



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 602 23 424 T2 2008.08.28

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 658 821 B1

(51) Int Cl.⁸: A61C 7/00 (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: 602 23 424.7

(96) Europäisches Aktenzeichen: 05 021 161.4

(96) Europäischer Anmeldetag: 01.05.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 24.05.2006

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 07.11.2007

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 28.08.2008

(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, Robert C., St. Paul, MN 55133-3427,
US; Jordan, Russell A., St. Paul, MN 55133-3427,
US**

(74) Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische 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 eingelebt, 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

Allgemeiner Stand der Technik

1. Gebiet der Erfindung

[0001] Diese Erfindung betrifft Verfahren und eine Vorrichtung verwendet bei einem Patienten in orthodontischer Behandlung. Insbesondere ist die vorliegende Erfindung auf Verfahren und eine Vorrichtung zum Auswählen einer orthodontischen Apparatur hergestellt aus einer oder mehreren Komponenten gerichtet, welche ausgewählt wurden, um das Erreichen eines bestimmten Ziels wie durch den praktischen Arzt bestimmt zu vereinfachen.

2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Die Kieferorthopädie ist ein Zweig der Zahnmedizin, welcher unregelmäßige Stellungen von Zähnen verhindert oder behandelt. Zähne, die sich nicht in der richtigen Stellung befinden, können das ordentliche Kauen von Nahrungsmitteln behindern, und sie können auch zur Bildung von Karies neigen oder zu Zahnfleischerkrankungen beitragen. Ferner können fehlgestellte Zähne ein unansehnliches Erscheinungsbild darstellen, besonders wenn sie sich im Front- oder Vorderabschnitt der Mundhöhle des Patienten befinden.

[0003] Eine orthodontische Apparatur ist ein Gerät, welches zum Bewegen von Zähnen in orthodontisch richtige Positionen entlang des Zahnbogens verwendet wird. Üblicherweise erzeugt der Kieferorthopäde eine maßgeschneiderte orthodontische Apparatur für jeden Patienten durch das Auswählen von Komponenten, welche in bestimmten Richtungen sanften Druck auf die Zähne ausüben. Mit der Zeit neigen die Zähne dazu, sich langsam in Richtung der gewünschten Positionen zu verschieben. Nach längerer Zeit hält das Wachstum neuen Knochengewebes in Bereichen neben den Wurzeln der Zähne die Zähne fest in ihrer neuen Position.

[0004] Ein Art orthodontische Apparatur, die weitverbreitet eingesetzt wird, weist einen Satz orthodontischer Einrichtungen zusammen mit einem Bogendraht auf. Die Einrichtungen weisen üblicherweise eine Anzahl kleiner, geschlitzter Brackets auf, von denen jedes auf einem entsprechenden Zahn entlang des Zahnbogens angeordnet ist. Ein Bogendraht ist in dem Schlitz jeden Brackets aufgenommen und bildet eine Führung zum Führen der Zähne in Richtung gewünschter Positionen. Normalerweise ist ein Satz Einrichtungen und ein Bogendraht sowohl für den oberen als auch den unteren Zahnbogen des Patienten bereitgestellt, und die Behandlung beider Bögen erfolgt zur gleichen Zeit.

[0005] Heute gibt es zahlreiche Verfahren zum Auswählen orthodontischer Einrichtungen und Bogendrähte, und das jeweilige durch den praktischen Arzt verwendete Auswahlverfahren ist abhängig von der Art der orthodontischen Techniken, deren Einsatz während des Verlaufs der orthodontischen Therapie erwartet wird. Zum Beispiel ist eine beliebte Technik als die „gerader Draht“ Technik bekannt, und sie beinhaltet die Verwendung von Brackets mit Schlitten, die so ausgelegt sind, dass sie sich auf einer gemeinsamen Ebene befinden, nachdem die Zähne in die gewünschten endgültigen Positionen bewegt wurden. Obwohl die Schlitte der Brackets zu Beginn der Behandlung aufgrund der verschiedenen Fehlstellungen der Zähne nicht fluchten, stellt die inhärente Elastizität des Bogendrahtes eine Rückstellkraft bereit, welche dazu neigt, den Bogendraht, und somit auch die Schlitte der entsprechenden Brackets, in einer gemeinsamen Ebene in Fluchtung zu bringen.

[0006] Bei der oben beschriebenen geraden Drahttechnik weist jedes der ausgewählten Brackets eine bestimmte "Verordnung" auf, welche bestimmte Eigenschaften des Brackets darstellt. Die Verordnung kann zahlreiche unterschiedliche Aspekte oder Merkmale des Brackets aufweisen, wie die Größe des Bogendrahtschlitzes, sowie die Ausrichtung des Schlitzes relativ zu einer Basis des Brackets, die auf der Zahnoberfläche angeordnet werden soll. Die Verordnung, welche die Ausrichtung des Bogendrahtschlitzes relative zur Basis beschreibt, kann Werte für das Drehmoment, die Winkeligkeit und die Rotation aufweisen. Im Hinblick auf die Zahnbewegung wird das „Drehmoment“ häufig als Kippbewegung der langen Achse des Zahns in einer bukkalial-lingualen Richtung beschrieben (d. h. in Richtung der Lippen oder Wangen und der Zunge des Patienten oder davon weg), „Winkeligkeit“ wird häufig als die Kippbewegung der langen Achse des Zahns in mesialer und distaler Richtung beschrieben (d. h. in Richtung der Mitte des Zahnbogens des Patienten oder davon weg) und „Rotation“ wird häufig als die Rotationsbewegung des Zahnes um seine lange Achse beschrieben.

[0007] Die Verordnung orthodontischer Brackets variiert häufig von Zahn zu Zahn. Zum Beispiel bevorzugen viele praktische Ärzte, dass die lange Achse der unteren Vorderzähne so aufrecht wie möglich ist, und verordnen dementsprechend für diese Zähne ein Bracket mit Drehmoment- und Winkelheitswerten, die relativ gering

sind. Im Gegensatz dazu weisen die oberen mittleren Schneidezähne normalerweise lange Achsen auf, die geneigt sind. Aufgrund dessen verordnet der praktische Arzt obere mittlere Brackets mit Drehmoment- und Winkligkeitswerten, die etwas höher sind. Jedoch kann sich die gewünschte Verordnung von einem Kieferorthopäden zum anderen unterscheiden. Darüber hinaus variiert in einigen Fällen die Verordnung von der normalen Praxis des praktischen Arztes, um die Anfangsstellung eines Zahnes, die Position benachbarter Zähne oder die Ausrichtung gegenüberliegender Zähne bei einem bestimmten Patienten zu berücksichtigen.

[0008] Eine weitere Art der orthodontischen Apparatur ist als ein Positionierer bekannt und weist ein Elastomermaterial auf, welches in die Form einer Schiene geformt ist. Die Schiene weist eine Reihe von aneinander grenzenden Hohlräumen zum Aufnehmen der Zähne auf. Jeder Zahn wird in einen entsprechenden Hohlraum aufgenommen, und die elastische Natur des Elastomermaterials neigt dazu, die Zähne in gewünschte Positionen zu verschieben. Ein Beispiel eines orthodontischen Positionierers ist in US-Patentschrift Nr. 5,055,039 beschrieben.

[0009] Orthodontische Positionierer werden häufig im Labor aus einer Schicht aus Elastomermaterial hergestellt. Ein Verfahren zur Herstellung eines Positionierers weist einen Anfangsschritt der Herstellung eines Abdrucks des Zahnbogens des Patienten unter Verwendung eines Abdruckmaterials auf. Ein Modell des vorliegenden Zahnbogens des Patienten wird dann aus dem gehärteten Abdruck hergestellt. Als nächstes werden Zähne aus dem Modell weggeschnitten und in Wachs in den gewünschten Ausrichtungen umpositioniert. Die Schicht des Elastomermaterials wird dann über die umpositionierten Modellzähne geformt, um eine maßgenaue Schiene zu erzeugen. Das Elastomermaterial ist elastisch und weist ein inhärentes Gedächtnis auf, ist jedoch vorzugsweise ausreichend steif, um sanften Druck auf die Zähne auszuüben, wenn die Schiene über dem Zahnbogen des Patienten positioniert wird. Der Druck durch die Schiene auf die Zähne neigt dazu, die Zähne mit der Zeit in Richtung gewünschter Positionen zu verschieben.

[0010] WO 01/47405 betrifft das virtuelle Design einer orthodontischen Apparatur, welches das Anzeigen des digitalen Bildes der Zahnstellung vor und nach der Behandlung und dann das Design der Apparatur, die für eine solche Korrektur benötigt wird, aufweist.

[0011] US-A-6,068,482 betrifft ein computerisiertes Dentalaufzeichnungsverfahren, welches die bildliche Darstellung der Zähne eines Patienten als ein zweidimensionales Bild aufweist, wobei ein anfängliches dreidimensionales computerisiertes Zahnmodell visuell auf das zweidimensionale Bild der Zähne des Patienten überlagert wird, unter interaktiver Anpassung des dreidimensionalen Bildes und anschließender Speicherung des angepassten Computergraphikmodells der Zähne als die Dentalaufzeichnung.

[0012] WO 99/34747 betrifft ein Verfahren zur virtuellen orthodontischen Behandlung, in welchem ein virtueller Satz orthodontischer Komponenten in einem virtuellen Raum mit einem ersten virtuellen dreidimensionalen Bild der Zähne in Verbindung gebracht wird, und dann kann, durch einen Satz von Regeln, welche die Wirkung des Satzes der Komponenten auf die Zähne definiert, die Wirkung der virtuellen Behandlung berechnet werden.

[0013] US-Patentschrift Nr. 5,975,893 beschreibt ein Verfahren zum inkrementellen Bewegen von Zähnen unter Verwendung einer Reihe von Polymerschienen in aufeinanderfolgender Reihenfolge. Die Schienen werden durch einen Computer entworfen, um mehrere unterschiedliche Zwischenzahnanordnungen sowie eine endgültige Zahnanordnung bereitzustellen. Jede Schiene ist ausreichend elastisch zum Bereitstellen korrigierender Kräfte zum Bewegen der Zähne in relativ kleinen Inkrementen und in Richtung der gewünschten endgültigen Zahnanordnung.

[0014] In der Vergangenheit wählten Kieferorthopäden häufig Verordnungen für Apparaturen durch ihr Wissen aus erster Hand durch Behandlungsergebnisse aus der Vergangenheit mit anderen Patienten und durch das Nachschlagen von Ergebnissen, von denen in der Literatur berichtet wird, aus. Jedoch treten bei einigen Patienten einzigartige Probleme auf, und Verweise auf Techniken, die in der Vergangenheit zufriedenstellend eingesetzt wurden, sind möglicherweise für bestimmte Patienten in der Zukunft nicht geeignet. Zum Beispiel kann in einem bestimmten Fall ein Kraftmodul wünschenswert sein, um das Bewegen der Zähne zu unterstützen, und das Kraftmodul kann die endgültige Stellung der Zähne in einem solchen Maß beeinflussen, dass die Verordnung geändert werden sollte.

[0015] Darüber hinaus wird das Problem der Auswahl einer orthodontischen Verordnung durch die Natur der orthodontischen Behandlung erschwert, weil die Ergebnisse der Behandlung möglicherweise für einige Zeit nicht offensichtlich sind. Die Zahnbewegung erfolgt während der orthodontischen Therapie langsam, um die

Schmerzen, die der Patient erleidet zu verringern, und auch um dem Knochen ausreichende Zeit zum Wachsen und Fixieren jeden Zahns am Ort seiner neuen Position zu geben. Aufgrund dessen bevorzugen praktische Ärzte die Sicherstellung, dass die Verordnung der Apparatur, die zu Beginn ausgewählt wird, zufriedenstellend zum Bewegen der Zähne zu den gewünschten endgültigen Ausrichtungen ist.

[0016] Außerdem ist es manchmal schwierig für den praktischen Arzt, die Wirkungen der Zahnbewegungen vorherzusagen, wenn eine Änderung an der Verordnung der Apparatur vorgenommen wird. Das Problem des Vorhersagens der Zahnbewegung ergibt sich aus der Tatsache, dass die Wurzeln der Zähne in der normalen Ansicht nicht sichtbar sind. Ferner ist die räumliche Wahrnehmung der Zahnbewegung in drei Dimensionen schwierig, besonders wenn eine solche Zahnbewegung durch die Positionen benachbarter Zähne entlang des Zahnbogens beeinflusst werden kann.

[0017] Wie verstanden werden wird, wäre es wünschenswert, ein System zum Vereinfachen der Auswahl einer maßgeschneiderten orthodontischen Apparatur bereitzustellen, und insbesondere ein System zum Vereinfachen der Auswahl einer Verordnung für eine maßgeschneiderte orthodontische Apparatur bereitzustellen. Vorzugsweise wäre ein solches System einfach zu verwenden und würde das Verständnis der Langzeitwirkungen der bestimmten ausgewählten Apparatur vereinfachen. Darüber hinaus sollte ein solches System für die Verwendung mit jeder Art von Apparatur, einschließlich Positionierer, einer Reihe maßgeschneiderter Schienen, Systeme, welche Brackets und Bogendrähte aufweisen, sowie weiterer Arten von Apparaturen, anpassbar sein.

Kurzfassung der Erfindung

[0018] Die vorliegende Erfindung ist auf Verfahren und eine Vorrichtung zum Vereinfachen der Auswahl einer maßgeschneiderten orthodontischen Apparatur gerichtet. Gemäß der Erfindung werden Bilder der Zähne in Ausrichtungen, welche die endgültigen Ausrichtungen bei Abschluss der Behandlung mit einer ersten Apparatur repräsentieren, sowie in Ausrichtungen, welche die endgültigen Ausrichtungen bei Abschluss der Behandlung mit einer zweiten Apparatur repräsentieren, gezeigt. Die Bilder, welche für die Ergebnisse repräsentativ sind, die sowohl durch die erste als auch durch die zweite Apparatur erhalten werden, werden gleichzeitig angezeigt, vorzugsweise in Kontrastbildern, so dass die relativen Wirkungen der beiden Apparaturen auf die sich ergebenden Positionen der Zähne leicht beobachtet werden können. Auf diese Art und Weise kann der praktische Arzt die Ursache-Wirkung-Beziehung zwischen der ausgewählten Apparatur und den endgültigen oder abschließenden Positionen der entsprechenden Zähne besser verstehen.

[0019] Detaillierter ist die vorliegende Erfindung in einer Ausführungsform auf ein Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Apparatur gerichtet. Das Verfahren weist Folgendes auf:
Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens repräsentativ ist;
Auswählen einer ersten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die erste Apparatur eine bestimmte Verordnung aufweist;
Bestimmen erster Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die erste Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist;
Auswählen einer zweiten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der gleichen Zähne in dem Zahnbogen, wobei die zweite Apparatur eine Verordnung aufweist, welche sich von der Verordnung der ersten Apparatur unterscheidet;
Bestimmen zweiter Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die zweite Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist; und
gleichzeitiges Anzeigen eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, wobei mindestens ein Teil der Bilder überlagert ist, und wobei mindestens ein Abschnitt jeglicher Unterschiede in den Ausrichtungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position im Kontrast erscheint, so dass die relative Wirkung der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur beobachtet werden kann.

[0020] Eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist auch auf ein Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur gerichtet. In dieser Ausführungsform weist das Verfahren Folgendes auf:
Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens repräsentativ ist;
Auswählen einer ersten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die erste Apparatur einen ersten Satz von Einrichtungen aufweist, welcher einen Bogendraht und eine Anzahl von Brackets aufweist, und wobei jede Einrichtung des ersten Satzes eine bestimmte Verordnung aufweist;
Bestimmen erster Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die erste Apparatur auf entsprechen-

den Zähnen angeordnet ist;

Auswählen einer zweiten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die zweite Apparatur einen zweiten Satz von Einrichtungen aufweist, welcher einen Bogendraht und eine Anzahl von Brackets aufweist, wobei jede Einrichtung des zweiten Satzes eine bestimmte Verordnung aufweist, und wobei mindestens eine Einrichtung des zweiten Satzes eine Verordnung aufweist, welche sich von der Verordnung einer der Einrichtungen des ersten Satzes unterscheidet;

Bestimmen zweiter Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die zweite Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist; und

gleichzeitiges Anzeigen eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, wobei mindestens ein Teil der Bilder in Bezug aufeinander überlagert ist, und wobei mindestens ein Abschnitt jeglicher Unterschiede in den Ausrichtungen der angezeigten Bilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position im Kontrast erscheint, so dass die relative Wirkung der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur beobachtet werden kann.

