat von unterschiedlichen Verordnungen ist. Wie in Block **230** gezeigt wird das ASM1 Koordinatensystem auf der ersten Zahnbogenform erzeugt. Das ASM1 Koordinatensystem befindet sich auf der Null-Stellung der IAFC1 Zahnbogenform-Kurve. Die X-Achse des ASM1 Koordinatensystems verläuft parallel zur AC1 Zahnbogenform-Ebene und normal zur AM1 Zahnbogenform-Ebene und erstreckt sich in einer Richtung nach rechts.

[0142] Die Y-Achse des ASM1 Koordinatensystems verläuft parallel zur AM1 Zahnbogenform-Ebene und normal zur AC1 Zahnbogenform-Ebene und zeigt in gingivale Richtung. Die Z-Achse des ASM1 Koordinatensystems wird durch Befolgung der Rechtsregel erhalten. Das ASM1 Koordinatensystem ist in [Fig. 24](#) mit **230** bezeichnet.

[0143] Danach wird wie in Block **232** aufgeführt das ASMO1 Koordinatensystem erzeugt. Das ASMO1 Koordinatensystem ist vom aSM1 Koordinatensystem versetzt. Der Umfang des Versatzes ist willkürlich. Als Standard könnten beispielsweise die okklusalen Spitzen oder die Enden der Wurzeln der unteren Vorderzähne oder Eckzähne ausgerichtet sein.

[0144] Das ASM2 Koordinatensystem wird dann auf der zweiten Zahnbogenform wie in Block **234** gezeigt erzeugt. Das ASM2 Koordinatensystem befindet sich auf der Null-Stellung der IAFC2 Zahnbogenform-Kurve. Die X-Achse des ASM2 Koordinatensystems verläuft parallel zur AC2 Zahnbogenform-Ebene und normal zur AM2 Zahnbogenform-Ebene und zeigt nach rechts. Die Y-Achse des ASM2 Koordinatensystems verläuft parallel zur AM2 Zahnbogenform-Ebene und normal zur AC2 Zahnbogenform-Ebene und zeigt in gingivale Richtung. Die Z-Achse des ASM2 Koordinatensystems wird durch Befolgung der Rechtsregel erhalten.

[0145] Wie in Block **236** beschrieben wird dann das Koordinatensystem ASM2 mit dem Koordinatensystem ASMO1 ausgerichtet. An diesem Punkt werden die resultierenden Modell übereinander gelegt und die Unterschiede in den Zahnstellungen durch die unterschiedlichen Verordnungen an denselben Zähnen sind offensichtlich.

[0146] Anschließend fährt das Programm mit Block **238** fort, wo der Computer bestimmt, ob eine endgültige neue Zahnstellung erreicht worden ist oder nicht. Wenn die Antwort positiv ist fährt das Programm mit Block **242** wie in [Fig. 22](#) gezeigt fort. Wenn die Antwort negativ ist, fährt das Programm mit Block **240** fort. In Block **240** werden die in Block **218** bis Block **228** aufgeführten Schritte wiederholt, bis die endgültige Zahnstellung

erreicht ist. Das Programm fährt dann mit Block **242** fort.

[0147] Das in **Fig. 22** aufgeführte Fließdiagramm beschreibt ein Verfahren für die Computerauswahl einer Bracket-Verordnung nach Überprüfung der angezeigten Bilder der oben beschriebenen Zahnmodelle durch den Arzt. Zum Festlegung der neuen Bracket-Verordnung fährt das Programm mit Block **244** fort und bestimmt, ob bei jeder Eingabevariable absolute Werte verwendet wurden oder nicht, wie zum Beispiel die in Block **226** erwähnten Eingabevariablen. Wenn die Antwort zu dieser Frage ja ist, enthält die Bracket-Verordnung dieselben Werte, die für die in Block **262** gezeigten Eingabevariablen verwendet wurden. Wenn die Antwort nein lautet, fährt das Programm mit Block **246** fort.

[0148] In Block **246** wird ein neuer EA-Wert bestimmt. Dann fährt das Programm mit Block **248** fort, wo ein neuer BA(n)-Winkel bestimmt wird, um einen Bracket-Winkelstellungswert zu erhalten. Das Programm fährt dann mit Block **250** fort, wo der ET(n) Winkel bestimmt wird. Der ET(n) Winkel stellt einen neuen ausgedrückten Drehmomentwert für das Bracket dar.

[0149] Das Programm fährt dann mit Block **252** fort, wo ein neuer TS(n) Wert bestimmt wird. Der TS(n) Wert repräsentiert die Anfangsstellung des Zahns für die neue Bracket-Verordnung.

[0150] Anschließend fährt das Programm mit Block **254** fort, wo ein neuer BT(n) Wert oder Bracket-Drehmomentwinkel bestimmt wird. Der BT(n) Wert entspricht dem ET(n) Wert minus dem Produkt aus dem TS(n) Wert mal dem neuen EA Wert.

[0151] Das Programm fährt dann mit Block **256** fort, wo der BR(n) Winkel bestimmt wird. Der BR(n) Winkel repräsentiert den neuen Bracket-Drehwinkel.

[0152] Anschließend fährt das Programm mit Block **258** fort, wo ein neuer IO(n) Wert bestimmt wird. Der IO(n) Wert repräsentiert die Ein/Aus-Abmessungen des neuen Brackets in der neuen Stellung.

[0153] Das Programm fährt dann mit Block **260** fort, wo der Wert von n beurteilt wird. Wenn n einen Wert darstellt, der nicht der Wert für den letzten Zahn ist, wird der Wert von n um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **248** zurück. Wenn der wert für n dem Wert für den letzten Zahn gleicht, fährt das Programm ist Block **264** fort.

[0154] In Block **264** vergleicht das Programm die neue Bracket-Verordnung mit der Verordnung für verschiedene vorhandene Brackets. Vorhandene Brackets könnten beispielsweise Brackets beinhalten, die im Bestand des Arztes oder im Bestand des Herstellers vorhanden sind oder die auf Wunsch vom Hersteller hergestellt werden können.

[0155] Anschließend fährt das Programm mit Block **266** fort. Wenn in Block **264** nichts Passendes gefunden wurde, fährt das Programm mit Block **268** fort, wo die Ergebnisse, die mit den am nächsten kommenden vorhandenen Bracket oder den Brackets erhalten wurden, in übereinander gelagerter Beziehung zu den Ergebnissen, die am Ende des Verfahrens wie in Block **260** aufgeführt erhalten wurden, angezeigt werden. Die Übereinanderlagerung der Bilder wie in Block **268** beschrieben ist für den Arzt günstig, weil er die mit der bevorzugten Bracket-Verordnung und der am nächsten kommenden vorhandenen Bracket-Verordnung erhaltenen Ergebnisse leicht beobachten und vergleichen kann. Die übereinander gelagerten Bilder helfen dem Arzt zu entscheiden, ob die am nächsten kommende vorhandene Verordnung für den jeweilige Behandlung zufriedenstellend ist.

[0156] Das Programm fährt dann mit Block **270** fort, wo es bestimmt, ob n der Wert ist, der dem Wert für den letzten Zahn entspricht. Wenn die Antwort nein lautet, wird der Wert für n wie in Block **272** aufgeführt um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **266** zurück. Wenn die Antwort ja lautet, fährt das Programm mit Block **274** fort, was darauf hinweist, dass das Auswahlverfahren für die Brackets fertig ist. Wenn das Programm bei Erreichen von Block **266** darüber hinaus feststellt, dass ein passendes Bracket gefunden wurde, fährt das Programm direkt mit Block **270** fort und befolgt die oben beschriebenen Schritte.

[0157] Die Anzeige der übereinander gelegten Bilder wie in Block **268** aufgeführt kann wahlweise auch andere Informationen beinhalten. Beispielsweise kann die Anzeige numerische Informationen beinhalten, die zu den Bracket-Verordnungen gehören. Werte wie Bracket-Drehmoment, Winkelstellung und Schlitzbreite können wahlweise in Tabellenform angezeigt werden. Auf diese Weise können die Unterschiede zwischen den beiden Bracket-Verordnungen im Vergleich leicht erkannt werden.

[0158] Vorzugsweise erscheinen die übereinander gelegten Bilder in Kontrast, so dass die relative Wirkung der ersten Zahnspange und der zweiten Zahnspange beobachtet werden können. Beispielsweise kann das Bild der ersten Zahnspange in einer ersten Farbe erscheinen und das Bild der zweiten Zahnspange in einer zweiten Farbe, die sich von der ersten Farbe abhebt. Somit kann der Unterschied in der Stellung der Wurzeln, Kronen und andere Merkmale jedes Zahns problemlos bestimmt werden.