[0021] Die vorliegende Erfindung ist in einer weiteren Ausführungsform auch auf ein computerlesbares Medium gerichtet, welches konkret ein Programm verkörpert, das zum Durchführen der Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur ausführbar ist. Das computerlesbare Medium weist einen Datensatz auf, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens repräsentativ ist, sowie ein erstes Mittel zum Anzeigen von Bildern von mindestens einigen der Zähne in ersten Positionen wie sie aussehen könnten, wenn eine erste Apparatur auf den Zähnen angeordnet ist. Das computerlesbare Medium weist auch ein zweites Mittel zum Anzeigen von Bildern von mindestens einigen der Zähne in zweiten Positionen wie sie aussehen könnten, wenn eine zweite Apparatur auf den Zähnen angeordnet ist, auf. Das zweite Mittel weist ein Mittel zum gleichzeitigen Anzeigen von mindestens einigen der Bilder der gleichen Zähne in den zweiten Positionen und den ersten Positionen auf. Mindestens ein Teil der Bilder der angezeigten Zähne in der ersten Position und in der zweiten Position ist überlagert.

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

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0023] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, welches die Gesamtstritte eines Computerprogramms zum Auswählen einer Verordnung einer orthodontischen Apparatur gemäß der Erfindung zeigt;

[0024] [Fig. 2](#) ist eine Draufsicht von vorn eines Beispiels einer Art der orthodontischen Apparatur, die auf einem oberen Zahnbogen eines Patienten angeordnet ist, und in diesem Fall weist die Apparatur eine Anzahl von Brackets zusammen mit einem Bogendraht, der in den Schlitten jeden Brackets aufgenommen ist, auf;

[0025] [Fig. 3](#) veranschaulicht ein Beispiel einer Art der Anzeige von Informationen, die durch die vorliegende Erfindung zur Unterstützung bei der Auswahl einer orthodontischen Apparaturverordnung bereitgestellt werden;

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

[0027] [Fig. 5–Fig. 7](#) ist ein detaillierteres Blockdiagramm eines Abschnittes des in [Fig. 1](#) allgemein gezeigten Programms und betrifft die Erzeugung einer geometrischen Referenz für Modellzähne;

[0028] [Fig. 8–Fig. 10](#) sind Draufsichten von vorn, von der Seite bzw. von unten eines Modellzahns, welche ein Beispiel der Erzeugung des in [Fig. 5–Fig. 7](#) beschriebenen Koordinatensystems veranschaulichen;

[0029] [Fig. 11–Fig. 13](#) sind Draufsichten von vorn, von der Seite bzw. von unten eines exemplarischen, sich ergebenden Zahnkoordinatensystems erhalten für einen einzelnen Zahn unter Verwendung des in [Fig. 5–Fig. 7](#) dargelegten Programms;

[0030] [Fig. 14–Fig. 15](#) zeigen ein detaillierteres Blockdiagramm eines weiteren Abschnittes des Programms von [Fig. 1](#) und beschreiben ein Beispiel eines Verfahrens zum Erstellen einer geometrischen Referenz für eine Bogenform;

[0031] [Fig. 16](#) ist eine Draufsicht von einem Quadranten einer Bogenform, welche die Konstruktion exemplarischer Koordinatensysteme entlang der Bogenform durch Befolgun des in den Blöcken **14–15** dargelegten

Verfahrens veranschaulicht;

[0032] [Fig. 17](#) ist eine vergrößerte, fragmentarische Ansicht eines Abschnittes der Bogenform und zweier der in [Fig. 16](#) veranschaulichten Koordinatensysteme;

[0033] [Fig. 18](#) ist eine vergrößerte Ansicht, welche einen Teil eines der in [Fig. 17](#) dargestellten Koordinatensysteme zeigt;

[0034] [Fig. 19](#) ist eine vergrößerte, fragmentarische Querschnittsansicht eines Bogendrahtes, der in einem Schlitz eines orthodontischen Brackets aufgenommen wird, und veranschaulicht, zu exemplarischen Zwecken, die Bewegung des Bogendrahtes innerhalb des Schlitzes in eine nichtfluchtende Position;

[0035] [Fig. 20–22](#) ist ein detaillierteres Blockdiagramm eines weiteren Abschnittes des in [Fig. 1](#) veranschaulichten Programms, welches ein Beispiel eines Verfahrens zum Erzeugen virtueller Dentition and Okklusion zeigt;

[0036] [Fig. 23](#) ist eine perspektivische Ansicht einer Bogenform und eines einzelnen Modellzahns, welche ein Beispiel der Verwendung der Koordinatensysteme zum Anbringen des Modellzahnes an der Bogenform in einer bestimmten Ausrichtung veranschaulicht; und

[0037] [Fig. 24](#) ist eine Ansicht etwa ähnlich [Fig. 23](#), außer dass alle der Modellzähne in dem Quadranten an der Bogenform angebracht wurden.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0038] Ein Verfahren zum Auswählen einer maßgeschneiderten orthodontischen Apparatur gemäß der vorliegenden Erfindung ist durch das in [Fig. 1](#) gezeigte Flussdiagramm allgemein beschrieben und durch Nummer **30** bezeichnet. Das Verfahren weist die Handlung des Erzeugens eines Datensatzes, der für die fehlokkludierten Zähne des Patienten repräsentativ ist auf (Block **31**). Der Datensatz kann durch jegliches geeignetes in der Technik bekanntes Mittel erhalten werden.

[0039] Zum Beispiel kann der Datensatz, der für die fehlokkludierten Zähne repräsentativ ist, durch die Verwendung einer intraoralen Kamera, die in den Mundraum des Patienten gehalten wird, oder durch die Verwendung einer Röntgenvorrichtung oder einer anderen Art von Strahlungsvorrichtung erzeugt werden. Alternativ dazu kann der Satz elektronischer Daten durch die Verwendung einer Kontaktsonde erhalten werden, welche die Oberfläche der Zähne des Patienten an mehreren Stellen erfasst.

[0040] Als eine weitere Alternative können die Daten, die für die fehlokkludierten Zähne des Patienten repräsentativ sind, zuerst durch das Abnehmen eines Abdruckes der Zähne des Patienten unter Verwendung eines härtbaren Abdruckmaterials erhalten werden. Als nächstes wird ein Datensatz durch das Scannen des Abdruckes mit einer Kamera oder einem anderen Gerät, oder durch die Verwendung der Vorrichtung, die in der veröffentlichten PCT-Anmeldungsnummer WO 97/03622 beschrieben ist, erhalten. Als eine weitere Option kann ein Steinmodell aus dem entstehenden Abdruck hergestellt werden, und der Datensatz wird dann durch das Scannen des Modells durch Verwendung eines mechanischen Profilometers, der das Modell mechanisch abtastet, oder durch Verwendung der Vorrichtung, die in der PCT-Anmeldung WO 97/03622 beschrieben ist, erhalten.

[0041] Der Datensatz, der für die fehlokkludierten Zähne repräsentativ ist, wird im Speicher wie in Block **32** angegeben gespeichert. Optional werden die fehlokkludierten Zähne als ein visuelles Bild wie durch Block **33** gezeigt angezeigt. Das Bild wird vorzugsweise auf einem Computermonitor angezeigt, obwohl auch andere Verfahren zum Zeigen oder Anzeigen der Informationen möglich sind. Zum Beispiel können die Bilder durch einen Drucker ausgedruckt oder auf eine Projektionsfläche projiziert werden.

[0042] Als nächstes, und wie durch Block **34** gezeigt, werden Daten, die separat jede der Zahnkronen des Patienten repräsentieren, erhalten. Die einzelnen Kronendaten werden durch Trennung der Daten, die für die fehlokkludierten Zähne stehen, in einzelne Datensätze, die jeden Zahn repräsentieren, erhalten. Jeder Zahn wird durch den Zahntyp, wie ein unterer rechter erster Backenzahn oder ein oberer linker Eckzahn, identifiziert. Die Zähne können durch Eingabe vom praktischen Arzt identifiziert werden. Zum Beispiel kann ein Programm bereitgestellt sein, welches es dem praktischen Arzt ermöglicht, den Cursor über dem Bild der fehlokkludierten Zähne auf einem Computermonitor zu positionieren und dann die entsprechende Zahnidentität auszuwählen

oder einzugeben. Alternativ dazu kann der Computer jedem Zahn eine Identität in aufeinanderfolgender Reihenfolge entlang der Zahnbögen zuweisen, nachdem der praktische Arzt verifiziert hat, dass alle der erwarteten Zähne in dem Bild vorliegen.

[0043] Wie in Block **35** gezeigt, wird dann ein Datensatz, der die einzelnen Zähne repräsentiert, aus den Daten, welche die einzelnen Kronen repräsentieren, erhalten. Vorzugsweise weisen die Daten, welche die Zähne wie in Block **35** angegeben, repräsentieren, die komplette Struktur des Zahns auf, einschließlich aller Abschnitte der Zahnwurzel oder -wurzeln. Dieser Datensatz kann durch jegliches geeignetes Mittel erzeugt werden. Zum Beispiel könnte dieser Datensatz durch das Auswählen bestimmter Daten aus einer Bibliothek generischer Zahnmodelldaten bereitgestellt werden. Optional könnte der praktische Arzt einen Modellzahn auswählen, welcher eine Krone aufweist, die in Größe und Konfiguration ähnlich der entsprechenden tatsächlichen Zahnkrone des Patienten ist. Wenn der Patient zum Beispiel 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 mehreren oberen linken Modellseitenzähnen ausgewählt.

[0044] Als ein weiteres Beispiel können die Daten, die für Zähne wie in Block **35** dargelegt repräsentativ sind, durch Verwendung von Daten für einen Modellzahn bereitgestellt werden, die in den Maßen skaliert sind, wie sie für die relativen Maße, die dem tatsächlichen Zahn des Patienten entsprechen, benötigt werden. In diesem Beispiel werden die Daten, welche ein Zahnmodell repräsentieren, aus einer Bibliothek von Zähnen erhalten. Die Daten werden dann wie benötigt verändert, um die Größe des Zahnmodells entlang einer oder mehrerer Referenzachsen zu erhöhen oder zu verringern, bis das Zahnmodell eine ähnliche Größe und/oder Form des entsprechenden Zahns des Patienten aufweist.

[0045] Die Skalieroperation (d. h. die Manipulation der Daten zum Vergrößern oder Verkleinern des Modellzahnes entlang einer oder mehrerer Achsen) kann durch den praktischen Arzt durch visuellen Vergleich des Bildes des Modellzahns mit dem Erscheinungsbild des tatsächlichen Zahns des Patienten durchgeführt werden. Alternativ dazu kann die Skalieroperation durch Software durchgeführt werden, welche die Maße des Modellzahns entlang einer oder mehrerer Achsen als Reaktion auf einen Vergleich elektronischer Daten, welche den tatsächlichen Zahn des Patienten repräsentieren, anpasst. Der Skalierprozess erfolgt für jeden Zahn im Zahnbogen wie erforderlich.

[0046] Optional können Daten, die für die Kronen der tatsächlichen Zähne des Patienten repräsentativ sind, mit Daten, welche die Wurzeln von Modellzähnen repräsentieren, die aus einer Bibliothek von Zahnwurzeln ausgewählt wurden, verbunden werden. Falls gewünscht, können die Daten, welche die Zahnwurzelmodelle repräsentieren, wie benötigt entsprechend der Richtungen entlang einer oder mehrerer Referenzachsen verändert werden, bis das Zahnwurzelmodell in Größe und/oder Form der entsprechenden Zahnwurzel des Patienten ähnelt oder bis es in Größe und/oder Form für das Zusammenfügen mit den entsprechenden Kronen angemessen ist. Die Skalieroperation der Zahnwurzel kann wie oben beschrieben erfolgen.

[0047] Vorzugsweise weist die Handlung des Bereitstellens eines Datensatz, der für eine Anzahl von Zähnen eines Zahnbogens wie durch Block **35** angezeigt repräsentativ ist, die Handlung des Bereitstellens von Daten, welche die Oberfläche der Zähne repräsentieren oder ihr mindestens annähernd entsprechen, auf. Die Oberflächendaten können Teil eines festen Modells, eines Modells, das mit einer Oberfläche versehen wurde, eines Drahtrahmenmodells oder eines Modells mit Punktwolken-Oberflächendaten sein. Es ist bevorzugt, dass Oberflächendaten in den Schritten unten genutzt werden, um ein Bild bereitzustellen, welches nahezu ähnlich dem Erscheinungsbild natürlicher Zähne ist.

[0048] Eine erste orthodontische Apparatur wird dann wie durch Block **36** gezeigt ausgewählt. Die Apparatur kann jeden geeigneten Typs sein, der durch den praktischen Arzt gewünscht wird. Zum Beispiel kann die erste Apparatur ein System geschlitzter orthodontischer Brackets zusammen mit einem Bogendraht, der in die Schlüsse der Brackets aufgenommen wird, sein. In diesem Fall würde der praktische Arzt auch die Verordnung der Brackets und des Bogendrahtes auswählen.

[0049] Die Verordnung für das orthodontische Bracket kann jeglichen einen oder mehrere einer Anzahl von Werten aufweisen, die bestimmte Strukturmerkmale, Maßeigenschaften, Materialeigenschaften oder weitere Aspekte des Brackets repräsentieren. Zum Beispiel kann die Verordnung Werte aufweisen, welche das Drehmoment, die Winkeligkeit und die Rotation bereitgestellt durch das Bracket repräsentieren. Die Verordnung des Brackets kann auch einen „Ein/Aus“-Wert aufweisen, welcher zum Beispiel die kürzeste Entfernung zwischen der lingualen Seite des Bogendrahtschlitzes und der nach außen zeigenden Seite der Bracketbasis, die an der Oberfläche des Zahns des Patienten anliegen oder sich nahe daran befinden soll, repräsentieren kann. Die

Verordnung für das Bracket kann auch weitere Aspekte aufweisen, wie die labial-linguale Tiefe des Bogendrahtschlitzes, die okklusal-gingivale Breite des Bogendrahtschlitzes und die mesial-distale Länge des Bogendrahtschlitzes. Die Verordnung des Brackets kann gegebenenfalls auch das Material des Brackets und/oder das Material der Struktur, welche den Bogendrahtschlitz definiert (wie ein Bogendrahtschlitz-Liner), und die Art oder Klassifizierung der Einrichtung (d. h. ein „Begg“-Bracket, ein Twin-Bracket oder ein Bracket mit Rotationsflügeln) aufweisen. Die Verordnung des Brackets kann auch lineare und/oder Winkeltoleranzen der verschiedenen Dimensionen und Winkligkeiten aufweisen.

[0050] Die Verordnung für einen Bogendraht kann ähnlich jeglichen einen oder mehrere einer Anzahl von Werten aufweisen, welche bestimmte Strukturmerkmale, Maßeigenschaften, Materialeigenschaften oder weitere Aspekte des Bogendrahtes repräsentieren. Zum Beispiel kann die Verordnung Werte aufweisen, welche die Form des Bogendrahtes repräsentieren, wie die Querschnittsform (ob rund, rechteckig oder quadratisch), sowie seine Gesamtform, wenn er in seiner normal entspannten Konfiguration vorliegt (d. h. ob er in einer flachen Ebene liegt, wenn er entspannt ist, oder ob er so konstruiert ist, dass er eine umgekehrte Spee-Kurve aufweist, wenn er entspannt ist). Darüber hinaus kann die Verordnung des Bogendrahts seine Gesamtmaße, wenn er entspannt ist, aufweisen, sowie seine Querschnittsmaße (wie sein Durchmesser für einen Bogendraht mit einer runden Querschnittskonfiguration, und seine Breite und Tiefe für Bogendrähte mit einer rechteckigen Querschnittskonfiguration). Die Verordnung für den Bogendraht kann auch seine Zusammensetzung, Steifigkeit und/oder Werte aufweisen, welche Reibungseigenschaften des Bogendrahtes bei der Verwendung repräsentieren.

[0051] Wie hierin verwendet, umfasst das Wort „Bracket“ Brackets für die Front-, Eck- und zweihöckrigen Zähne des Patienten sowie orthodontische Röhrchen wie bukkale Röhrchen. Buccale Röhrchenbrackets sind üblicherweise auf den Backenzähnen des Patienten angeordnet und nehmen Enden des Bogendrahtes auf. Gegebenenfalls sind die bukkalen Röhrchen umwandelbar. Bei umwandelbaren Röhrchen kann der röhrenförmige Durchgang, falls gewünscht, durch den praktischen Arzt „geöffnet“ werden, um einen Schlitz zu erzeugen, der entlang einer Seite offen ist, wie entlang seiner bukkalabialen Seite.