[0159] Andere Optionen für Bildkontrast sind ebenfalls möglich. Beispielsweise kann sich die Schattierung der Bilder voneinander unterscheiden, beispielsweise können verschiedene Arten von Kreuzschattierung verwendet werden. Als weitere Option kann die Struktur der Bilder unterschiedlich erscheinen, beispielsweise ein getüpfeltes Bild neben einem glatt aussehenden Bild. Als weiteres Beispiel kann sich die Form des Perimeters der Bilder unterscheiden, beispielsweise so, dass ein Bild einen Perimeter mit fetten Linien hat, während das andere Bild einen Perimeter mit gestrichelten oder gepunkteten Linien hat. Auch andere Arten von Bildkontrast sind möglich.

[0160] Die oben aufgeführten Konzepte können auch mit einer einzelnen Gruppen von Apparaturen verwendet werden, derart, dass der Arzt die Stellung der Zähne mit den Apparaturen in einer bestimmten ausgewählten Stufe der orthodontischen Behandlung visuell bestimmen kann und diese Ergebnisse mit den Stellungen der Zähne in einer vorhergehenden Stufe der orthodontischen Behandlung vergleichen kann. Die vorhergehende Stufe kann eine erste Stellung der Zähne sein, wie sie vor Behandlungsbeginn in Erscheinung treten kann. Als weitere Option können die Bilder der Zähne in der vorhergehenden Stufe eine Zwischenstufe der Behandlung darstellen, beispielsweise ein Zeitpunkt am Ende eines Bogendrahts bevor der zweite, dritte usw. oder letzte Bogendraht angebracht wird. In der orthodontischen Behandlung ist es die Regel, dass Bogendräh- te mit unterschiedlichen Eigenschaften in ausgewählten Zeitintervallen verwendet werden und es kann sein, dass die Zähne erst in die endgültigen oder fertigen Stellungen bewegt werden, wenn der letzte Bogendraht angebracht ist und die Zähne sich als Reaktion auf den letzten Bogendraht bewegt haben.

[0161] Die oben beschriebene Erfindung eignet sich besonders dafür es dem Kieferorthopäden möglich zu machen, eine bevorzugte Zahnspange oder bevorzugte Komponenten einer Zahnspange aus einer Liste von vorhandenen Zahnspangen oder Komponenten einer Zahnspange auszuwählen, beispielsweise eine Katalogliste von einem Hersteller. Alternativ kann die Erfindung vorteilhaft auch zur Herstellung maßangepasster Zahnspangenkomponenten verwendet werden. In diesem Fall können die oben aufgeführten Verfahren verwendet werden, indem zunächst eine Verordnung aus einer ersten Schätzung einer geeigneten Verordnung ausgewählt wird und die oben beschriebenen Schritte dann zur Beobachtung der erwarteten Ergebnisse verwendet werden. Bei Bedarf kann die Verordnung so oft wie nötig verändert werden, bis die erwünschten Ergebnisse erhalten sind. Eine programmierte Fräsmaschine oder eine andere automatische Herstellungsvorrichtung kann dann zur maßangepassten Herstellung der ausgewählten Komponenten verwendet werden. Ein solches Verfahren könnte beispielsweise für maßangepasste Brackets oder maßgebogene Bogendräh- te verwendet werden. Bei Verwendung in der lingualen Behandlung können die Komponenten ausgewählt werden, um ein sehr niedriges Profil zu erzielen, damit es für den Patienten komfortabler ist.

[0162] Eine Vielzahl anderer Alternativen ist ebenfalls möglich. Demnach ist die Erfindung nicht auf die spezifischen zurzeit bevorzugten Ausführungsbeispiele wie oben beschrieben beschränkt, sondern stattdessen wird sie nur durch einen fairen Umfang der Ansprüche eingeschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange, umfassend:
 Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen (66) eines Zahnbogens (60) repräsentativ ist;
 Anzeigen mindestens eines Zahns (66) des Zahnbogens (60) als erstes Bild in einer Orientierung, wie sie in einer ersten Stufe der orthodontischen Behandlung erscheint;
 Auswählen einer bestimmten Gruppe von orthodontischen Apparaturen für den Zahnbogen (60), wobei die bestimmte Gruppe von Apparaturen einen Bogendraht (70) mit einer bestimmten Verordnung und eine Anzahl von Brackets (64; 68) aufweist, wobei jede der Brackets der bestimmten Gruppe einem der Zähne (66) entspricht und eine bestimmte Verordnung aufweist;
 Bestimmen von zweiten Stellungen der Zähne (66), wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn die Brackets (64; 68) der bestimmten Gruppe an entsprechenden Zähnen angebracht sind, der Bogendraht (70) der bestimmten Gruppe mit den Brackets (64; 68) der bestimmten Gruppe verbunden ist und die Zähne sich als Reaktion auf Kräfte, die auf die Brackets der bestimmten Gruppe ausgeübt wurden, bewegt haben; und
 Anzeigen mindestens eines Zahns (66) in seiner zweiten Stellung als Bild, wobei jeder Unterschied in den Orientierungen der Zähne (66) in den angezeigten zweiten Stellungen als Bild erscheint, das im Kontrast steht zu

dem Bild der Zähne (66) in den angezeigten ersten Stellungen, derart dass die Wirkung der bestimmten Gruppe von Apparaturen beobachtet werden kann.

2. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei die erste Stufe eine Anfangsstufe ist.

3. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei die erste Stufe eine Zwischenstufe ist, die die Bewegung der Zähne (66) als Reaktion auf einen Bogendraht (70) mit Eigenschaften, die sich von denen des Bogendrahts (70) der bestimmten Gruppe unterscheiden, repräsentiert.

4. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei die zweite Stellung im Wesentlichen eine Endstellung repräsentiert.

5. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als Farbkontrast erscheint.

6. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als Unterschied in der Schattierung der Bilder erscheint.

7. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als Unterschied in der Form des Umfangs der Bilder erscheint.

8. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, wobei die Zähne (66) beim Anzeigen ohne mindestens einen Teil der bestimmten Gruppe von Apparaturen angezeigt werden.

9. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 1, das die Handlung des Kaufs der Zahnspange umfasst.

10. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 9, wobei die Handlung des Kaufs die Handlung der Erstellung eines Auftragseingangs unter mindestens teilweiser Verwendung von digitalen Daten, die mindestens einem Teil der bestimmten Gruppe von Apparaturen entsprechen, beinhaltet.

11. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 10, wobei die Handlung der Erstellung eines Auftragseingangs die Handlung der Erstellung eines Kaufauftrags beinhaltet.

12. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange, umfassend:
Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens (60) repräsentativ ist;
Anzeigen mindestens eines Zahns (66) des Zahnbogens (60) als erstes Bild in einer Orientierung, wie sie in einer ersten Stufe der orthodontischen Behandlung erscheint;
Auswählen einer Zahnspange für den Zahnbogen (60), wobei die Zahnspange eine bestimmte Verordnung aufweist;
Bestimmen von zweiten Stellungen der Zähne (66), wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn die Zahnspange in der Mundhöhle befestigt ist und die Zähne (66) sich als Reaktion auf Kräfte, die von der Zahnspange ausgeübt wurden, bewegt haben; und
Anzeigen mindestens eines Zahns (66) in seiner zweiten Stellung als Bild, wobei jeder Unterschied in den Orientierungen der Zähne in den angezeigten zweiten Stellungen als Bild erscheint, das im Kontrast steht zu dem Bild der Zähne in den angezeigten ersten Stellungen, so dass die Wirkung der Zahnspange beobachtet werden kann.

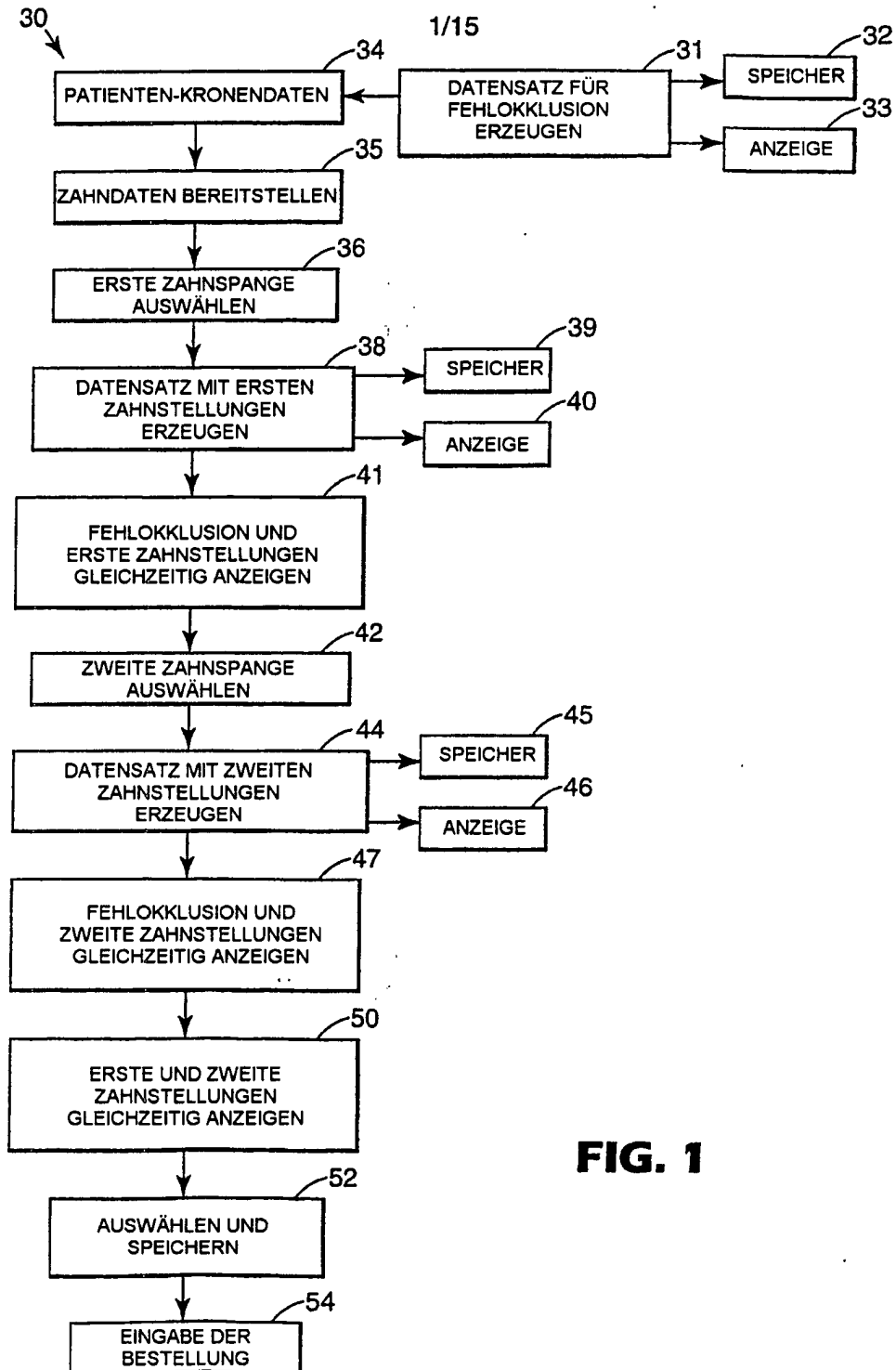
13. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei die erste Stufe eine Anfangsstufe ist.

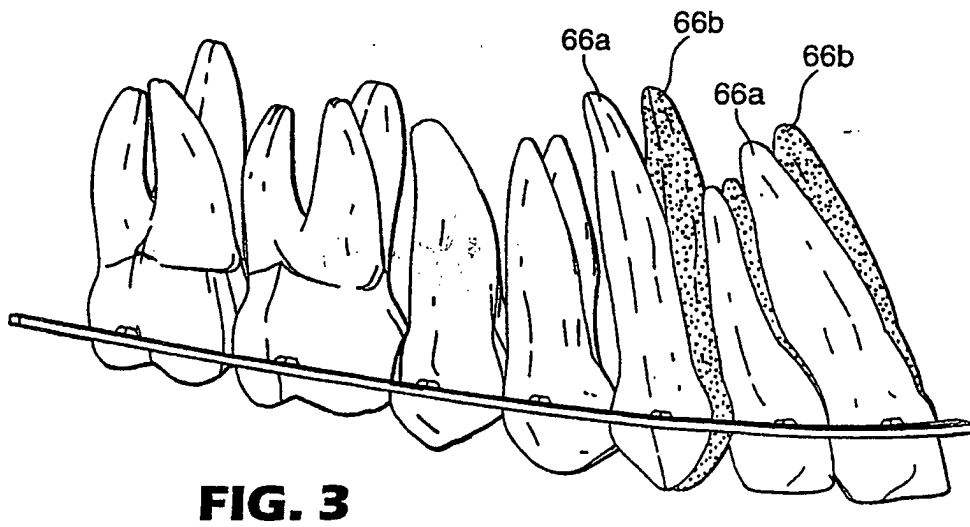
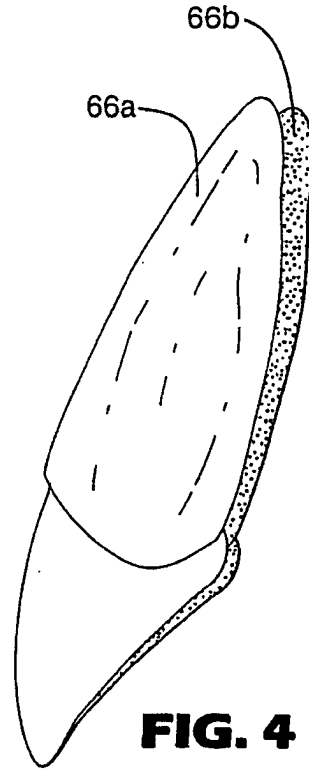
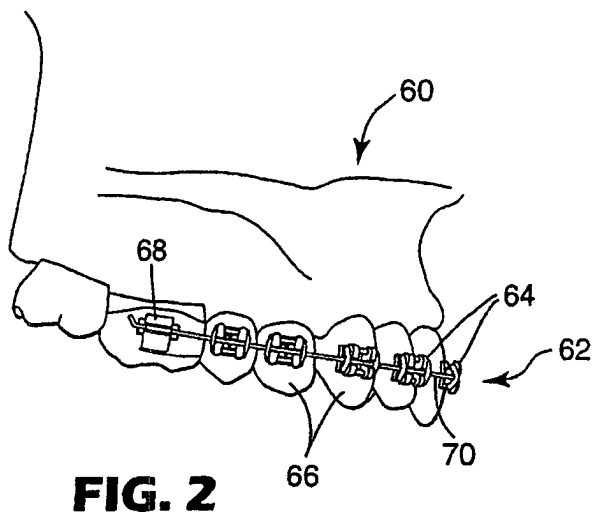
14. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei die erste Stufe eine Zwischenstufe ist, die die Bewegung der Zähne (66) als Reaktion auf einen Bogendraht (70) mit Eigenschaften, die sich von denen des Bogendrahts (70) der bestimmten Gruppe unterscheiden, repräsentiert.

15. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei die zweite Stellung im Wesentlichen eine Endstellung repräsentiert.
16. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei der Kontrast in den Bildern als Farbkontrast erscheint.
17. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei der Kontrast in den Bildern als Unterschied in der Schattierung der Bilder erscheint.
18. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei der Kontrast in den Bildern als Unterschied in der Form des Umfangs der Bilder erscheint.
19. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, wobei die Zähne beim Anzeigen ohne mindestens einen Teil der bestimmten Gruppe von Apparaturen angezeigt werden.
20. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 12, das die Handlung des Kaufs der Zahnspange umfasst.
21. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 20, wobei die Handlung des Kaufs die Handlung der Erstellung eines Auftragseingangs unter mindestens teilweiser Verwendung von digitalen Daten, die mindestens einem Teil der bestimmten Gruppe von Apparaturen entsprechen, beinhaltet.
22. Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Zahnspange gemäß Anspruch 21, wobei die Handlung der Erstellung eines Auftragseingangs die Handlung der Erstellung eines Kaufauftrags beinhaltet.
23. Ein computerlesbares Medium, das greifbar ein Programm verkörpert, das zur Durchführung einer Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Zahnspange ausgeführt werden kann, wobei das computerlesbare Medium folgendes umfasst: einen Datensatz, der für eine Anzahl von Zähnen (66) des Zahnbogens (60) repräsentativ ist; eine erste Vorrichtung zum Anzeigen von Bildern mindestens eines Teils der Zähne (66) in Stellungen, wie sie in einer der endgültigen vorhergehenden Stufe der orthodontischen Behandlung erscheinen könnten; und eine zweite Vorrichtung zum Anzeigen von Bildern mindestens eines Teils der Zähne (66) in endgültigen Stellungen, wie sie in Erscheinung treten könnten, wenn eine bestimmte Gruppe von orthodontischen Apparaturen an den Zähnen befestigt ist, wobei die zweite Vorrichtung Mittel zum gleichzeitigen Anzeigen mindestens eines Teils der selben Zähne in der endgültigen Stellung und in den Stellungen der vorhergehenden Stufe aufweist, und wobei mindestens ein Teil der Bilder der angezeigten Zähne (66) in der Stellung der vorhergehenden Stufe und in der endgültigen Stellung übereinander gelegt sind.
24. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei die erste Stufe der orthodontischen Behandlung eine Anfangsstufe der orthodontischen Behandlung ist.
25. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei die zweiten Stellungen der Zähne (66) im Wesentlichen für die Stellungen der Zähne (66) am Ende der orthodontischen Behandlung repräsentativ sind.
26. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei die zweiten Stellungen der Zähne (66) für die Stellungen der Zähne (66) in einer Zwischenstufe der orthodontischen Behandlung repräsentativ sind.
27. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei die erste Zahnspange (62) einen Satz Brackets (64; 68) und einen Bogendraht (70) aufweist.
28. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei die erste Vorrichtung aus einem einen Monitor, einen Drucker und einen Projektor aufweisenden Satz ausgewählt ist.
29. Computerlesbares Medium gemäß Anspruch 23, wobei der übereinander gelegte Teil der Bilder als Farbkontrast oder als Unterschied in der Schattierung erscheint.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