[0052] Ein Beispiel eines Systems von Brackets und Bogendrähten ist in [Fig. 2](#) veranschaulicht. In [Fig. 2](#) ist ein Zahnbogen **60** eines Patienten zusammen mit einer ersten Apparatur **62** gezeigt. Die erste Apparatur **62** weist einen Satz von Brackets **64** auf, von denen jedes an einen entsprechenden Zahn **66** des Zahnbogens **60** gebunden ist. Buccale Röhrchenbrackets **68** sind auf den Backenzähnen des Zahnbogens **60** angeordnet. Die Brackets **64, 68** weisen Schlitze oder Kerben auf, welche einen Bogendraht **70** aufnehmen. Obwohl in [Fig. 2](#) nur ein oberer Zahnbogen dargestellt ist, sollte in dieser Hinsicht verstanden werden, dass eine Apparatur ähnlich der Apparatur **62** am unteren Zahnbogen des Patienten befestigt werden kann.

[0053] Der Bogendraht **70** wird an den Brackets **64, 68** durch eine ligierende Struktur befestigt, wie Drahtbinde oder die in [Fig. 2](#) gezeigten winzigen Elastomer-O-Ringe. Alternativ dazu können die Brackets **64, 68** auch von der Art bekannt als „selbstligierende“ Brackets sein, welche Schiebeclips, Verschlüsse oder eine andere Art von Riegeln aufweisen, um den Bogendraht **70** an Ort und Stelle zu halten. Der Bogendraht **70** bildet eine Führung zum Führen der Bewegung der Brackets **64, 68** sowie der damit verbundenen Zähne in Richtung von Positionen wie durch den praktischen Arzt ausgewählt.

[0054] Als eine Alternative kann die erste orthodontische Apparatur etwas anderes als ein System aus Brackets und Bogendrähten sein. Zum Beispiel, kann die erste Apparatur ein orthodontischer Positionierer sein. Beispiele geeigneter Positionierer sind in US-Patentschrift Nr. 5,055,039 und 5,975,893 beschrieben.

[0055] Der orthodontische Positionierer wie durch den praktischen Arzt ausgewählt, weist eine bestimmte Verordnung bestehend aus einem oder mehreren Aspekten auf. Zu Beispielen dieser Aspekte zählen die Position, Ausrichtung und/oder Form von Aussparungen in dem Positionierer, welche die Zähne des Patienten aufnehmen, wenn sich der Positionierer in der Mundhöhle an Ort und Stelle befindet. Zu weiteren Aspekten der Verordnung können die Steifheit des Materials des Positionierers, die Zusammensetzung des Materials und die Größe und Positionierung freier Räume, wenn vorhanden, zählen.

[0056] Als nächstes wird ein Datensatz erster Positionen der Zähne wie in Block **38** dargelegt erzeugt. Die ersten Positionen der Zähne sind repräsentativ für die Zahnausrichtungen, wie sie aussehen könnten, wenn die erste orthodontische Apparatur wie in Block **32** dargelegt mit den Zahnmodellen verbunden ist und sich die Modellzähne als Reaktion auf Kräfte, die auf die Zähne ausgeübt werden, in eine endgültige Anordnung bewegen haben. In der Praxis müssen die Zahnmodelle und die erste Apparatur nicht physikalisch miteinander verbunden sein oder sogar in einem Bild in Verbindung zueinander stehen. Stattdessen ist es lediglich notwendig,

dass der Datensatz, welcher die ersten Positionen der Zähne repräsentiert, die endgültigen Positionen repräsentiert, welche diese Zähne einnehmen oder nahezu einnehmen werden, wenn, hypothetisch, die erste Apparatur in physikalischer Form konstruiert und auf den tatsächlichen Zähnen des Patienten angeordnet oder anderweitig damit verbunden wird. Ein Beispiel eines Verfahrens zum Bestimmen der ersten Positionen der Zähne ist in einem anschließenden Abschnitt unten beschrieben. Vorzugsweise wird der Datensatz der endgültigen Positionen der Zähne wie durch Block **39** angegeben im Speicher gespeichert.

[0057] Vorzugsweise sind die in Block **39** sowie in Block **32** gezeigte Speicherung und der Speicher in einer Datendatei enthalten (oder sie werden mit einer Datendatei in Verbindung gebracht), welche weitere Informationen in Bezug auf einen bestimmten Patienten enthält, wie Informationen in Bezug auf die dentale oder medizinische Vorgesichte, weitere Informationen bezüglich der Dentition des Patienten und/oder Informationen in Bezug auf die Adresse, Notfallkontakte und das Konto des Patienten.

[0058] Die endgültigen Positionen der Zähne werden gegebenenfalls auch wie durch Block **40** angegeben angezeigt. Die Informationen können durch das Anzeigen der Informationen auf einem Bildschirm, durch das Ausdrucken der Informationen auf Papier durch einen Drucker bekannt gemacht oder anderweitig an den Benutzer kommuniziert werden. Zum Beispiel kann der praktische Arzt wählen, sich numerische Daten anzusehen, welche die Ausrichtung einiger oder aller der Zähne repräsentieren, wenn sie sich in der endgültigen Position befinden. In diesem Beispiel kann der praktische Arzt zum Beispiel daran interessiert sein zu erfahren, ob der untere linke Eckzahn unter dem Einfluss der ersten Apparatur mit einer bestimmten Winkelrotation gedreht wurde oder nicht. Wenn der praktische Arzt mit den angezeigten endgültigen Positionen der Zähne zufrieden ist, kann die Auswahl einer zweiten Apparatur zum Zweck des Vergleichs weggelassen werden. Dies ist jedoch nicht Teil der Erfindung.

[0059] Wie durch Block **41** angegeben, werden dem praktischen Arzt Bilder bereitgestellt, die mindestens einen Zahn zeigen, wenn er sich in einer ersten Position befindet, und gleichzeitig mindestens einen Zahn zeigen, wenn er sich in einer zweiten Position befindet. Zum Beispiel kann die erste Position und/oder die zweite Position eine Position des Zahnes an einer bestimmten Zwischenstufe der Behandlung sein. Die Bilder werden vorzugsweise auf einem Computermonitor angezeigt, obwohl auch weitere Verfahren des Zeigens oder Anzeigens der Informationen möglich sind. Zum Beispiel können die Bilder durch einen Drucker ausgedruckt, auf eine Projektionsfläche projiziert oder durch andere Mittel gezeigt werden.

[0060] Mindestens ein Teil der Bilder sind in Bezug aufeinander übereinandergelegt oder überlagert, so dass mindestens ein Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet, entweder direkt über oder unter dem gleichen Zahn, wenn er sich in der zweiten Position befindet, angezeigt wird. So kann jeglicher Unterschied in den Ausrichtungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position leicht verglichen werden. Der Unterschied in den Positionen ist eine Indikation der therapeutischen Wirkung der ersten Apparatur über einen Zeitraum.

[0061] Jeglicher Unterschied in den Ausrichtungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position erscheint zum Vereinfachen der visuellen Identifikation der Wirkung der ersten Apparatur im Kontrast. Zum Beispiel kann der Kontrast in Bildern als ein Farbkontrast auf dem Monitor, der Projektionsfläche oder der ausgedruckten Kopie erscheinen. In diesem Beispiel kann ein Bild eines Modellzahns in der ersten Position in rot erscheinen, und ein Bild des Modellzahns in der zweiten Position kann in grün erscheinen.

[0062] Als eine weitere Alternative kann der Kontrast in den Bildern als ein Unterschied in der Art der Schattierung erscheinen, die verwendet wird, um die Oberfläche des Zahns, wenn er sich in der ersten Position und in der zweiten Position befindet, darzustellen. In diesem Beispiel können die Oberflächen der Bilder eine Reihe diagonaler Linien für den Zahn in der ersten Position und ein schraffiertes Muster von Linien für den Zahn in der zweiten Position aufweisen. Als eine weitere Alternative kann der Kontrast in Bildern als ein Unterschied im Erscheinungsbild des Umfangs der Bilder erscheinen, wie gestrichelte Linien oder rote Linien für den Umfang des Zahnes in einer Position und gepunktete Linien oder grüne Linien für den Umfang des Zahnes in der jeweils anderen Position.

[0063] Als eine zusätzliche Alternative kann der Kontrast in Bildern als ein Ergebnis übereinandergelegter Abschnitte von zwei transparenten oder halbtransparenten Bildern erscheinen. Zum Beispiel kann ein Bild eine halbtransparente erste Farbe haben, und das zweite Bild kann eine halbtransparente zweite Farbe haben. Wenn die erste Farbe und die zweite Farbe übereinandergelegt werden, erscheint eine dritte Farbe, welche in einem Farbkontrast zwischen der ersten Farbe und der zweiten Farbe resultiert. Die gleiche Wirkung kann

auch durch weitere Verfahren erzielt werden, wie durch die Verwendung zweier unterschiedlicher Schraffierungen, die, wenn sie kombiniert werden, eine dritte Schraffierung mit einem etwas anderen Erscheinungsbild erzeugen.

[0064] [Fig. 3](#) ist ein Beispiel der gleichzeitigen Anzeige von Bildern der Zähne **66a**, **66b** in ersten und zweiten Positionen. Zu Beispielzwecken weisen die in [Fig. 3](#) gezeigten Zähne **66a** in der ersten Position Oberflächen auf, die als ummarkierte Oberflächen gezeichnet sind, während die in [Fig. 3](#) gezeigten Zähne **66b** in der zweiten Position Oberflächen aufweisen, die mit Tüpfelung gezeichnet sind. Wie durch den Verweis auf [Fig. 3](#) verstanden werden wird, sind die Unterschiede im Erscheinungsbild der Bilder der ersten und zweiten Positionen der Zähne **66a**, **66b** entlang des Zahnbogens sehr offensichtlich und vereinfachen ein Verständnis der therapeutischen Wirkung der ersten Apparatur, nachdem sich die Zähne in zweite Positionen bewegt haben, sehr. Obwohl die Unterschiede in den in [Fig. 3](#) gezeigten Positionen durch unmarkierte Oberflächen im Vergleich zu getüpfelten Oberflächen dargestellt sind, ist es derzeit bevorzugt, die Bilder als feste Objekte in Kontrastfarben auf einem Farbcomputermonitor oder einer anderen Form der Farbanzeigerausgabe anzuzeigen, um die Wirkung oder das Ergebnis erhalten durch die erste Apparatur hervorzuheben.

[0065] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht von der Seite durch einen mittleren Abschnitt eines Zahns **66a** des in [Fig. 3](#) gezeigten Zahnbogens. Das Zahnbild **66a** zeigt den Zahn in seiner ersten Position, während das Zahnbild **66b** den Zahn in seiner zweiten Position zeigt. Vorzugsweise können der Computer und seine verbundene Anzeigerausgabe angewiesen werden, die relativen Unterschiede der ersten Position und der zweiten Position für jeden beliebigen der Zähne in dem Zahnbogen zu zeigen, wie dies gewünscht sein kann, um das Verständnis der Wirkung der ersten Apparatur zu vereinfachen. Darüber hinaus ist es bevorzugt, dass der Computer und die verbundene Anzeigerausgabe in der Lage sind, den Zahn **66a** entlang einer beliebigen einer Anzahl von Referenzebenen außer der Referenzebene, die in [Fig. 4](#) zu Beispielzwecken ausgewählt wurde, anzuzeigen.

[0066] Wie in [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) veranschaulicht, sind die Kontrastbilder **66a**, **66b**, die gleichzeitig die ersten und zweiten Positionen zeigen, besonders von Nutzen als eine Hilfe zum Verständnis der Bewegung der Wurzeln der Zähne, welche während des Behandlungsverlaufs mit bloßem Auge nicht zu sehen sind. Zum Beispiel erzeugt ein kleines Drehmoment, wie durch ein ausgewähltes Bracket bewirkt, möglicherweise keine wesentlichen Unterschiede in den relativen Positionen der sichtbaren Abschnitte des Zahns (d. h. die Kronen der Zähne). Jedoch kann der Unterschied zwischen der ersten und zweiten Position des gleichen Zahns entlang seiner Wurzel erheblich sein. Durch das Anzeigen der gesamten Länge des Zahns in den ersten und zweiten Positionen ist der praktische Arzt in der Lage, die Wirkung der ersten Apparatur leicht zu bewerten und dadurch die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass die gewählte Apparatur zum gewünschten Behandlungsergebnis führt.

[0067] Wie in Block **42** angegeben, wählt der praktische Arzt eine zweite orthodontische Apparatur zum Vergleich mit der ersten ausgewählten Apparatur. Die zweite ausgewählte Apparatur kann etwa ähnlich der ersten ausgewählten Apparatur sein, oder sie kann sich wesentlich von der ersten ausgewählten Apparatur unterscheiden.

[0068] Zum Beispiel können sowohl die erste als auch die zweite Apparatur ein System von Brackets und Bogendrähten aufweisen, wobei der einzige Unterschied zwischen der ersten und zweiten Apparatur eine Komponente der Verordnung eines Brackets ist. Zum Beispiel können die erste und zweite Apparatur exakt die gleichen sein, außer dass das Bracket des unteren ersten rechten zweihöckrigen Zahns in dem ersten Satz ein Drehmoment von 12 Grad aufweisen kann, und das Bracket des unteren ersten rechten zweihöckrigen Zahns des zweiten Satzes ein Drehmoment von 17 Grad aufweisen kann. Jedoch kann sich die Verordnung auch in weiteren Aspekten unterscheiden, wie der Rotation, der Winkligkeit oder jeglichem der oben genannten anderen Aspekte.

[0069] Ferner kann die zweite orthodontische Apparatur von einer Art sein, die sich von der ersten orthodontischen Apparatur unterscheidet. Zum Beispiel kann die zweite orthodontische Apparatur ein Positionierer sein, und die erste orthodontische Apparatur kann ein System von Brackets und einem Bogendraht sein. Weitere Kombinationen und Variationen sind auch möglich.

[0070] Es wird auch ein Satz elektronischer Daten erstellt, der zweite Positionen der Zähne wie durch Block **44** angegeben repräsentiert. Die zweiten Positionen der Zähne sind für Positionen der Zähne repräsentativ, wie sie aussehen könnten, wenn die zweite orthodontische Apparatur auf den Zähnen des Patienten angeordnet ist und sich die Zähne unter dem Einfluss der zweiten Apparatur in eine zweite (und gegebenenfalls eine endgültige) Zahnanordnung bewegen haben. Der Datensatz der zweiten Positionen kann auf eine Art und Weise erzeugt werden, die ähnlich der Erzeugung des Datensatzes ist, der für die ersten Positionen wie oben be-

schrieben repräsentativ ist.

[0071] Vorzugsweise wird der in Block **44** erzeugte Datensatz wie durch Block **45** angegeben im Speicher gespeichert. Außerdem werden die zweiten Positionen der Zähne wie durch Block **46** angegeben angezeigt. Die Blöcke **45** und **46** können in einer Art und Weise ähnlich der in den Blöcken **39** bzw. **40** angegebenen Handlungen wie oben beschrieben ausgeführt werden. Die einzelnen durch die Blöcke **33** und **46** angegebenen Anzeigen werden auch gleichzeitig gezeigt, wie durch Block **47** angegeben. Die gleichzeitige Anzeige wie in Block **47** dargelegt, erfolgt mit Kontrastbildern in einer Art und Weise ähnlich der oben unter Verweis auf Block **41** beschriebenen gleichzeitigen Anzeige.

[0072] Üblicherweise werden die einzelnen Anzeigen der zweiten Zahnpositionen wie durch die Blöcke **40** und **46** angegeben gleichzeitig angezeigt, wie durch Block **50** angegeben. Dementsprechend weist die in Block **50** dargelegte Anzeige ein visuelles Bild der vorhergesagten endgültigen Positionen der Zähne auf, wenn sie einer Behandlung durch die erste Apparatur unterzogen wurden, sowie ein visuelles Bild der vorhergesagten zweiten endgültigen Positionen der Zähne, wenn sie einer Behandlung durch die zweite Apparatur unterzogen wurden. Die in Block **50** dargelegte gleichzeitige Anzeige erfolgt unter Verwendung von Kontrastbildern auf die Art und Weise ähnlich der oben unter Verweis auf Block **41** beschriebenen gleichzeitigen Kontrastbilder.

[0073] Aus der gleichzeitigen Anzeige der Bilder wie durch Block **50** dargestellt, kann der praktische Arzt dann die Apparatur auswählen, welche die Ziele der Behandlung am besten erfüllt. Block **52** repräsentiert die Auswahl durch den praktischen Arzt, und sie kann durch Tasteneingabe oder durch Benutzung einer Maus, die „geklickt“ werden kann, nachdem der Computercursor über dem Bild der ausgewählten Apparatur positioniert wurde, erfolgen. Die Identifikation der ausgewählten Apparatur wird im Speicher gespeichert, und vorzugsweise wird sie in einer Datendatei aufbewahrt oder mit einer Datendatei verbunden, die weitere Information in Bezug auf den bestimmten Patienten enthält, wie die verschiedenen Informationen, die oben in Verbindung mit den Blöcken **42** und **44** beschrieben wurden.