**FIG. 1**



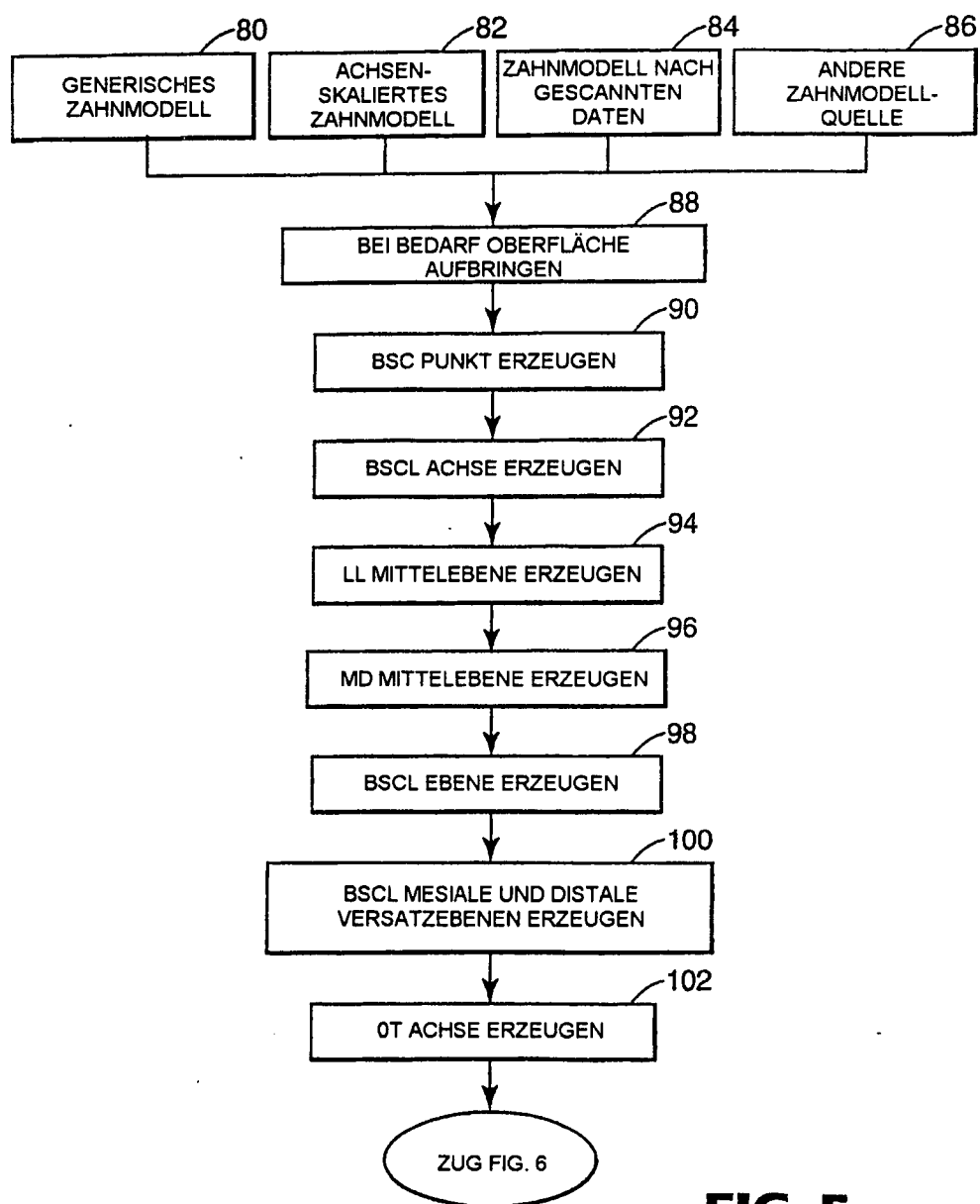


FIG. 5

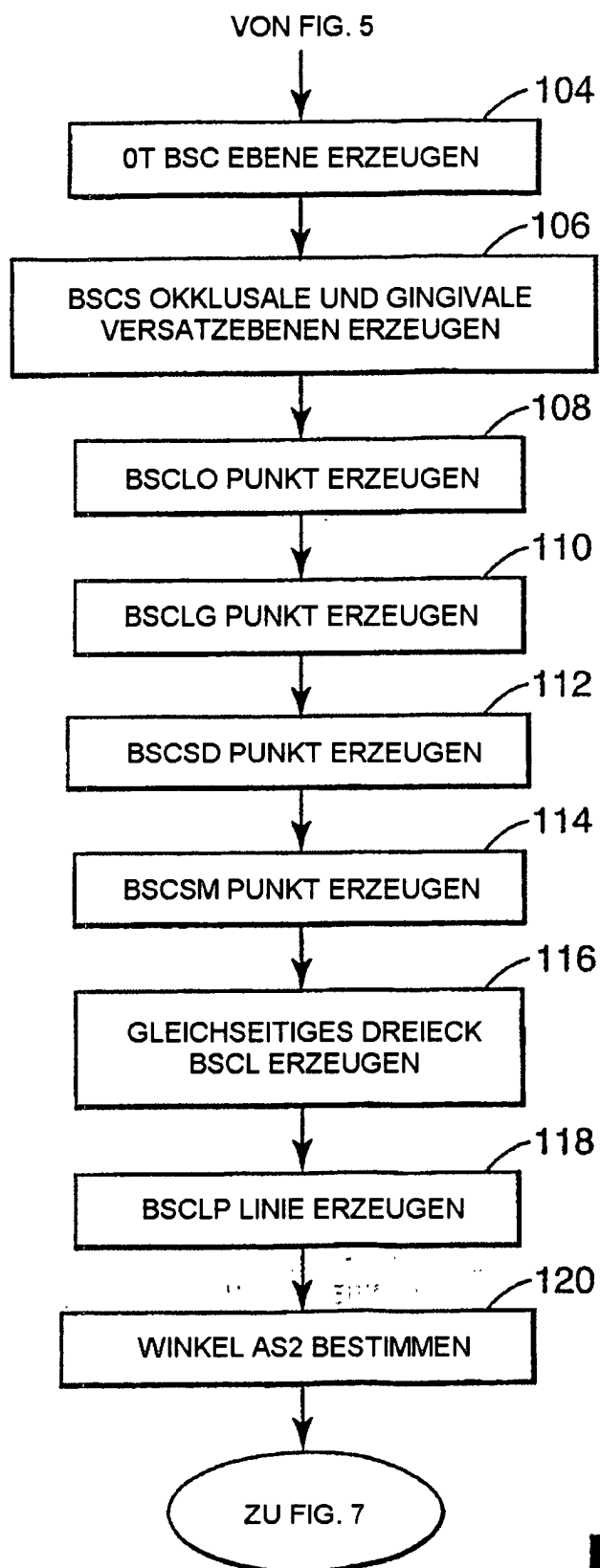
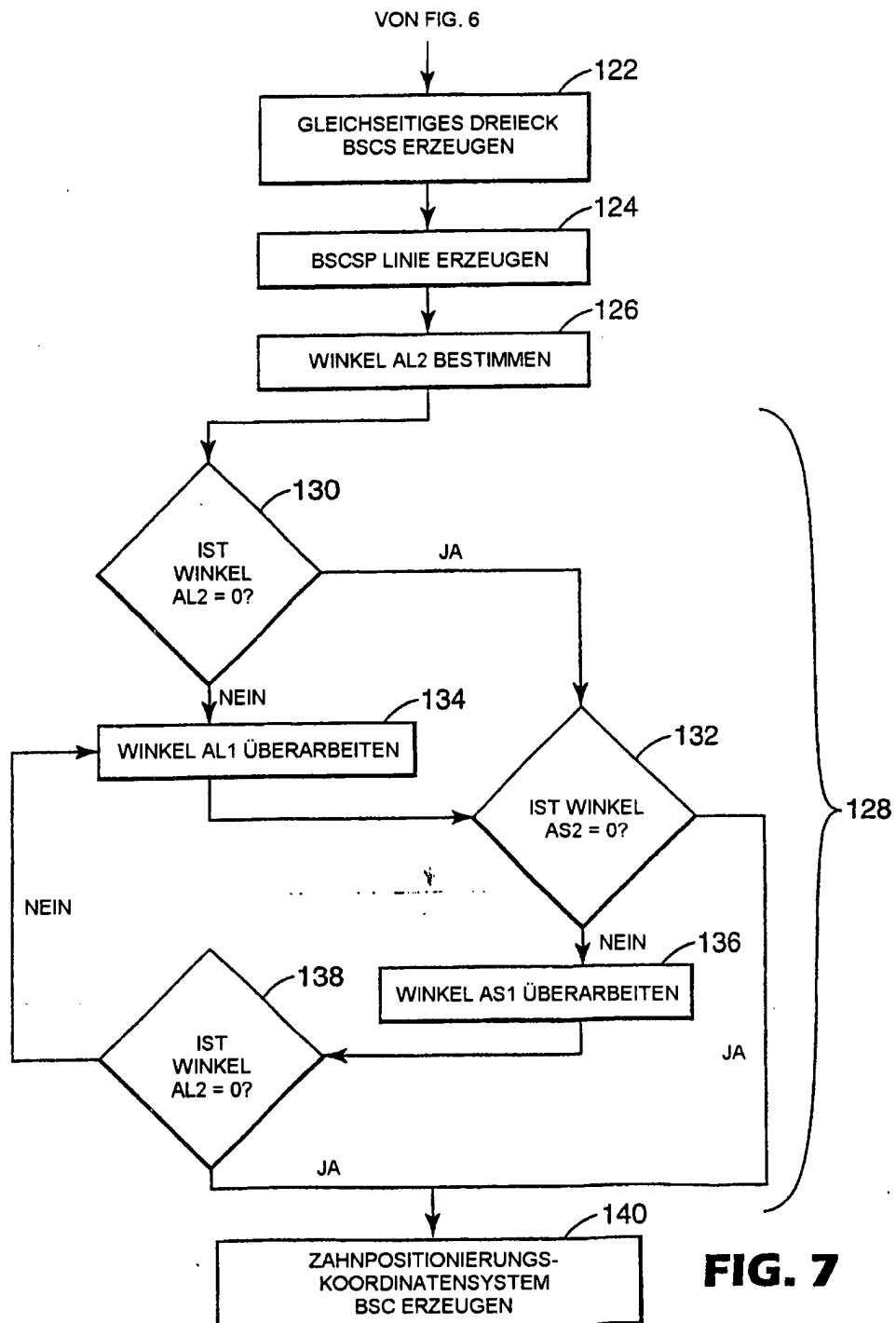