[0074] Gegebenenfalls kann ein Computer dann verwendet werden, um die ausgewählte Apparatur oder Komponenten der Apparatur automatisch zu kennzeichnen, um sie zu einer Liste von Artikeln, die von einem Verkäufer erworben werden sollen, hinzuzufügen. Zum Beispiel kann der durch den praktischen Arzt für die vorhergehenden in Block **31** bis **52** dargelegten Handlungen verwendete Computer elektronisch (z. B. durch ein Modem) mit einem Server des Herstellers oder Verkäufers verbunden sein. Der Erwerb erfolgt vorzugsweise mit einer computererstellten Bestellung oder einem Bestellformular, welches, zumindest teilweise, digitale Daten verwendet, welche einer oder mehreren Komponenten der ausgewählten Apparatur entsprechen. Zum Beispiel kann die Bestellung eine Liste von Brackets und einen oder mehrere Bogendrähte enthalten, welche jeweils eine bestimmte Verordnung aufweisen. Gegebenenfalls kann der Computer so programmiert sein, dass er zuerst das vorhandene Inventar des praktischen Arztes überprüft, um festzustellen, ob die ausgewählte Apparatur (oder ihre Komponenten) vorrätig sind, und, wenn die Antwort positiv ist, um eine derartige Apparatur für die Verwendung bei dem Patienten zu kennzeichnen.

[0075] Alternativ dazu können die ersten Positionen der Zähne für Zahnausrichtungen repräsentativ sein, wie sie in einer Anfangs- oder Zwischenstufe der orthodontischen Behandlung aussehen könnten, und die zweiten Positionen der Zähne können für Zahnausrichtungen repräsentativ sein, wie sie während eines anschließenden Zwischenschrittes der orthodontischen Behandlung oder bei einer endgültigen oder abgeschlossenen Stufe der orthodontischen Behandlung aussehen könnten. In diesem Beispiel, welches nicht Teil der Erfindung ist, kann der praktische Arzt daran interessiert sein, die Wirkung einer bestimmten orthodontischen Apparatur zu studieren, wenn sie auf den Zähnen des Patienten angeordnet ist, und die Bewegung der Zähne als ein Ergebnis der Apparatur beobachten. In diesem Beispiel ist die Auswahl einer zweiten orthodontischen Apparatur optional, obwohl sie zum Zweck des Vergleichs der relativen Wirkungen zweier unterschiedlicher Apparaturen auch gewünscht sein kann.

[0076] Die vorhergehenden Abschnitte haben Beispiele von Verfahren und einer Vorrichtung zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur dargelegt. In den folgenden Abschnitten wird ein Beispiel eines Verfahrens zum Bestimmen endgültiger Zahnpositionen gemäß der Verordnung der Apparatur, die zur Überprüfung durch den praktischen Arzt ausgewählt wurde, beschrieben. Um die endgültigen Zahnpositionen zu bestimmen, werden zunächst geometrische Referenzen auf jedem Zahn und auf einer Bogenform aufgestellt. Aus diesen geometrischen Referenzen werden die virtuelle Dentition und Okklusion erzeugt.

Erzeugung geometrischer Referenzen auf einem Zahn

[0077] Dieser Abschnitt beschreibt das Aufbringen eines Koordinatensystems auf einen Zahn. Zähne haben von Natur aus eine komplexe Geometrie, und die äußere Oberfläche des Zahns (wie seine labiale Oberfläche) weist normalerweise nicht eine Form einer einfachen Kurve auf. Stattdessen verändert sich der Radius üblicherweise, wenn man unterschiedliche Abschnitte der Zahnoberfläche betrachtet.

[0078] Das Koordinatensystem wie in diesem Abschnitt beschrieben ist tangierend in der mesial-distalen Ebene, tangierend in der okklusal-gingivalen Ebene und lotrecht zu diesen beiden Ebenen über einen gegebenen Umfang.

[0079] Der ausgewählte Umfang kann sehr klein oder relativ groß sein. Zum Beispiel kann der Umfang 0,0001 Inch (0,0025 mm) oder alternativ äquivalent zur Größe einer Bracketbasis sein. Als eine weitere Option kann der Umfang jeder zwischen diesen beiden Werten sein, oder größer oder kleiner.

[0080] [Fig. 5–Fig. 7](#) veranschaulichen Flussdiagramme eines Computerprogramms zum Erzeugen einer geometrischen Referenz auf einem Zahn. Das Computerprogramm erzeugt automatisch das Koordinatensystem, nachdem ein Mittelpunkt, oder „BSC“, in das Programm eingegeben wurde.

[0081] Tabelle 1 legt eine Definition verschiedener Abkürzungen dar, die in den folgenden Abschnitten verwendet werden.

TABELLE 1

ABKÜRZUNG	BEGRIFF
O	Okklusal
G	Gingival
M	Mesial
D	Distal
LL	Lingual-Labial
T	Drehmoment
A	Winkligkeit
R	Rotation
IO	Ein-Aus
BSC	Bracketschlitzmitte
BSC-Achse	Lange Achse des Zahnes
BSCL	Entlang der O-G BSC-Achse
BSCS	Entlang der M-D BSC-Achse
OT	Null-Drehmoment
LO	Versatz von der langen Achse
SO	Versatz von der kurzen Achse

[0082] Das Verfahren der Erzeugung einer geometrischen Referenz auf einem Zahnmodell beginnt mit der Erzeugung eines BSC-Punktes, oder Bracketschlitz-Mittelpunktes, wie in Block **90** angegeben. Der BSC-Punkt wird auf einer Oberfläche oder der Annäherung einer Oberfläche eines Zahnmodells, wie den oben in Verbindung mit Block **32** beschriebenen Zahnmodellen und Oberflächen, ermittelt.

[0083] Der BSC-Punkt ist die Mitte der folgenden geometrischen Referenz. Der BSC-Punkt könnte die Mitte des Brackets sein, wenn das Bracket an einer idealen Stelle auf der Zahnoberfläche angeordnet ist, wie durch jegliche orthodontische Technik, wie durch die Techniken beschrieben durch Dr. Lawrence F. Andrews, beschrieben. Alternativ dazu könnte der BSC-Punkt die Mitte eines Brackets sein, welches absichtlich fehlpositioniert wurde. Als solches muss das Bracket nicht an einer bestimmten „idealen“ Stelle auf der Zahnoberfläche platziert sein, um das unten beschriebene Verfahren durchzuführen. Ein exemplarischer BSC-Punkt ist in [Fig. 8](#) durch Nummer **90** angegeben.

[0084] Als nächstes wird eine BSCL-Achse erzeugt, wie durch Block **92** angegeben. Die BSCL-Achse ist die gleiche wie die lange Achse des Zahnes und ist in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) durch Nummer **92** angegeben. Anschließend wird die LL-Mittelebene oder die labial-linguale Mittelebene erzeugt, wie durch Block **94** angegeben. 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 ausgerichtet, dass der Modellzahn in einen lingualen Abschnitt und einen labialen Abschnitt unterteilt ist. Die LL-Mittelebene ist in [Fig. 10](#) durch Nummer **94** angegeben.

[0085] Die MD-Mittelebene wird dann wie durch Block **96** angegeben erzeugt. Die MD-Mittelebene wird durch Verlängerung der BSCL-Achse in einer Ausrichtung erzeugt, die senkrecht zur LL-Mittelebene ist. Die MD-Mittelebene unterteilt den Modellzahn in einen mesialen Abschnitt und einen distalen Abschnitt. Die MD-Mittelebene ist in [Fig. 10](#) durch Nummer **96** angegeben.

[0086] Die BSCL-Ebene, oder Bracketschlitz-Mittellinienebene, wird dann wie in Block **98** dargelegt erzeugt. Die BSCL-Ebene durchquert den BSC-Punkt, ist parallel zur BSCL-Achse und wird in einer Ausrichtung erzeugt, die etwa senkrecht zur Oberfläche des Modellzahns in unmittelbarer Umgebung des BSC-Punktes ist. Die BSCL-Ebene ist in [Fig. 10](#) mit **98** bezeichnet.

[0087] Die BSCL-Ebene ist in einem Winkel mit der Bezeichnung „AL1“ in Bezug auf die MD-Mittelebene ausgerichtet. Der Winkel AL1 ist in [Fig. 10](#) mit Nummer **99** bezeichnet. Eine spätere Berechnung korrigiert diesen Winkel auf eine Ausrichtung, die exakt senkrecht zum gewünschten angrenzenden Oberflächenbereich des Modellzahns ist.

[0088] Die mesiale und die distale BSCL-Versatzebene werden dann wie durch Block **100** angegeben erzeugt. Die mesiale und die distale BSCL-Versatzebene sind parallel zur BSCL-Ebene, und sie sind um eine Distanz mit der Bezeichnung SO versetzt, oder von der kurzen Achse versetzt. Die mesiale und die distale BSCL-Versatzebene sind in [Fig. 10](#) jeweils mit Nummer **100** angegeben. [Fig. 10](#) zeigt auch die Distanz SO in jedem der Fälle.

[0089] Die OT-Achse, oder Null-Drehmoment-Achse, wird dann wie in Block **102** dargelegt erzeugt. Die OT-Achse durchquert den BSC-Punkt und ist lotrecht zur BSCL-Ebene. Die OT-Achse ist in [Fig. 10](#) mit Nummer **102** bezeichnet. Als nächstes, und wie in [Fig. 6](#) angegeben, wird die OT-BSC-Ebene wie durch Block **104** gezeigt erzeugt. Die OT-BSC-Ebene durchquert die OT-Achse und ist etwa senkrecht zur Oberfläche des Modellzahns unmittelbar neben dem und umgebend den BSC-Punkt.

[0090] Die OT-BSC-Ebene ist in [Fig. 9](#) mit **104** bezeichnet. Die OT-BSC-Ebene ist an einem Winkel mit der Bezeichnung AS1 in Bezug auf die BSCL-Achse ausgerichtet. Der Winkel AS1 ist in [Fig. 9](#) durch Nummer **105** bezeichnet. Eine spätere Berechnung korrigiert den Winkel AS1 auf einen Winkel von exakt 90 Grad, oder senkrecht zu dem gewünschten Zahnoberflächenbereich.

[0091] Anschließend werden die okklusale und die gingivale BSCS-Versatzebene wie in Block **106** dargelegt erzeugt. Die okklusale und die gingivale BSCS-Versatzebene sind parallel zur OT-BSC-Ebene und sind um eine Distanz mit der Bezeichnung LO versetzt. Die okklusale und die gingivale BSCS-Versatzebene sind in [Fig. 8](#) mit Nummer **106** bezeichnet. [Fig. 9](#) zeigt die Versatzdistanzen LO in jedem der Fälle.

[0092] Als nächstes, und wie in Block **108** gezeigt, wird der BSCLO-Punkt erzeugt. Der BSCLO-Punkt befindet sich an der Kreuzung der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL-Ebene und der okklusalen BSCS-Versatzebene. Der BSCLO-Punkt ist in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) mit Nummer **108** bezeichnet.

[0093] Anschließend wird der BSCLG-Punkt wie durch Block **110** gezeigt erzeugt. Der BSCLG-Punkt befindet sich an der Kreuzung der Oberfläche des Modellzahns, der BSCL-Ebene und der gingivalen BSCS-Versatzebene. Der BSCLG-Punkt ist in [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) durch Nummer **110** angegeben.

[0094] Der BSCSD-Punkt wird dann wie in Block **112** gezeigt erzeugt. Der BSCSD-Punkt befindet sich an der Kreuzung des Modellzahns, der OTBSC-Ebene und der distalen BSCL-Versatzebene. Der BSCSD-Punkt ist in [Fig. 8](#) durch Nummer **112** bezeichnet.

[0095] Der BSCSM-Punkt wird dann wie in Block **114** dargelegt erzeugt. Der BSCSM-Punkt befindet sich an der Kreuzung der Oberfläche des Modellzahns, der OSBSC-Ebene und der mesialen BSCL-Versatzebene. Der BSCSM-Punkt ist in [Fig. 8](#) durch Nummer **114** angegeben.

[0096] Als nächstes wird das gleichseitige Dreieck BSCL wie in Block **116** beschrieben erzeugt. Das BSCL-Dreieck liegt in 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 ist zweimal die Distanz LO. Der zweite und dritte Schenkel des Dreiecks haben die gleiche Länge und treffen sich an einem gemeinsamen Punkt innerhalb des Modellzahns. Dieser gemeinsame Punkt ist als der BSCLP-Punkt **117** bezeichnetet, wie in [Fig. 9](#) und [Fig. 10](#) veranschaulicht.

[0097] Anschließend wird die BSCLP-Linie wie durch Block **118** gezeigt erzeugt. Die BSCLP-Linie erstreckt sich vom BSCLP-Punkt **117** zum BSC-Punkt **90**. Die BSCLP-Linie ist in [Fig. 9](#) durch Nummer **118** angegeben.

[0098] Das Winkelmaß AS2 wird dann wie durch Block **120** angegeben erzeugt. Der AS2 Winkel wird von der Projektion der BSCLP-Linie und der OT-BSC-Ebene auf die BSC-Ebene gemessen. Das Winkelmaß AS2 ist in [Fig. 9](#) durch Nummer **120** angegeben.

[0099] Unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) wird dann das gleichseitige Dreieck BSCS wie in Block **122** dargelegt erzeugt. Das gleichseitige Dreieck BSCS liegt in der OT-BSC-Ebene. Der erste Schenkel dieses Dreiecks erstreckt sich vom BSCSM-Punkt (**114**) zum BSCSD-Punkt (Punkt **112**). Die Länge des ersten Schenkels ist zweimal die SO-Distanz. Der zweite und dritte Schenkel des Dreiecks sind gleicher Länge und treffen sich an einem gemeinsamen Punkt innerhalb des Modellzahns. Dieser neue Punkt ist als der BSCSP-Punkt angegeben, der in [Fig. 10](#) mit **123** bezeichnetet ist. [Fig. 10](#) veranschaulicht auch das gleichseitige Dreieck BSCS, bezeichnet mit **122**.

[0100] Als nächstes, und wie in Block **124** dargelegt, wird die BSCSP-Linie erzeugt. Die BSCSP-Linie erstreckt sich vom BSCSP-Punkt (**123**) zum BSC-Punkt (**90**). Die BSCSP-Linie ist in [Fig. 10](#) durch Nummer **124** bezeichnetet.

[0101] Das Winkelmaß AL2 wird dann wie in Block **126** dargelegt erzeugt. Der AL2-Winkel wird aus der Projektion der BSCSP-Linie (**124**) und der BSC-Ebene auf die OT-BSC-Ebene (**104**) bestimmt. Der Winkel AL2 ist in [Fig. 10](#) durch Nummer **126** bezeichnetet.

[0102] Block **128** in [Fig. 7](#) repräsentiert Schritte, die durch das Computerprogramm getätigten werden, um Fehler zu korrigieren. Im Block **130** bestimmt das Programm, ob der Winkel AL2 gleich null Grad ist. Wenn die Antwort positiv ist, bestimmt der Computer dann, ob der Winkel AS2 gleich null Grad ist, wie in Block **132** dargelegt. Wenn jedoch der Winkel AL2 nicht gleich null Grad ist, wird der Winkel AL1 wie in Block **134** gezeigt durch Hinzuzaddieren des Wertes des Winkels AL2 zum Wert des Winkels AL1 korrigiert. Der Computer bestimmt dann, ob der Winkel AS2 gleich null Grad ist, wie in Block **132** dargelegt.

[0103] Wenn der Winkel AS2 nicht gleich null Grad ist, wird der Winkel AS1 wie in Block **136** gezeigt korrigiert. Zum Korrigieren des Winkels AS1 wird der Wert des Winkels AS2 zu dem Wert des Winkels AS1 hinzuzaddiert. Als nächstes bestimmt der Computer, ob der Winkel AL2 gleich null Grad ist, wie durch Block **138** gezeigt. Wenn der Winkel AL2 nicht gleich null Grad ist, fährt der Computer mit dem Schritt fort, der durch Block **134** angegeben ist, um den Winkel AL1 wie oben beschrieben zu korrigieren.

[0104] Wenn AL2 und AS2 durch Block **128** beide gleich null sind, fährt das Programm mit Block **140** fort, wo ein Zahpositionierungs-Koordinatensystem BSC erzeugt wird. Das BSC-Koordinatensystem ist in [Fig. 11](#)–[Fig. 13](#) veranschaulicht. Die Mitte dieses Koordinatensystems befindet sich am BSC-Punkt (**90**). Die Y-Achse ist parallel der Linie, die durch den BSCLG-Punkt und den BSCLG-Punkt gebildet wird, mit einer Richtung zum Zahnfleisch, die als eine positive Richtung definiert ist. Die Z-Achse ist senkrecht zu der Ebene, die durch den BSCLG-Punkt, den BSCLG-Punkt, den BSCSD-Punkt und den BSCSM-Punkt gebildet wird. In der Z-Achse ist eine Richtung zur Zunge als eine positive Richtung definiert. Die X-Achse des BSC-Koordinatensystems wird durch Befolgung der Rechte-Hand-Regel unter Verwendung der Y-Achse und der Z-Achse bestimmt.

Erzeugung einer geometrischen Referenz auf einer Bogenform

[0105] Dieser Abschnitt beschreibt das Aufbringen eines Koordinatensystems auf eine Bogenform. Orthodontische Bogendrähte werden zum Beispiel häufig gemäß standardisierter Formen verkauft, welche über die Jahre entwickelt wurden. Bogenformen sehen üblicherweise aus wie eine glatte Kurve, die auf jeder Seite eines Mittelpunktes symmetrisch ist, jedoch variiert der Radius der Krümmung der Bogenform üblicherweise entlang der Länge der Bogenform.

[0106] Das in diesem Abschnitt beschriebene Koordinatensystem ist tangierend zur Bogenform in der mesial-distalen Ebene, und ist parallel und lotrecht zur okklusalen Ebene über einen gegebenen Umfang. Der ausgewählte Umfang kann sehr klein oder relativ groß sein. Zum Beispiel kann der Umfang 0,0001 Inch (0,0025 mm) sein, oder alternativ kann er gleich der mesial-distalen Breite eines Bracketschlitzes sein. Als eine weitere Option kann der Umfang jeglicher Größe zwischen diesen beiden Werten sein.

[0107] [Fig. 14–Fig. 15](#) veranschaulichen ein Flussdiagramm eines Computerprogramms zum Erzeugen einer geometrischen Referenz auf einer Bogenform. Das Computerprogramm erzeugt automatisch das Koordinatensystem, von dem ein Beispiel in [Fig. 17](#) gezeigt ist.

[0108] Das Verfahren zum Erzeugen einer geometrischen Referenz auf einer Bogenform beginnt mit der Auswahl einer Bogenform. Die Bogenform kann aus einer Bibliothek generischer oder gewöhnlicher Bogenformen ausgewählt werden, wie durch Block **150** gezeigt. Zum Beispiel kann die Form der Bogenform äquivalent zur Form des Bogendrahtes der Marke „Ortho Form“, die von der 3M Unitek Corporation vertrieben wird, sein. Als ein Beispiel kann der praktische Arzt eine generische Bogenform aus einer Bibliothek von Bogenformen auswählen und versuchen, eine Bogenform zu wählen, welche die Zähne des Patienten am besten in die gewünschten Positionen bei Abschluss der Behandlung bewegt.

[0109] Als eine weitere Option kann eine Bogenform durch das Skalieren einer Bogenform wie durch Block **152** angegeben erzeugt werden. Bei dieser Option wird die Form einer generischen Bogenform entlang einer oder mehrerer Referenzachsen erhöht oder verringert, bis die Form erreicht ist, die durch den praktischen Arzt gewünscht wird. Das Skalieren der Bogenform kann durch jegliches einer Anzahl von Verfahren erfolgen. Zum Beispiel kann ein Modell der Bogenform des Patienten erzeugt und an bestimmten Referenzpunkten gemessen werden, und die generische Bogenform kann dann wie benötigt skaliert werden, bis die skalierte Bogenform, wenn sie entspannt ist, eine bestimmte, vorhergesagte Form bei Abschluss der Behandlung aufweist. Gegebenenfalls kann die Bogenform von einer einzelnen Bogenform skaliert werden, oder sie kann von einer Anzahl generischer Bogenformen skaliert werden, die sich in einer Datendatei befinden, die eine Bibliothek von Bogenformen enthält.

[0110] Als eine weitere Alternative kann eine Bogenform durch den Computer unter Bezugnahme auf elektronische Daten erzeugt werden, die für die Bogenform des Patienten repräsentativ sind. Zum Beispiel kann eine Handgerätekamera wie oben erwähnt verwendet werden, um die Mundhöhle abzutasten. Der Computer kann dann eine optimierte Bogenform erzeugen, indem er eine Bogenform auswählt, welche eine Form aufweist, die gleich der gewünschten Form der Bogenform bei Abschluss der Behandlung ist, welche das Ein/Aus-Maß des Brackets berücksichtigt.

[0111] Als noch eine weitere Alternative kann eine Bogenform aus einer anderen Quelle bereitgestellt werden, wie durch Block **156** angegeben. Ein Beispiel einer anderen Bogenformquelle ist eine maßgeschneiderte Bogenform, die durch den praktischen Arzt erzeugt wurde.

[0112] Wie durch Block **158** angegeben, werden die Daten, die für die Oberfläche der Bogenform repräsentativ sind, oder mindestens annähernd für die Bogenformoberfläche repräsentativ sind, erzeugt, wenn sie noch nicht bereits existieren. Die Oberfläche der Bogenform könnte durch Daten eines festen Modells, Drahtrahmendaten, Daten, welche eine Oberfläche repräsentieren oder Daten, welche eine Punktwolkenoberfläche repräsentieren, bereitgestellt werden.

[0113] Als nächstes, und wie durch Block **160** angegeben, wird eine AC-Ebene, oder Bogenmittenebene, erzeugt. Die AC-Ebene erstreckt sich durch die Mitte der Längsachse der Bogenform und die Ebene unterteilt die Bogenform in einen okklusalen Abschnitt und einen gingivalen Abschnitt. Die AC-Ebene könnte flach sein. Alternativ dazu könnte die AC-Ebene gekrümmmt sein, so dass sie zum Beispiel einer Spee-Kurve oder einer umgekehrten Spee-Kurve folgt.

[0114] Wie in Block **162** dargelegt, wird dann eine AM-Ebene, oder Bogenmittelpunktebene, erzeugt. Die AM-Ebene unterteilt die Bogenform in eine rechte Seite und eine linke Seite. Zum Beispiel befindet sich der rechte Mittelzahn auf einer Seite der AM-Ebene und der linke Mittelzahn befindet sich auf der gegenüberliegenden Seite der AM-Ebene.

[0115] Als nächstes, und wie durch Block **164** dargestellt, wird eine IAFC-Kurve, oder innere Bogenformkurve, erzeugt. Die IAFC-Kurve befindet sich an der Kreuzung der AC-Ebene und des lingualen Abschnittes der Bogenform, und sie ist in [Fig. 16](#) durch Nummer **164** gezeigt. Die IAFC-Kurve ist durch die AM-Ebene in eine

rechte Seite und eine linke Seite unterteilt. Die Nullposition der Kurve befindet sich an der Kreuzung der rechten Seite und der linken Seite.

[0116] Block **166** repräsentiert den Beginn des Aufbringens des Koordinatensystems auf einen Quadranten. Das Aufbringen des Koordinatensystems auf die Bogenform ist identisch für alle vier Quadranten. Die folgenden Schritte werden zum Zweck der Veranschaulichung die Erzeugung des Koordinatensystems für den unteren rechten Quadranten darlegen.

[0117] Wie in Block **168** gezeigt, werden die Bogendrahtmaße bestimmt. Der Begriff „WW“ betrifft die Breite des Bogendrahtes in einer okklusal-gingivalen Richtung. Der Begriff „WR“ repräsentiert den Radius der Ecken des Bogendrahtes. Der Begriff „WH“ repräsentiert die Höhe des Bogendrahtes in einer lingual-labialen Richtung. [Fig. 19](#) veranschaulicht die Messung von WW und WH.

[0118] Die Bogendrahtmaße (WW, WR und WH) können durch jegliches geeignetes Mittel bestimmt werden. Wenn ein Bogendraht zum Beispiel wie in Block **150** gezeigt aus einer im Handel erhältlichen Bogenform ausgewählt wird, können die Maße für die Bogenform im Speicher enthalten sein. In Fällen, in denen eine Bogenform durch Skalierung erzeugt wird (wie in Block **152** dargelegt) oder aus gescannten Daten erzeugt wird (wie in Block **154** dargelegt), kann der praktische Arzt wählen, die Bogendrahtmaße in den Computer einzugeben, und zwar basierend auf vergangener Praxis des praktischen Arztes und der erwarteten Behandlung für den betreffenden Patienten.

[0119] Als nächstes, und wie in Block **170** dargelegt, wird ein Maß AWW, oder Bogendraht-Schlitzbreite, bestimmt. Das AWW-Maß ist zum Zweck der Veranschaulichung in [Fig. 19](#) gezeigt. Wenn zum Beispiel die orthodontische Einrichtung aus einer Bibliothek von im Handel erhältlichen Einrichtungen ausgewählt wird, kann das AWW-Maß durch Speicherspeicherung bereitgestellt werden. Als eine weitere Option kann der praktische Arzt wählen, das AWW-Maß in den Computer einzugeben, und zwar gemäß einer bevorzugten Einrichtung, deren Verwendung bei der Behandlung beabsichtigt wird.

[0120] Wie in Block **172** gezeigt, wird dann ein Expressionswinkel oder „EA“ berechnet. Der EA ist in [Fig. 19](#) veranschaulicht und mit Nummer **172** bezeichnet. Der EA ist der Winkel zwischen einer Wand des Bogendrahtschlitzes und einer Seite des Bogendrahtes, wenn der Bogendraht in seinem maximalen Ausmaß gedreht wird und mit den Kanten des Bogendrahtschlitzes in Kontakt gebracht wird. In den Fällen, in denen der Bogendraht komplett im Bogendrahtschlitz sitzt, ist der EA gleich null. Wenn der Bogendraht den Bogendrahtschlitz im Wesentlichen ausfüllt, kann der EA null oder nahezu null sein.

[0121] Als nächstes wird die Breite jeden Zahns gemessen, wie durch Block **174** angegeben. Die Zahnbreite ist die maximale mesial-distale Breite des Zahns, wenn lotrecht zur BSC-Ebene gemessen wird. Die Zahnbreiten sind als TW1 bis einschließlich TW8 angegeben.

[0122] Der TC(n)-Punkt wird dann wie in Block **176** dargelegt erzeugt. Der TC(n)-Punkt ist die Position der Mitte des Zahns auf der Bogenform. Der TC(n)-Punkt wird entlang der Länge der IAFC-Kurve gemessen, und das Maß für die Position des Punktes entspricht $TW(n - 1)/2 + TW(n)/2$, wobei n die Zahl des Zahnes 1 bis 8 ist. Der TC(n)-Punkt ist in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) durch Nummer **176** bezeichnet. [Fig. 17](#) ist eine Vergrößerung eines Abschnittes der in [Fig. 16](#) gezeigten Bogenform.

[0123] Als nächstes, und wie in Block **178** dargelegt, wird ein gleichseitiges Dreieck erzeugt, zentriert um TC(n) mit einer senkrechten Mittellinie. Die Länge der Schenkel des Dreiecks repräsentiert die Interaktionsbreite zwischen dem Zahn und der Bogenform, wenn die Bracketanbringung simuliert wird. Die Breite des Schenkels ist gleich der mesial-distalen Breite des Bracketschlitzes, die Punkte MA(n) und DB(n) fluchten mit der IAFC-Kurve, und der erste Schenkel des Dreiecks erstreckt sich vom Punkt MA(n) zum Punkt DB(n). Punkt CL(n) befindet sich an der Kreuzung des zweiten und dritten Schenkels des Dreiecks. Die Mittellinie des gleichseitigen Dreiecks verläuft von Punkt CL(n) zu Punkt TC(n), und diese Linie ist lotrecht zum ersten Schenkel des Dreiecks. Die Distanz von der Mittellinie zu den Punkten MA(n) und DB(n) ist die Hälfte der Länge des Schenkels. Das gleichseitige Dreieck ist um TC(n) zentriert und in [Fig. 17](#) durch Nummer **178** bezeichnet.

[0124] Wie durch Block **180** angegeben, wird dann eine IO(n)-Versatzlinie erzeugt. Die IO(n)-Versatzlinie ist parallel zum ersten Schenkel des gleichseitigen Dreiecks mit einer Distanz von IOD(n). Die IO(n)-Versatzlinie ist in [Fig. 17](#) und [Fig. 18](#) durch Nummer **180** angegeben.

[0125] Als nächstes, und wie in Block **182** dargelegt, wird ein TAR(n)-Koordinatensystem erzeugt. Das

TAR(n)-Koordinatensystem ist in [Fig. 17](#) durch Nummer 182 angegeben. Die Z-Achse dieses Koordinatensystems ist eine senkrechte Linie entlang des gleichseitigen Dreiecks und erstreckt sich in einer lingualen Richtung. Die Y-Achse dieses Koordinatensystems ist lotrecht zu der senkrechten Linie des gleichseitigen Dreiecks und der IO(n)-Linie. Die Y-Achse erstreckt sich in einer gingivalen Richtung. Die X-Achse wird aus der Y- und der Z-Achse unter Befolgung der Rechte-Hand-Regel bestimmt.

[0126] Wie Block 184 gezeigt, werden dann bestimmte Aspekte der Bracketverordnung bereitgestellt. Zu diesen Aspekten zählen die Winkligkeit des Brackets, oder „BA(n)“, das Drehmoment des Brackets, oder „BT(n)“, die Rotation des Brackets, oder „BR(n)“, und das Ein-Aus-Maß des Brackets, oder „BIO(n)“. Diese Werte können durch den praktischen Arzt eingegeben oder alternativ aus dem Speicher abgerufen werden, und sie können für die verschiedenen Brackets von Zahn zu Zahn variieren.

[0127] Als nächstes wird ein TARA(n)-Koordinatensystem erzeugt, wie in Block 186 dargelegt. Das TARA(n)-Koordinatensystem wird durch Rotation des TAR(n)-Koordinatensystems um die Z-Achse um den Winkligkeitswinkel BA(n) erzeugt. Die Z-Achse ist die gleiche sowohl für das TAR(n)-Koordinatensystem als auch für das TARA(n)-Koordinatensystem. Das TARA-Koordinatensystem ist in [Fig. 17](#) durch Nummer 186 angegeben.

[0128] Das Programm bestimmt dann, ob der Anfangsdrehmomentwert des Zahns positiv oder negativ ist, wie in Block 188 beschrieben. Die Breite des Bogendrahtschlitzes ist größer als die Breite des Bogendrahtes, und dementsprechend kann der Zahn zu Beginn der Behandlung entweder in einer positiven Drehmomentwertausrichtung oder in einer negativen Drehmomentwertausrichtung ausgerichtet werden. Wenn der Zahn anfänglich einen positiven Drehmomentwert aufweist, ist der Wert von „TS“ 1, und wenn der Zahn anfänglich einen negativen Drehmomentwert aufweist, ist der Wert von „TS“ -1. Anschließend wird ein „ET(n)“ Drehmomentwert berechnet, wie in Block 190 dargelegt. ET(n) ist das Expressionsdrehmoment für einen Zahn n, und gleich der Summe des Drehmoments des Brackets (BT(n)) plus dem Produkt des Drehmomentwertes (TS(n)) mal dem Expressionswinkel (EA).

[0129] Als nächstes, und wie in Block 192 dargelegt, wird ein TART(n)-Koordinatensystem erzeugt. Das TART(n)-Koordinatensystem und das TARA(n)-Koordinatensystem teilen sich die gleiche X-Achse, jedoch ist das TART(n)-Koordinatensystem um den Expressionsdrehmomentwinkel (ET(n)) um die X-Achse des TARA(n)-Koordinatensystems gedreht. Das TART(n)-Koordinatensystem ist in [Fig. 17](#) mit 192 bezeichnet.

[0130] Das TARR(n)-Koordinatensystem wird dann wie in Block 194 beschrieben erzeugt. Das TARR(n)-Koordinatensystem und das TART(n)-Koordinatensystem teilen sich eine gemeinsame Y-Achse. Jedoch ist das TARR(n)-Koordinatensystem um den Rotationswinkel BR(n) um die Y-Achse des TART(n)-Koordinatensystems gedreht. Das TARR(n)-Koordinatensystem ist in [Fig. 17](#) durch Nummer 194 angegeben.