FIG. 6



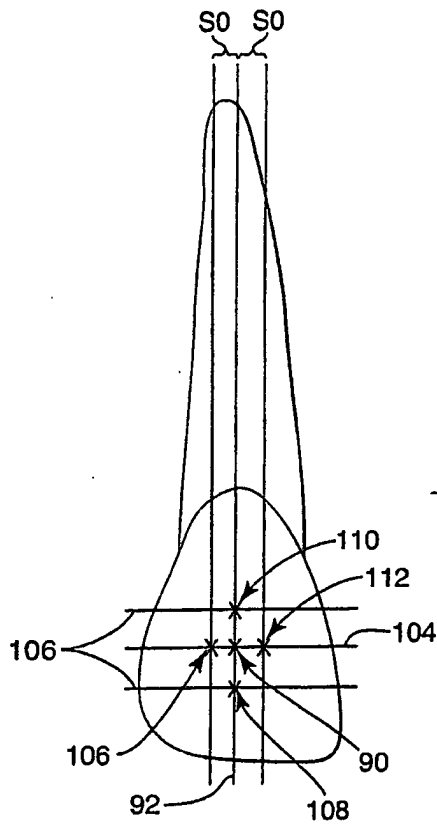


FIG. 8

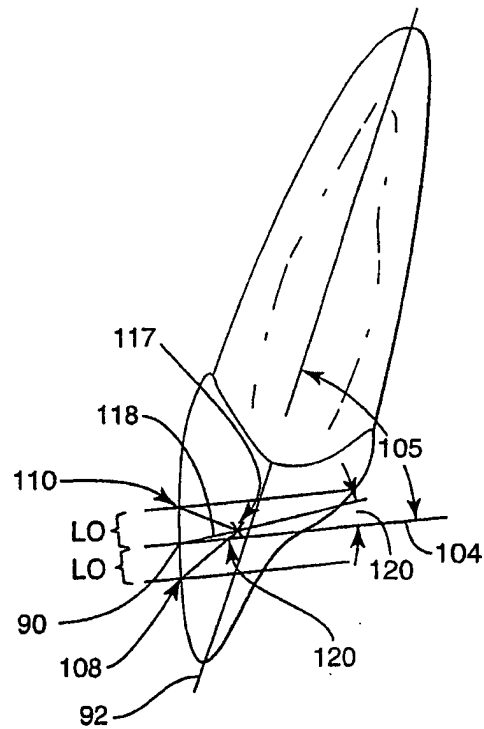


FIG. 9

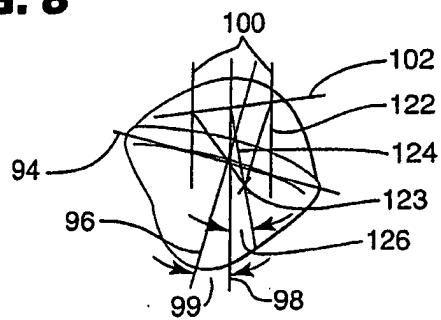


FIG. 10

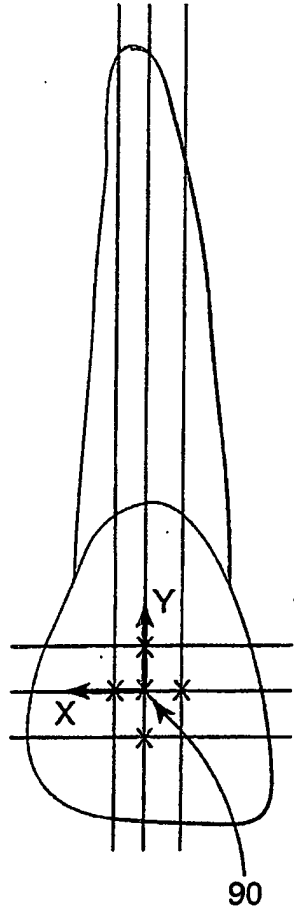


FIG. 11

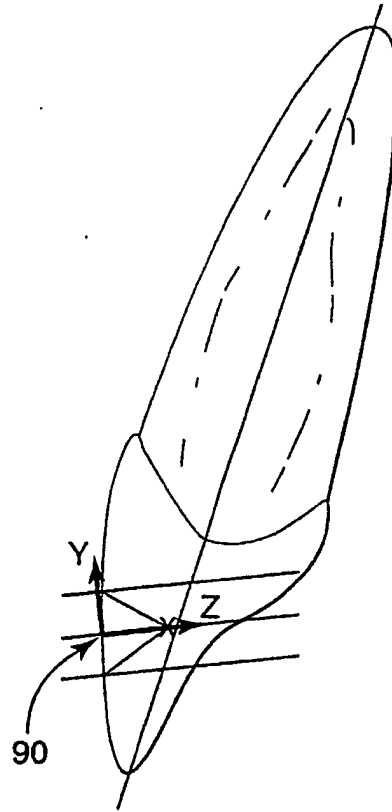


FIG. 12