[0131] Das Programm bestimmt dann, ob der Wert „n“ den letzten Zahn des Quadranten repräsentiert. 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 jedoch der Wert n den letzten Zahn des Quadranten darstellt, erkennt das Programm, dass die geometrischen Referenzen für diesen Quadranten wie durch Block 200 gezeigt vervollständigt wurden.

Erzeugung virtueller Dentition und Okklusion

[0132] Dieser Abschnitt beschreibt das Anbringen der Modellzähne an der Bogenform, wie die Modellzähne in ihren endgültigen Positionen aussehen würden. Dieser Abschnitt beschreibt auch die Überlagerung der Modellzähne übereinander, wobei der Unterschied in der Ausrichtung der gleichen Modellzähne, wie in den überlagerten Bildern gezeigt, ein Ergebnis des Unterschiedes in der Wirkung einer Verordnung im Vergleich zu der anderen ist. Dieser Abschnitt beschreibt auch optionale Verfahren der Positionierung der oberen und unteren Bogenformen in Okklusion miteinander, und Verfahren der automatischen Auswahl von Brackets zum Positionieren der Zähne in gewünschten Positionen.

[0133] Die resultierenden Modelle in überlagerter Anzeige stellen eine leistungsstarke analytische Technik zum Überprüfen der Wirkungen unterschiedlicher Verordnungen als eine Hilfe zum besseren Verständnis der sich ergebenden, endgültigen Ausrichtungen der Zähne bei Abschluss der Behandlung bereit. Als Folge vereinfacht das Programm die Auswahl des korrekten Brackets und/oder Bogendrahtes zum Positionieren der Zähne an gewünschten Positionen. [Fig. 20–22](#) veranschaulichen Flussdiagramme eines Computerprogramms zur Erzeugung virtueller Dentition und Okklusion. Das Programm positioniert automatisch die Modell-

zähne entlang der gewünschten Bogenform.

[0134] Anfänglich bezugnehmend auf [Fig. 20](#), beginnt dieser Abschnitt des Programms mit den Zahnmodellen, welche eine geometrische Referenz wie in Block **210** beschrieben aufweisen, welche zuvor durch das Programm bei Erreichen des oben beschriebenen Blocks **140** erhalten wurde. Dieser Abschnitt beginnt auch mit der Verwendung der Bogenform, welche eine geometrische Referenz wie in Block **212** beschrieben aufweist, welche zuvor erhalten wurde, als das Programm Block **200** wie oben beschrieben erreichte.

[0135] Als nächstes, und wie in Block **214** dargelegt, wird das Bogenform-Koordinatensystem TARR(n) am Zahn-Koordinatensystem BSC(n) ausgerichtet. Dieser Teil des Programms bringt die Zahnmodelle an der Bogenform in einer Ausrichtung an, welche aus der anfangs ausgewählten Verordnung resultiert. Die Ausrichtung des TARR(n) am BSC(n) ist in [Fig. 23](#) durch Nummer **214** angegeben.

[0136] Als nächstes bestimmt das Programm, ob n der letzte Zahn im Bogen ist oder nicht. Wenn die Antwort nein ist, wird der Wert von n um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **214** zurück. Wenn die Antwort ja ist, fährt das Programm mit Block **218** fort.

[0137] Im Block **218** wird ein Behinderungswert, oder „TIG(n)“ erhalten. Wenn der Wert von TIG(n) positiv ist, zeigt dies an, dass es eine Behinderung zwischen den Zähnen gibt (d. h. die virtuellen Zähne überlappen einander). Wenn der Wert von TIG(n) negativ ist, zeigt dies an, dass ein Spalt zwischen den virtuellen Zähnen besteht.

[0138] Das TC(n)-Zahnpunktmaß wird dann korrigiert wie durch Block **220** angegeben. Der Wert von TIG(n) wird zum Wert von TC(n) hinzuaddiert, um einen neuen Wert für TC(n) zu erhalten.

[0139] Das Programm fährt dann fort mit Block **222**, wo das Programm bestimmt, ob n der letzte Zahn ist oder nicht. Wenn die Antwort negativ ist, wird der Wert von n um 1 erhöht und das Programm kehrt zu Block **218** zurück. Wenn die Antwort positiv ist, fährt das Programm mit Block **224** fort.

[0140] Nachdem das Programm Block **224** erreicht hat, ist das 3D-Modell für die Verordnung abgeschlossen. An dieser Stelle kann das 3D-Modell gegebenenfalls angezeigt werden, so dass der praktische Arzt die verschiedenen Ausrichtungen der Modellzähne entlang dem Zahnbogen ansehen kann. Die Positionen der Modellzähne werden als ein Ergebnis der Verordnung der Brackets und des Bogendrahtes erreicht. Zum Beispiel repräsentiert die Position der Modellzähne endgültige Positionen, die mit Brackets erreicht werden, welche ein/e bestimmte/s Winkligkeit, Drehmoment, Rotation, Ein-Aus-Maß, Bracketbreite, Bracketposition auf der Zahnoberfläche (sowohl in mesial-distaler Richtung als auch in okklusal-gingivaler Richtung), Bogendrahtgröße, Bogendraht-Schlitzgröße und Zahnanfangspositionen aufweisen, von denen alle als EingabevARIABLE an das Computerprogramm bereitgestellt werden können.

[0141] Als ein Ergebnis der Überprüfung der sich ergebenden Positionen der Modellzähne durch den praktischen Arzt wie in Block **224** beschrieben, kann der praktische Arzt wählen, eine oder mehrere der EingabevARIABLEN zu variieren. Die Modifikation der EingabevARIABLEN ist in Block **226** beschrieben. Die EingabevARIABLEN können in inkrementeller Art und Weise modifiziert werden, indem eine oder mehrere Variablen in schrittweiser Art und Weise verändert werden. Als eine weitere Option können die EingabevARIABLEN geändert werden, um bekannten Verordnungswerten zu entsprechen, wie Werten, welche üblicherweise für Brackets verwendet werden, die gemäß der bekannten Techniken hergestellt werden. Zu Beispielen gut bekannter Techniken zählen diejenigen, die von Dr. McLaughlin, Bennett und Trevisi (die Bracketverordnung der Marke „MBT“) gelehrt werden, diejenigen gelehrt von Dr. Ron Roth und diejenigen gelehrt von Dr. Lawrence F. Andrews. Als noch eine weitere Option können die EingabevARIABLEN in einer Art und Weise modifiziert werden, die durch den praktischen Arzt ausgewählt wird, um bestimmte Ergebnisse zu erzielen.

[0142] Wenn die Modifikation der EingabevARIABLEN wie in Block **226** dargelegt die Position des Zahns ändert, springt das Programm von Block **228** zu Block **218** für eine Wiederholung der oben beschriebenen Schritte. Wenn sich die Zahnposition nicht verändert hat, wenn das Programm Block **228** erreicht, fährt das Programm wie in [Fig. 21](#) gezeigt mit Block **230** fort.

[0143] Das in [Fig. 21](#) dargelegte Programmflussdiagramm beschreibt ein Beispiel eines Verfahrens der Überlagerung von Bildern von Modellzähnen, wobei der Unterschied in den überlagerten Bildern ein Ergebnis unterschiedlicher Verordnungen ist. Wie in Block **230** gezeigt, wird das ASM1-Koordinatensystem auf der ersten Bogenform erzeugt. Das ASM1-Koordinatensystem befindet sich an der Nullposition der IAFC1-Bogenform-

kurve. Die X-Achse des ASM1-Koordinatensystems ist parallel zur AC1-Bogenformebene und lotrecht zur AM1-Bogenformebene und erstreckt sich in einer Richtung nach rechts. Die Y-Achse des ASM1-Koordinatensystems ist parallel zur AM1-Bogenformebene und lotrecht zur AC1-Bogenformebene und zeigt in eine gingivale Richtung. Die Z-Achse des ASM1-Koordinatensystems wird durch Befolgung der Rechte-Hand-Regel abgeleitet. Das ASM1-Koordinatensystem ist in [Fig. 24](#) mit **230** bezeichnet.

[0144] Als nächstes, und wie in Block **232** dargelegt, wird das ASMO1-Koordinatensystem erzeugt. Das ASMO1-Koordinatensystem ist vom ASM1-Koordinatensystem versetzt. Die Menge des Versatzes ist frei wählbar. Als Voreinstellung könnten zum Beispiel die okklusalen Spitzen oder die Enden der Wurzeln der unteren Frontzähne oder Eckzähne ausgerichtet werden.

[0145] Das ASM2-Koordinatensystem wird dann auf der zweiten Bogenform wie in Block **234** angegeben erzeugt. Das ASM2-Koordinatensystem befindet sich an der Nullposition der IAFC2-Bogenformkurve. Die X-Achse des ASM2-Koordinatensystems ist parallel zur AC2-Bogenformebene, ist lotrecht zur AM2-Bogenformebene und zeigt nach rechts. Die Y-Achse des ASM2-Koordinatensystems ist parallel zur AM2-Bogenformebene, ist lotrecht zur AC2-Bogenformebene und zeigt in die gingivale Richtung. Die Z-Achse des ASM2-Koordinatensystems wird durch Befolgung der Rechte-Hand-Regel abgeleitet.

[0146] Als nächstes, und wie in Block **236** beschrieben, wird das Koordinatensystem ASM2 am Koordinatensystem ASMO1 ausgerichtet. An dieser Stelle werden die sich ergebenden Modelle übereinandergelegt, und die Unterschiede in den Zahnpunktionen aufgrund unterschiedlicher Verordnungen auf den gleichen Zähnen sind leicht ersichtlich.

[0147] Als nächstes fährt das Programm mit Block **238** fort, wo der Computer bestimmt, ob eine endgültige neue Zahnpunktion erreicht wurde oder nicht. Wenn die Antwort positiv ist, fährt das Programm wie in [Fig. 22](#) dargelegt mit Block **242** fort. Wenn die Antwort negativ ist, fährt das Programm fort mit Block **240**. Im Block **240** werden die in Block **218** bis **228** dargelegten Schritte wiederholt, bis die endgültige Zahnpunktion erreicht ist. Das Programm fährt dann fort mit Block **242**.

[0148] Das in [Fig. 22](#) dargelegte Flussdiagramm beschreibt ein Verfahren zur Computerauswahl einer Bracketverordnung, falls erforderlich, als ein Ergebnis der Überprüfung der angezeigten Bilder der oben beschriebenen Zahnpunktionen durch den praktischen Arzt. Zum Bestimmen der neuen Bracketverordnung fährt das Programm fort mit Block **244** und bestimmt, ob absolute Werte für jede der Eingabevervariablen, wie die in Block **226** erwähnten Eingabevervariablen, verwendet wurden oder nicht. Wenn die Antwort auf diese Frage positiv ist, umfasst die Bracketverordnung die gleichen Werte, die für die Eingabevervariablen verwendet wurden, wie durch Block **262** gezeigt. Wenn die Antwort negativ ist, fährt das Programm fort mit Block **246**.

[0149] Im Block **246** wird ein neuer EA-Wert bestimmt. Als nächstes fährt das Programm fort mit Block **248**, wo ein neuer BA(n)-Winkel bestimmt wird, um einen Bracketwinkligkeitswert zu erhalten. Das Programm fährt dann fort mit Block **250**, wo der ET(n)-Winkel bestimmt wird. Der ET(n)-Winkel repräsentiert einen neuen Expressionsdrehmomentwert für das Bracket.

[0150] Das Programm fährt dann fort mit Block **252**, wo ein neuer TS(n)-Wert bestimmt wird. Der TS(n)-Wert repräsentiert die Zahnausgangsposition für die neue Bracketverordnung.

[0151] Als nächstes fährt das Programm fort mit Block **254**, wo ein neuer BT(n)-Wert, oder Bracketdrehmomentwinkel, bestimmt wird. Der BT(n)-Wert ist gleich dem ET(n)-Wert minus dem Produkt des TS(n)-Wertes mal dem neuen EA-Wert.

[0152] Das Programm fährt dann fort mit Block **256**, wo der BR(n)-Winkel bestimmt wird. Der BR(n)-Winkel repräsentiert den neuen Bracketrotationswinkel.

[0153] Anschließend fährt das Programm fort mit Block **258**, wo ein neuer IO(n)-Wert bestimmt wird. Der IO(n)-Wert repräsentiert das Ein-Aus-Maß des neuen Brackets in der neuen Position.

[0154] Das Programm fährt dann fort mit Block **260**, wo der Wert von n ausgewertet wird. Wenn n einen Wert repräsentiert, der nicht der Wert für den letzten Zahn ist, wird der Wert von n um 1 erhöht und das Programm kehrt zurück zu Block **248**. Wenn der Wert für n gleich dem Wert für den letzten Zahn ist, fährt das Programm fort mit Block **264**.

[0155] Im Block **264** vergleicht das Programm die neue Bracketverordnung mit der Verordnung verschiedener verfügbarer Brackets. Zu verfügbaren Brackets könnten zum Beispiel Brackets zählen, welche im Inventar des praktischen Arztes oder im Inventar des Herstellers verfügbar sind, oder die, wenn gewünscht, durch den Hersteller hergestellt werden können.

[0156] Als nächstes fährt das Programm fort mit Block **266**. Wenn in Block **264** keine Übereinstimmung gefunden wurde, fährt das Programm fort mit Block **268**, wo das durch das/die am nächsten verfügbare/n Bracket oder Brackets erhaltene Ergebnis in überlagerter Beziehung zu den Ergebnissen angezeigt wird, die bei Abschluss des in Block **260** dargelegten Verfahrens erreicht wurden. Die Überlagerung der Bilder wie in Block **268** beschrieben, ist ein Vorteil für den praktischen Arzt, weil der praktische Arzt die Ergebnisse leicht beobachten und vergleichen kann, die mit der bevorzugten Bracketverordnung und der am nächsten verfügbaren Bracketverordnung erzielt werden. Die überlagerten Bilder helfen dem praktischen Arzt zu entscheiden, ob die am nächsten verfügbare Bracketverordnung für die entsprechende Behandlung zufriedenstellend ist oder nicht.

[0157] Das Programm fährt dann fort mit Block **270**, wo das Programm bestimmt, ob n ein Wert gleich dem Wert für den letzten Zahn ist oder nicht. Wenn die Antwort negativ ist, wird der Wert für n um 1 erhöht, wie in Block **272** dargelegt, und das Programm kehrt zu Block **266** zurück. Wenn die Antwort positiv ist, fährt das Programm fort mit Block **274**, welcher anzeigt, dass das Auswahlverfahren der Brackets abgeschlossen ist. Darüber hinaus fährt, wenn das Programm beim Erreichen von Block **266** bestimmt, dass eine Übereinstimmung gefunden wurde, das Programm direkt mit Block **270** fort und folgt den oben beschriebenen Schritten.

[0158] Die Anzeige der überlagerten Bilder wie in Block **268** dargelegt, umfasst gegebenenfalls auch weitere Informationen. Zum Beispiel kann die Anzeige numerische Informationen hinsichtlich der Bracketverordnungen aufweisen. Werte wie Bracketdrehmoment, -winkligkeit und -schlitzbreite können angezeigt werden, gegebenenfalls in Tabellenform. Auf diese Art und Weise können die Unterschiede der beiden verglichenen Bracketverordnungen leicht quantifiziert werden.

[0159] Die überlagerten Bilder erscheinen im Kontrast, so dass die relative Wirkung der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur beobachtet werden können. Zum Beispiel kann das Bild der ersten Apparatur in einer ersten Farbe erscheinen, und das Bild der zweiten Apparatur kann in einer zweiten Farbe erscheinen, die im Kontrast zu der ersten Farbe steht. Als solcher kann der Unterschied in der Position der Wurzeln, Kronen oder anderer Merkmale jeden Zahns leicht bestimmt werden.

[0160] Weitere Optionen für den Bildkontrast sind auch möglich. Zum Beispiel kann sich die Schattierung der Bilder voneinander unterscheiden, wie die Verwendung unterschiedlicher Arten von Schraffur. Als eine weitere Option kann die Textur der Bilder unterschiedlich erscheinen, wie ein getüpfeltes Bild neben einem glatt erscheinenden Bild. Als ein weiteres Beispiel kann die Form des Umfangs der Bilder variieren, so dass ein Bild einen Umfang mit durchgezogenen Linien aufweist, während das andere Bild einen Umfang mit gestrichelten oder gepunkteten Linien aufweist. Weitere Arten des Bildkontrastes sind auch möglich.

[0161] Obwohl dies nicht Teil der Erfindung ist, können die oben dargelegten Konzepte auch mit einer einzelnen Gruppe von Einrichtungen verwendet werden, so dass der praktische Arzt visuell die Positionen der Zähne mit den Einrichtungen während eines bestimmten ausgewählten Stadiums der orthodontischen Behandlung bestimmen und diese Ergebnisse mit den Positionen der Zähne während eines vorhergehenden Stadiums der orthodontischen Behandlung vergleichen kann. Das vorhergehende Stadium kann eine Ausgangsposition der Zähne sein, wie sie aussehen, bevor die Behandlung beginnt. Als eine weitere Option können die Bilder der Zähne in dem vorhergehenden Stadium ein Zwischenstadium der Behandlung repräsentieren, wie ein Zeitpunkt bei Abschluss eines Bogendrahtes, bevor der zweite, dritte, etc. oder abschließende Bogendraht installiert wird. Bei der orthodontischen Behandlung ist es üblich, Bogendrähte zu verwenden, welche unterschiedliche Eigenschaften zu ausgewählten Zeitintervallen aufweisen, und die Zähne werden möglicherweise nicht in die endgültigen oder abschließenden Positionen bewegt, bis der letzte Bogendraht an Ort und Stelle ist und sich die Zähne als Reaktion auf diesen letzten Bogendraht bewegen haben.

[0162] Die Erfindung wie oben beschrieben ist besonders von Nutzen, um es dem Kieferorthopäden zu ermöglichen, eine bevorzugte Apparatur oder bevorzugte Komponenten einer Apparatur aus einer Liste verfügbarer Apparaturen oder Komponenten einer Apparatur, wie einer Katalogliste eines Herstellers, auszuwählen. Alternativ dazu kann die Erfindung jedoch auch vorteilhaft verwendet werden, um maßgeschneiderte Apparaturkomponenten herzustellen. In diesem Fall kann das oben dargelegte Verfahren verwendet werden, um zunächst eine Verordnung aus einer Anfangsschätzung einer geeigneten Verordnung auszuwählen und dann die

oben dargelegten Schritte zu verwenden, um die erwarteten Ergebnisse zu beobachten. Fall erforderlich, kann die Verordnung so oft modifiziert werden wie erforderlich ist, bis die gewünschten Ergebnisse erreicht sind. Eine programmierte Fräsmaschine oder ein anderes automatisiertes Herstellungsgesetz kann dann verwendet werden, um die ausgewählten Komponenten maßgenau herzustellen. Ein solches Verfahren könnte zum Beispiel verwendet werden, um Brackets oder maßgenau gebogene Bogendrähte maßgenau herzustellen. Wenn sie bei der lingualen Behandlung eingesetzt werden, können die Komponenten so ausgewählt werden, dass sie ein sehr niedriges Profil bereitstellen, damit der Patientenkomfort erhöht wird.

[0163] Mehrere weitere Alternativen sind auch möglich. Dementsprechend sollte die Erfindung nicht als auf die spezifischen, derzeit bevorzugten oben dargelegten Ausführungsformen beschränkt betrachtet werden, sondern stattdessen nur durch den Umfang der folgenden Ansprüche.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur, aufweisend:

Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen (**66**) eines Zahnbogens (**60**) repräsentativ ist; Auswählen einer ersten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die erste Apparatur eine bestimmte Verordnung aufweist;

Bestimmen erster Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die erste Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist;

Auswählen einer zweiten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der gleichen Zähne in dem Zahnbogen, wobei die zweite Apparatur eine Verordnung aufweist, welche sich von der Verordnung der ersten Apparatur unterscheidet;

das Bestimmen zweiter Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die zweite Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist; und

gleichzeitiges Anzeigen eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, wobei mindestens ein Teil der Bilder überlagert ist, und wobei mindestens ein Abschnitt jeglicher Unterschiede in den Ausrichtungen der angezeigten Zahnbilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position im Kontrast erscheint, so dass die relative Wirkung der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur beobachtet werden kann.

2. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Farbkontrast erscheint.

3. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Unterschied in der Schattierung der Bilder erscheint.

4. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 1, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Unterschied in der Form des Umfangs der Bilder erscheint.

5. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 1, wobei die Zähne, wenn sie angezeigt werden, ohne mindestens einen Teil der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur angezeigt werden.

6. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur und aufweisend die Handlung des Kaufens der Apparatur.

7. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 6, wobei die Handlung des Kaufens die Handlung des Erzeugens einer Auftragserfassung unter mindestens teilweiser Verwendung digitaler Daten, welche mindestens einem Teil der ausgewählten Apparatur entsprechen, aufweist.

8. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 7, wobei die Handlung des Erzeugens einer Auftragserfassung die Handlung des Erzeugens einer Bestellung aufweist.

9. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 1, wobei die Handlung des gleichzeitigen Anzeigens eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, die Handlung des Anzeigens jedes Zahnes in dem Zahnbogen aufweist, und wobei sämtliche Zähne, die sich sowohl in der ersten Position als auch in der zweiten Position in der im Wesentlichen gleichen Ausrichtung befinden, weniger hervorstechend ange-

zeigt sind als die übrigen Zähne des Zahnbogens.

10. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur, aufweisend:

Bereitstellen eines Datensatzes, der für eine Anzahl von Zähnen (**66**) eines Zahnbogens (**60**) repräsentativ ist; Auswählen einer ersten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die erste Apparatur einen ersten Satz von Einrichtungen aufweist, welcher einen Bogendraht (**70**) und eine Anzahl von Brackets (**64, 68**) aufweist, und wobei jede Einrichtung des ersten Satzes eine bestimmte Verordnung aufweist;

Bestimmen erster Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die erste Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist;

Auswählen einer zweiten orthodontischen Apparatur für mindestens einige der Zähne in dem Zahnbogen, wobei die zweite Apparatur einen zweiten Satz von Einrichtungen aufweist, welcher einen Bogendraht und eine Anzahl von Brackets aufweist, wobei jede Einrichtung des zweiten Satzes eine bestimmte Verordnung aufweist, und wobei mindestens eine Einrichtung des zweiten Satzes eine Verordnung aufweist, welche sich von der Verordnung einer der Einrichtungen des ersten Satzes unterscheidet;

Bestimmen zweiter Positionen der Zähne wie sie aussehen könnten, wenn die zweite Apparatur auf entsprechenden Zähnen angeordnet ist; und

gleichzeitiges Anzeigen eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, wobei mindestens ein Teil der Bilder in Bezug aufeinander überlagert ist, und wobei mindestens ein Abschnitt jeglicher Unterschiede in den Ausrichtungen der angezeigten Bilder zwischen der ersten Position und der zweiten Position im Kontrast erscheint, so dass die relative Wirkung der ersten Apparatur und der zweiten Apparatur beobachtet werden kann.

11. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei der Bogendraht des ersten Satzes von Einrichtungen mit dem Bogendraht des zweiten Satzes von Einrichtungen identisch ist.

12. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei sich der Bogendraht des ersten Satzes von Einrichtungen von dem Bogendraht des zweiten Satzes der Einrichtungen unterscheidet.

13. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Farbkontrast erscheint.

14. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Unterschied in der Schattierung der Bilder erscheint.

15. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei der Kontrast in den Bildern als ein Unterschied in der Form des Umfangs der Bilder erscheint.

16. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei die Zähne, wenn sie in den ersten Positionen angezeigt werden, ohne die Brackets des ersten Satzes von Einrichtungen angezeigt werden.

17. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei die Zähne, wenn sie in den ersten Positionen angezeigt werden, ohne den Bogendraht des ersten Satzes von Einrichtungen angezeigt werden.

18. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10 und aufweisend die Handlung des Kaufens der Apparatur nach Beobachtung der relativen Wirkung.

19. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 18, wobei die Handlung des Kaufens die Handlung des Erzeugens einer Auftragserfassung unter mindestens teilweiser Verwendung digitaler Daten, welche mindestens einem Teil der ausgewählten Apparatur entsprechen, aufweist.

20. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 19, wobei die Handlung des Erzeugens einer Auftragserfassung die Handlung des Erzeugens einer Bestellung aufweist.

21. Verfahren zum Auswählen einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur nach Anspruch 10, wobei die Handlung des gleichzeitigen Anzeigens eines Bildes von mindestens einem Zahn, wenn er sich in der ersten Position befindet und wenn er sich in der zweiten Position befindet, die Handlung des Anzeigens jedes Zahnes in dem Zahnbogen aufweist, und wobei sämtliche Zähne, die sich sowohl in der ersten Position als auch in der zweiten Position in der gleichen Ausrichtung befinden, weniger hervorstechend angezeigt sind als die übrigen Zähne des Zahnbogens.

22. Computerlesbares Medium konkret verkörpernd ein Programm ausführbar zum Durchführen der Auswahl einer Verordnung für eine orthodontische Apparatur, wobei das computerlesbare Medium Folgendes aufweist:

einen Datensatz, der für eine Anzahl von Zähnen (**66**) eines Zahnbogens (**60**) repräsentativ ist; ein erstes Mittel zum Anzeigen von Bildern von mindestens einigen der Zähne in ersten Positionen wie sie aussehen könnten, wenn eine erste Apparatur auf den Zähnen angeordnet ist; und ein zweites Mittel zum Anzeigen von Bildern von mindestens einigen der Zähne in zweiten Positionen wie sie aussehen könnten, wenn eine zweite Apparatur auf den Zähnen angeordnet ist, wobei das zweite Mittel ein Mittel zum gleichzeitigen Anzeigen von mindestens einigen der gleichen Zähne in den zweiten Positionen und den ersten Positionen aufweist, und wobei mindestens ein Teil der Bilder der angezeigten Zähne in der ersten Position und in der zweiten Position überlagert ist.

23. Computerlesbares Medium nach Anspruch 22, wobei die erste Apparatur einen Satz von Brackets (**64, 68**) und einen Bogendraht (**70**) aufweist.

24. Computerlesbares Medium nach Anspruch 22, wobei das erste Mittel aus einem Satz ausgewählt ist, welcher einen Monitor, einen Drucker und einen Projektor aufweist.

25. Computerlesbares Medium nach Anspruch 22, wobei der überlagerte Teil der Bilder als ein Farbkontrast oder als ein Unterschied in der Schattierung erscheint.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