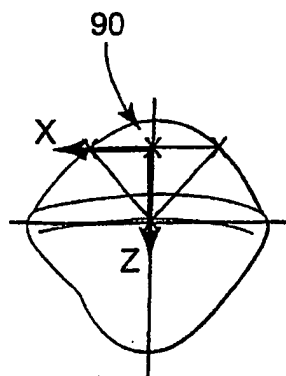


FIG. 13

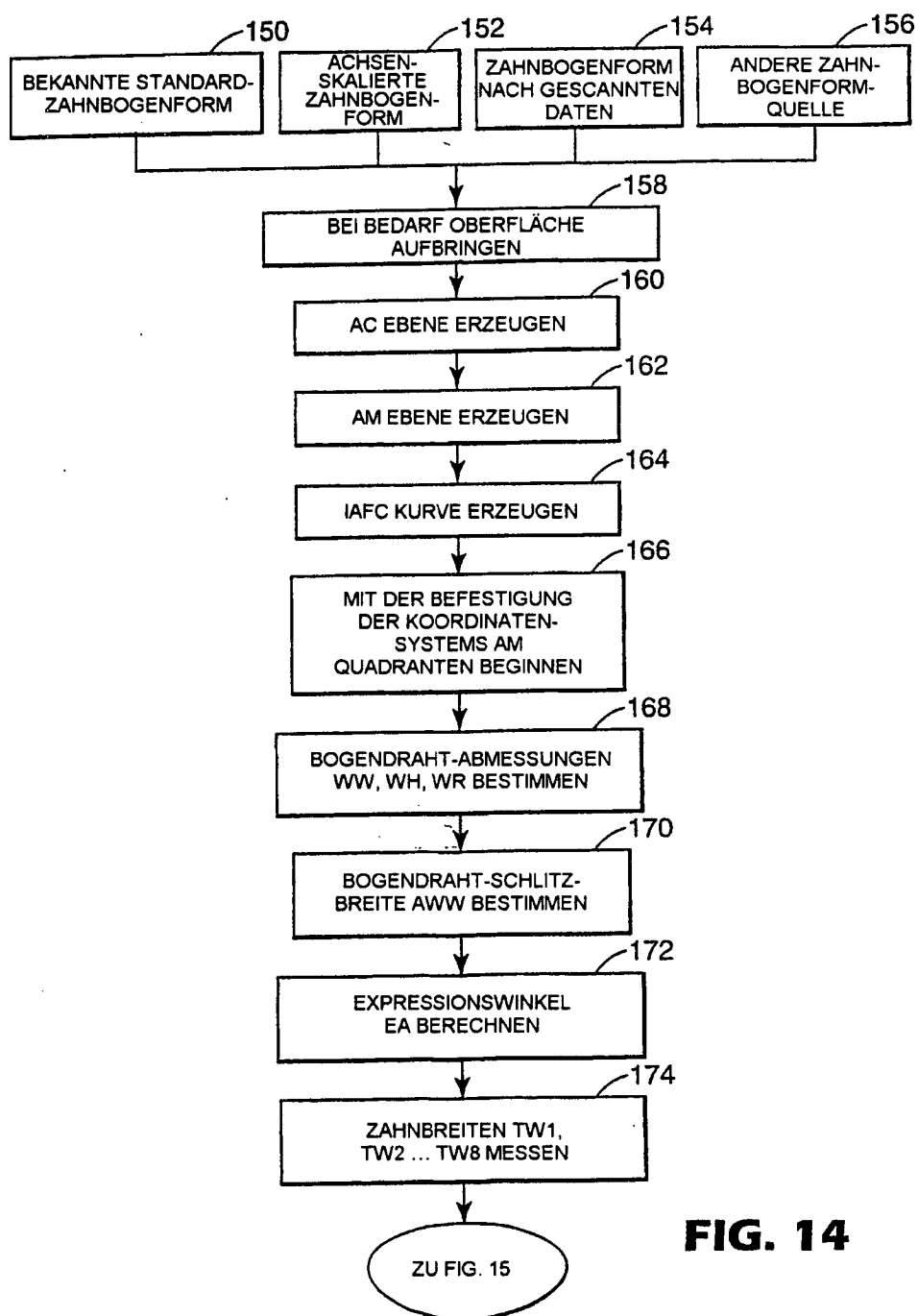


FIG. 14

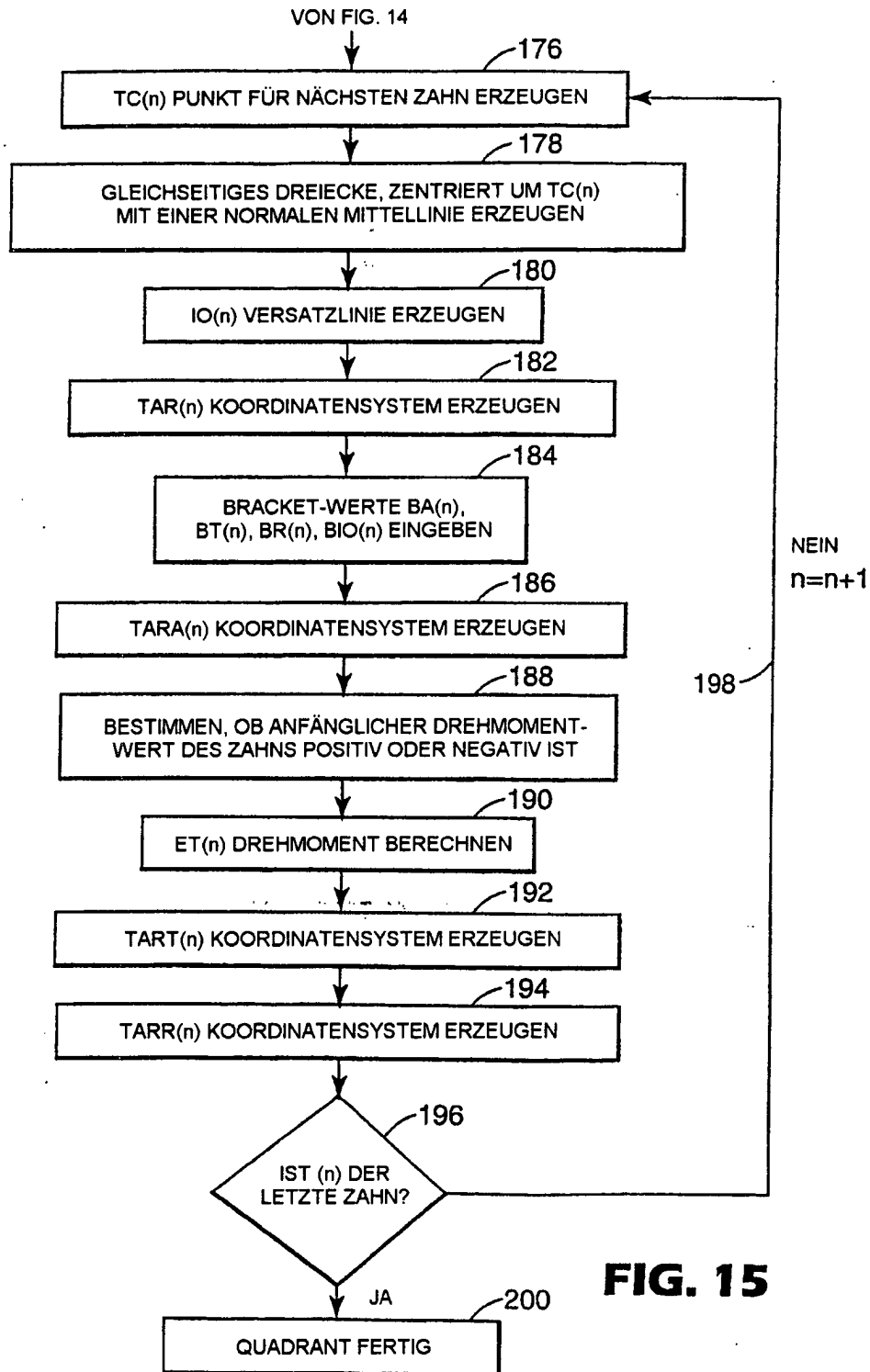
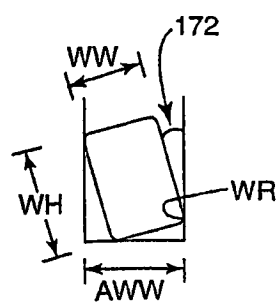
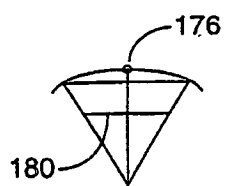
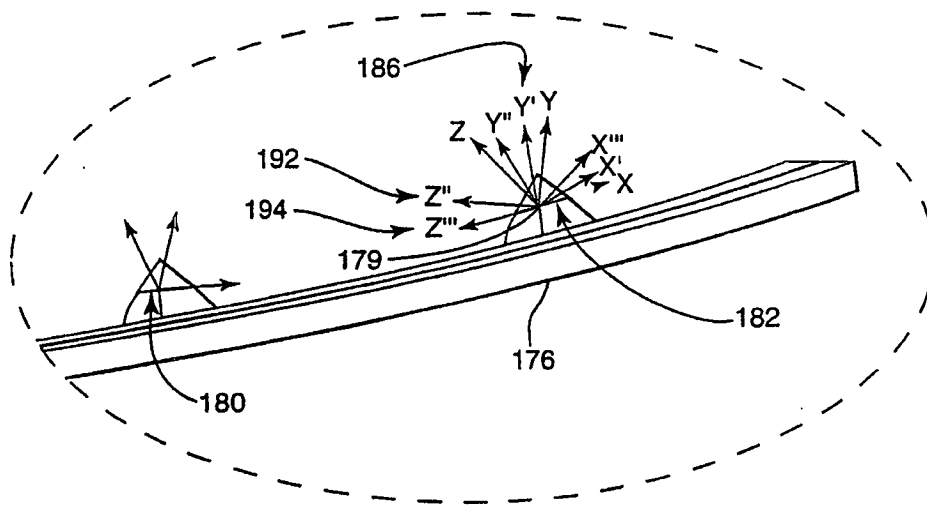
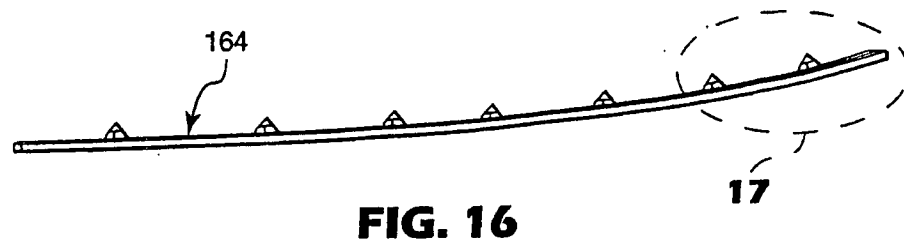


FIG. 15



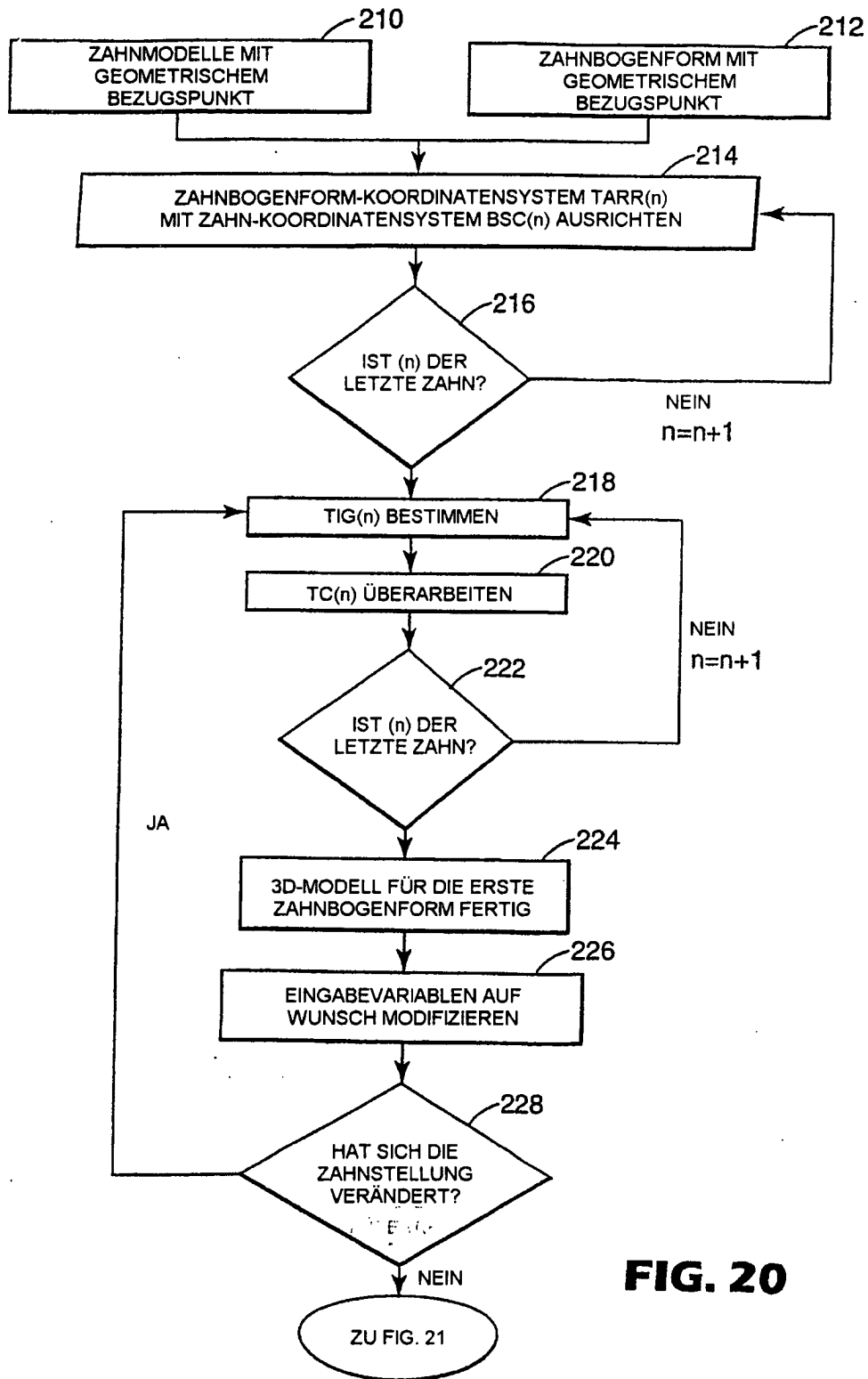


FIG. 20

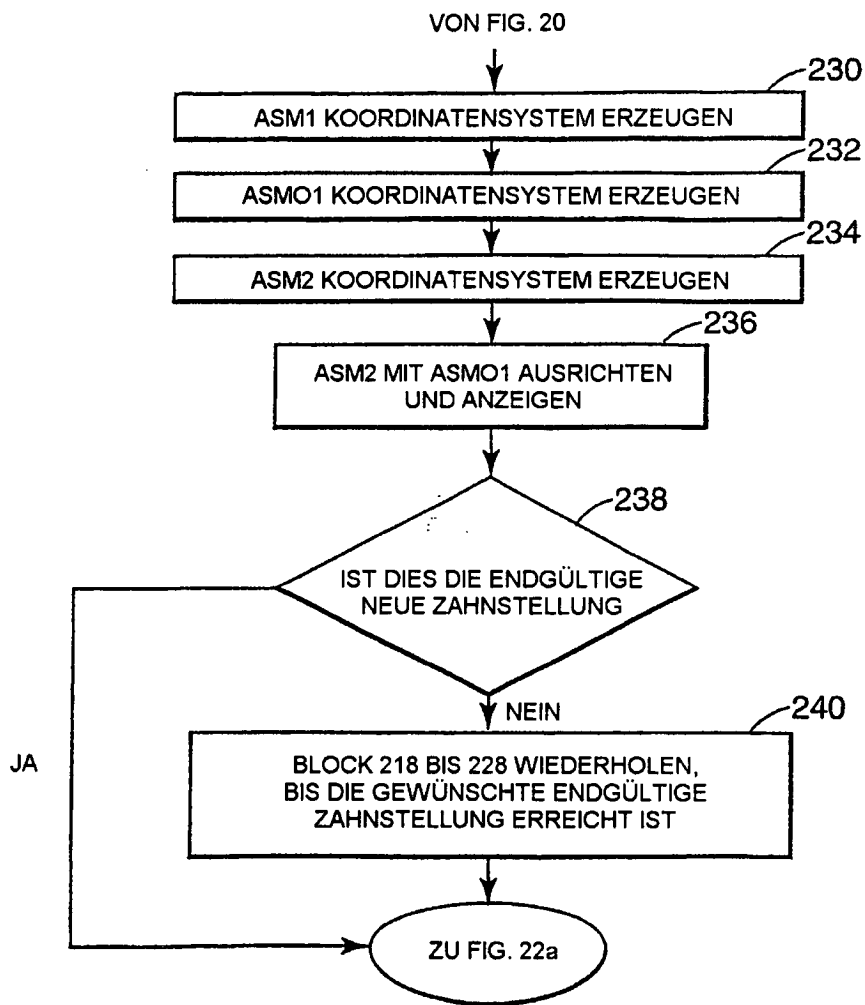
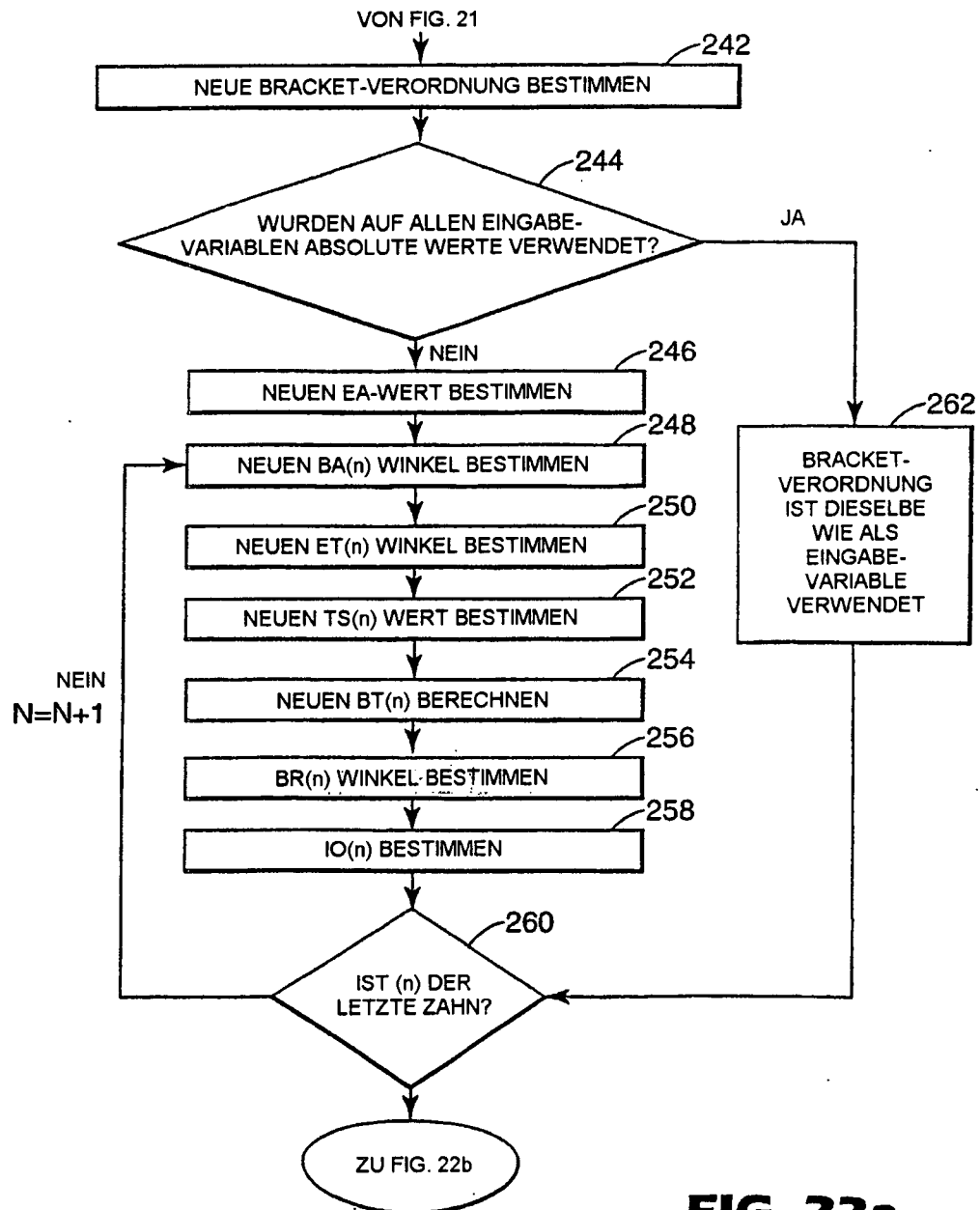


FIG. 21



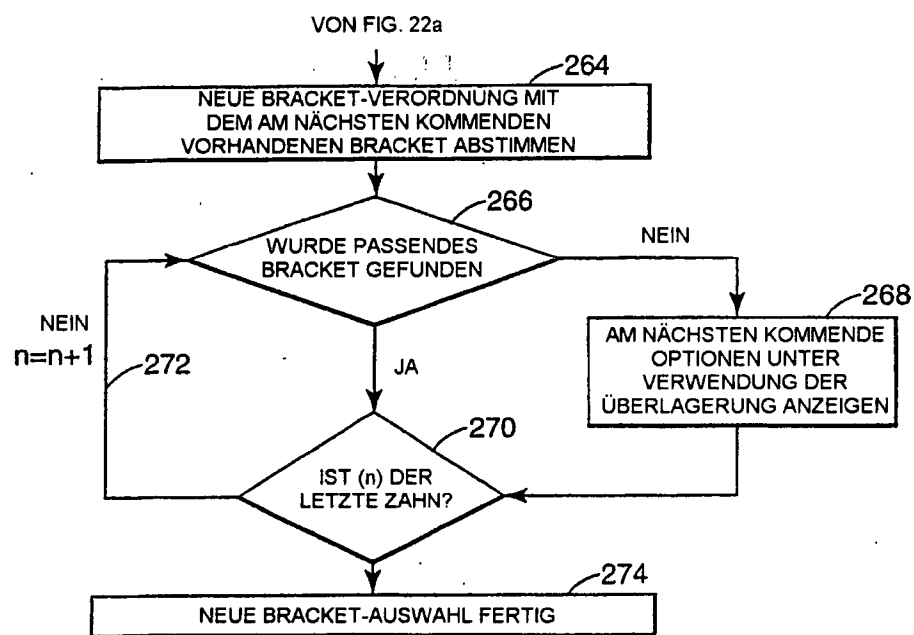


FIG. 22b

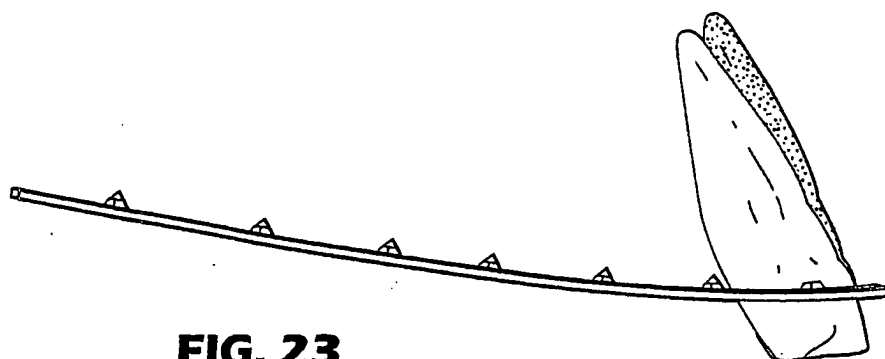


FIG. 23

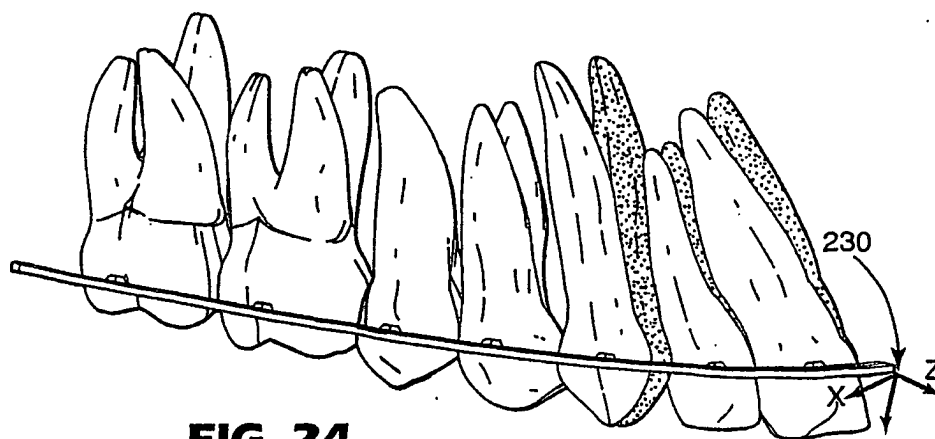


FIG. 24