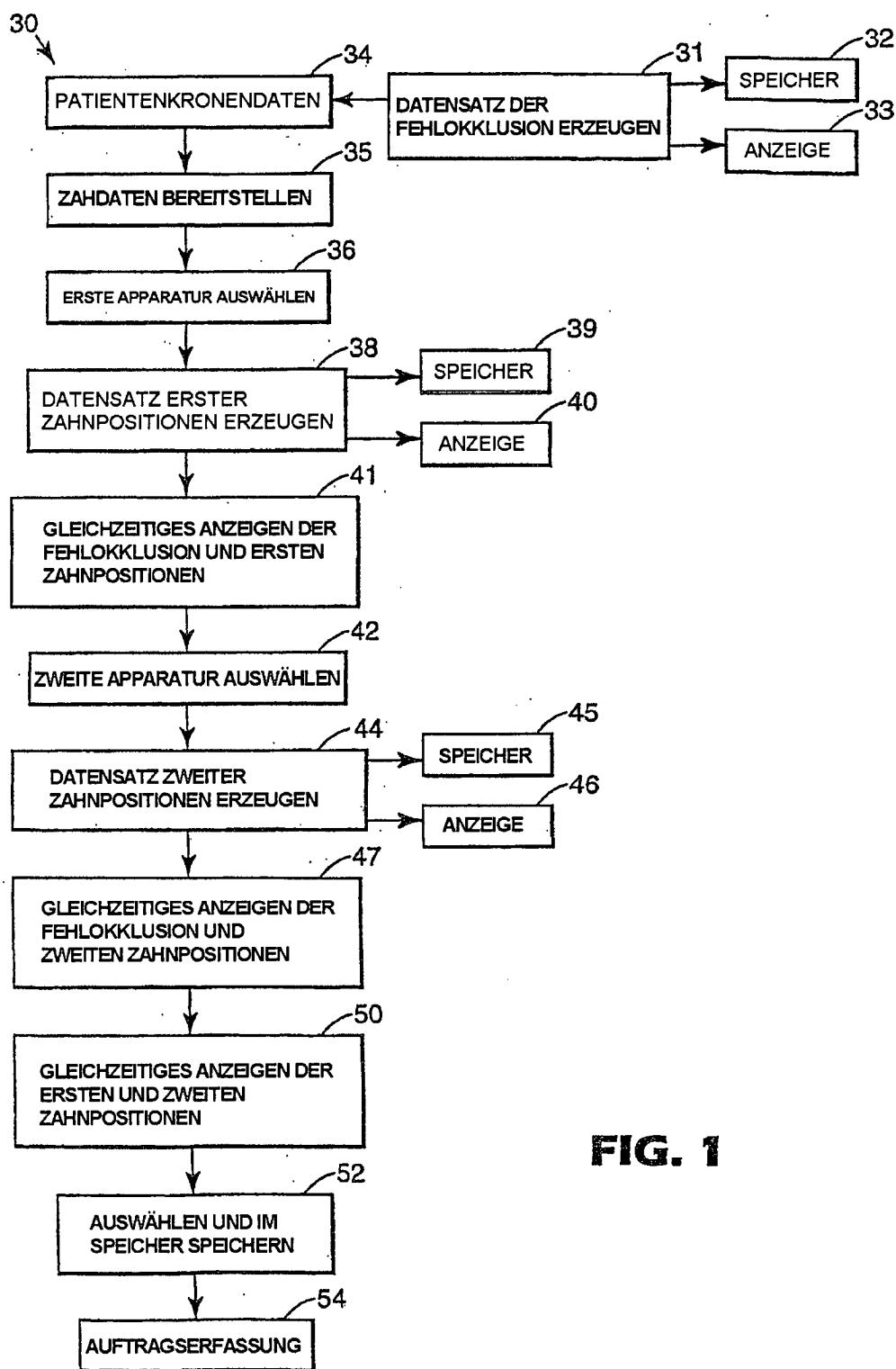


FIG. 1

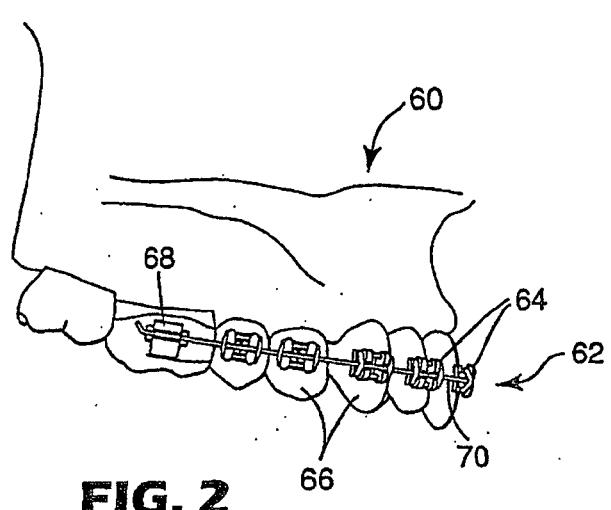


FIG. 2

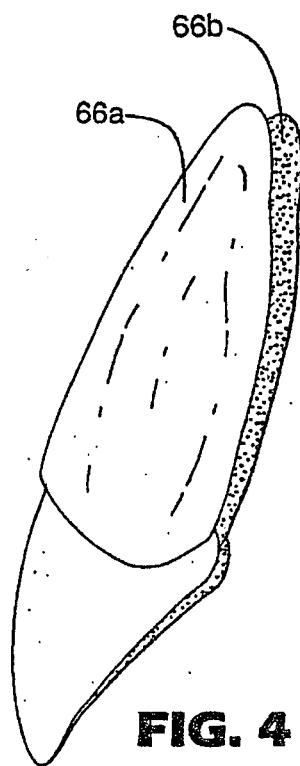


FIG. 4

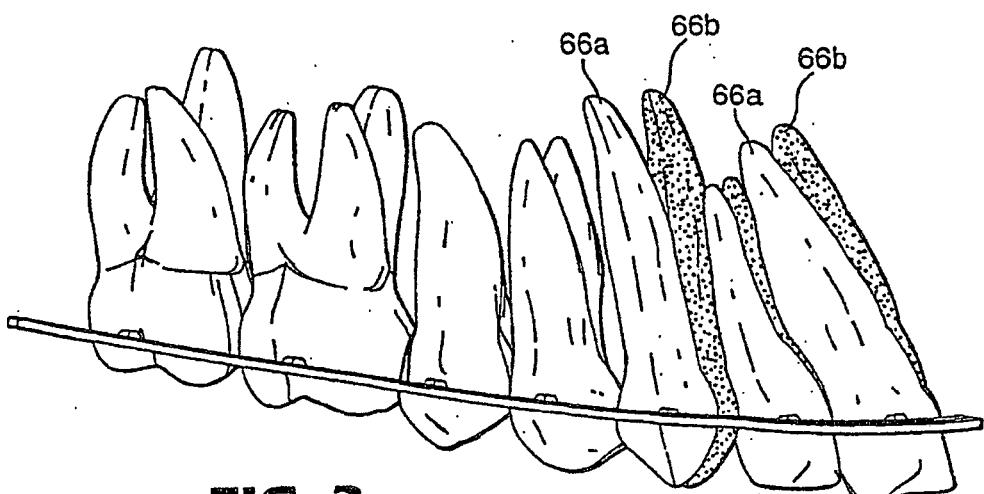
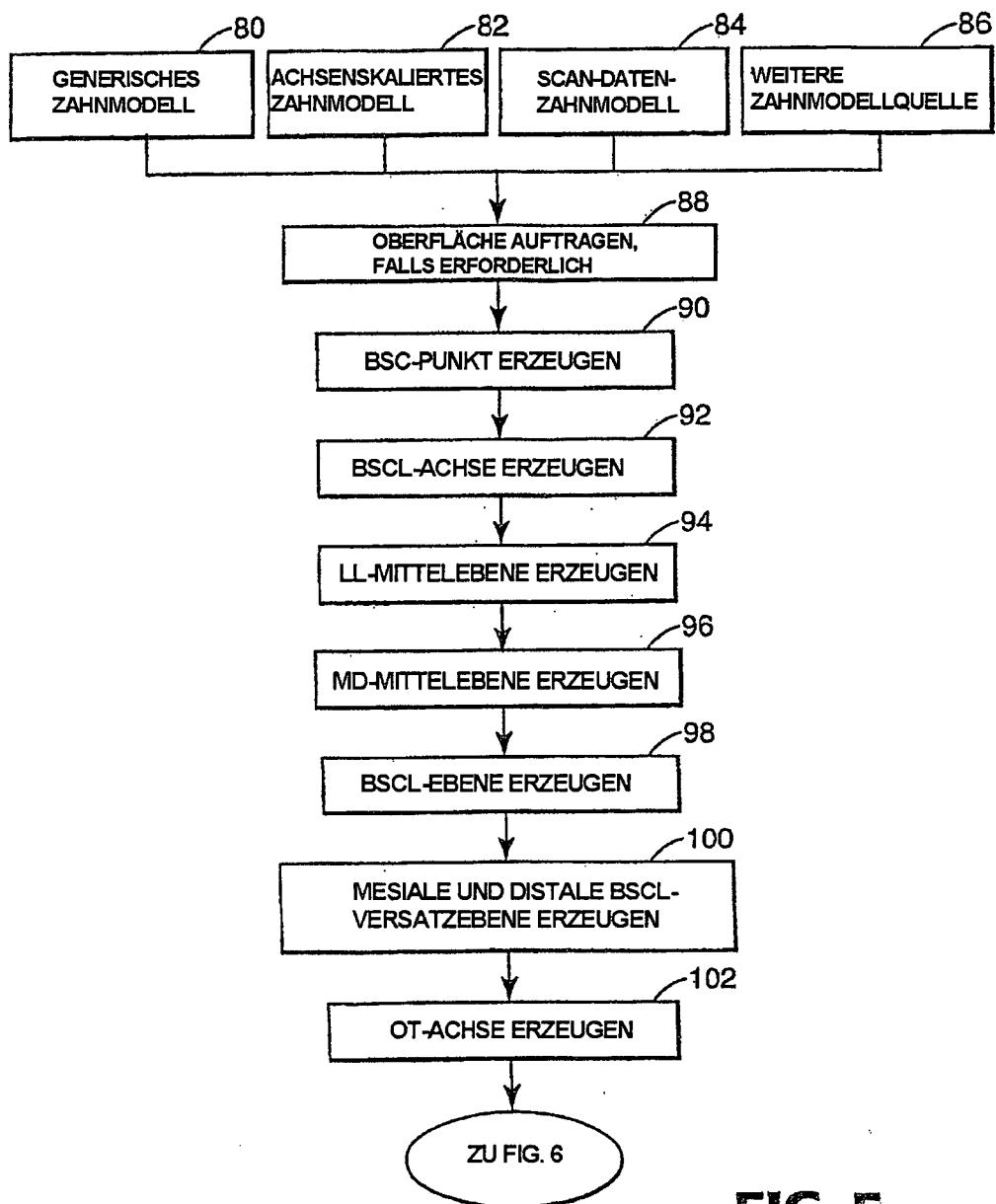
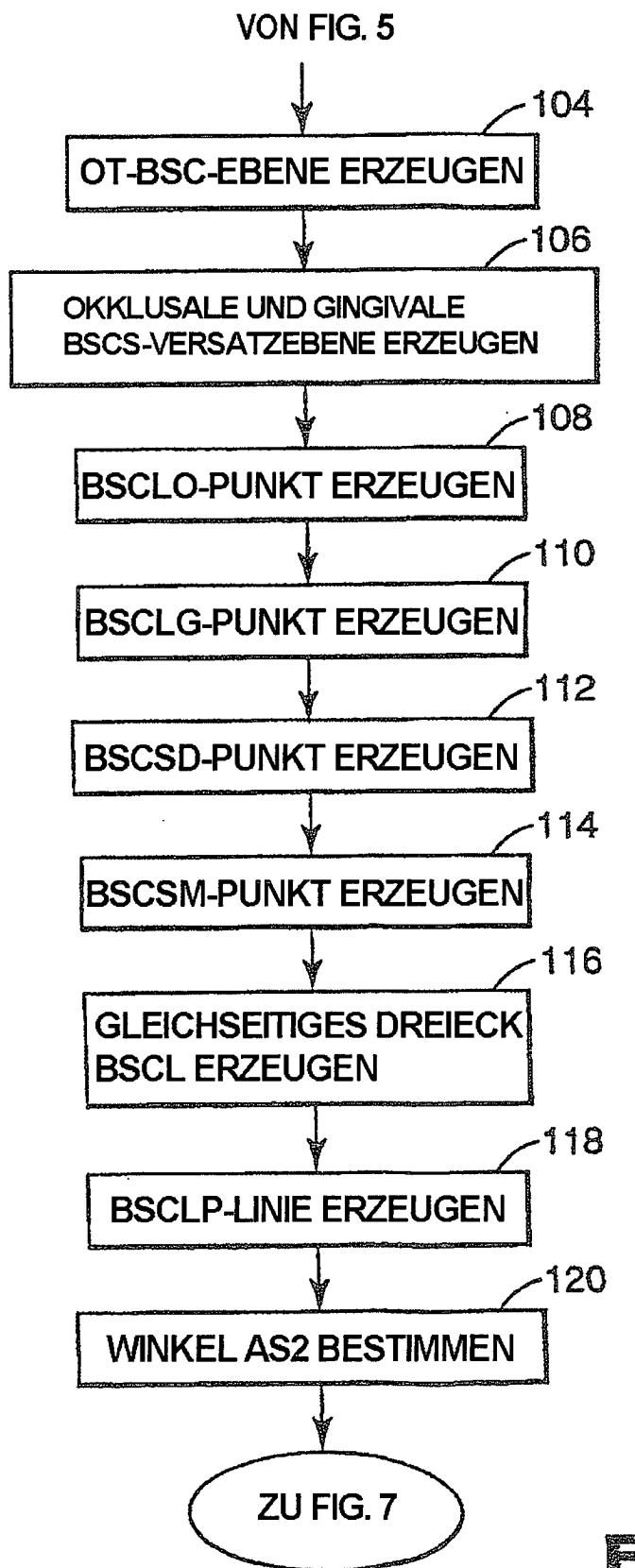
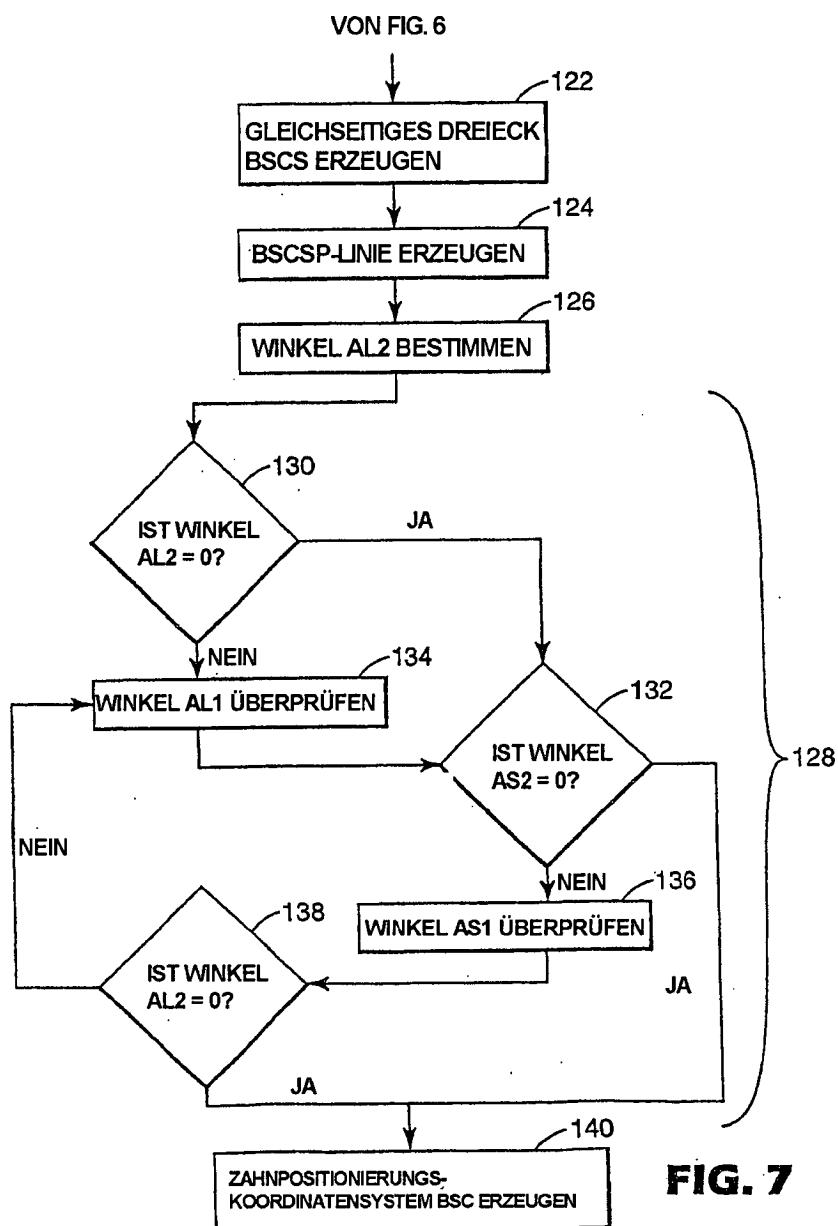


FIG. 3

**FIG. 5**

**FIG. 6**



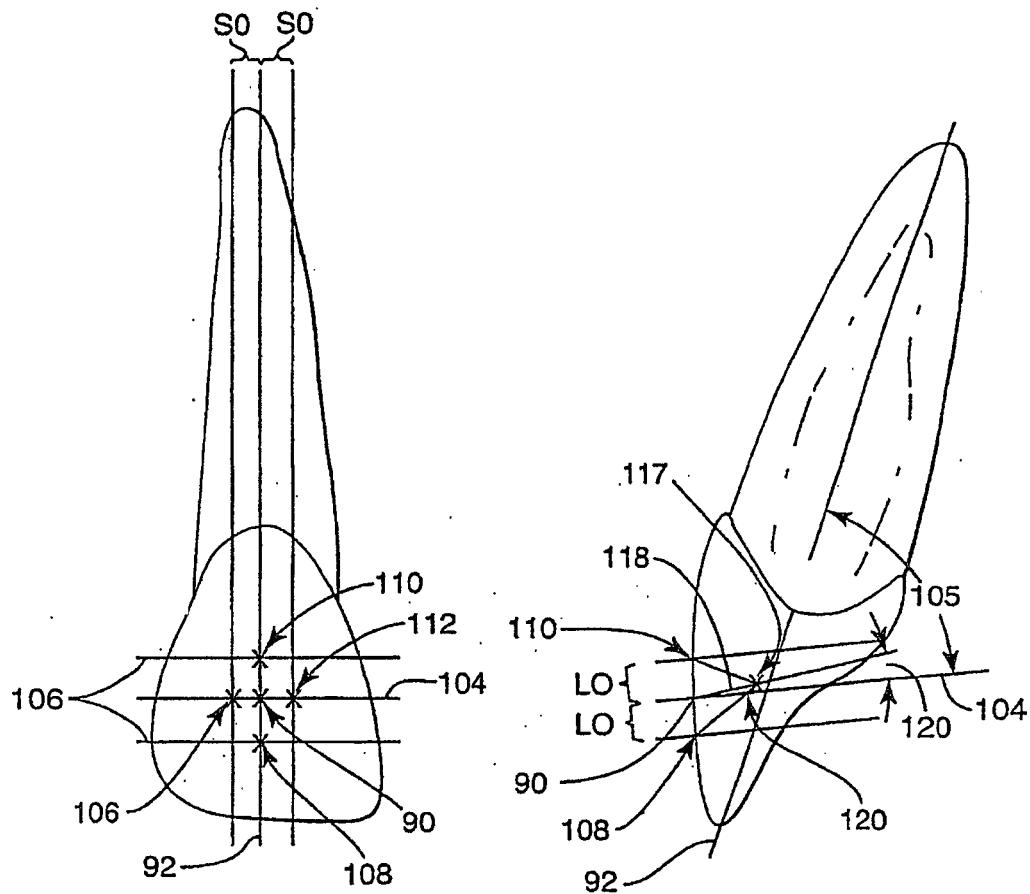


FIG. 8

FIG. 9

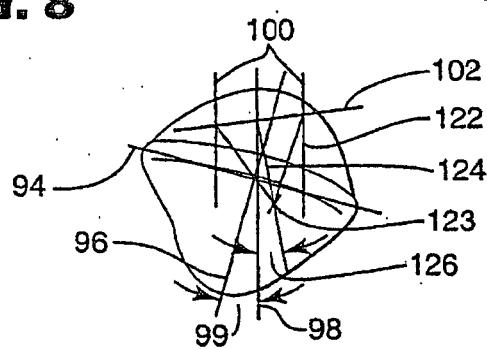


FIG. 10

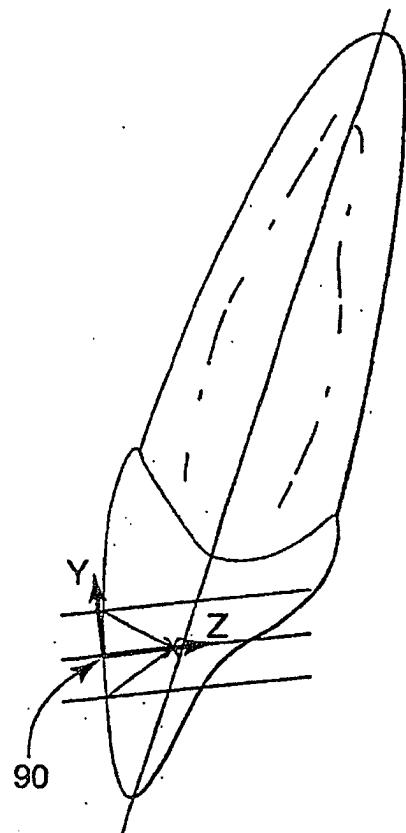
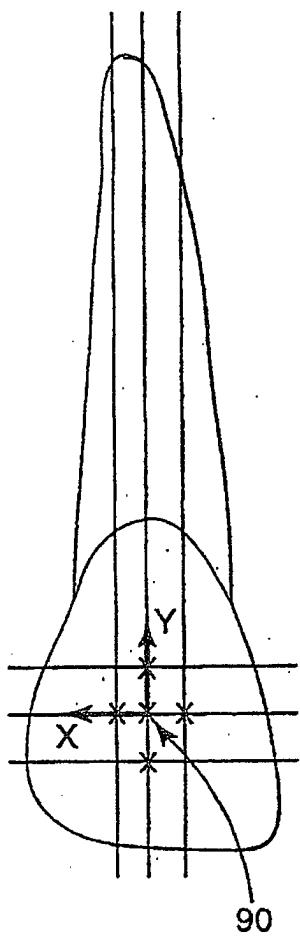


FIG. 11

FIG. 12

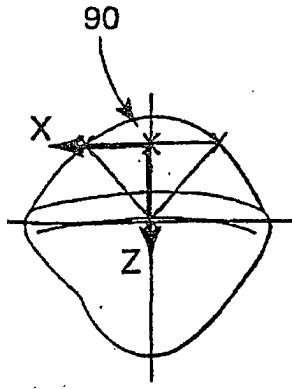
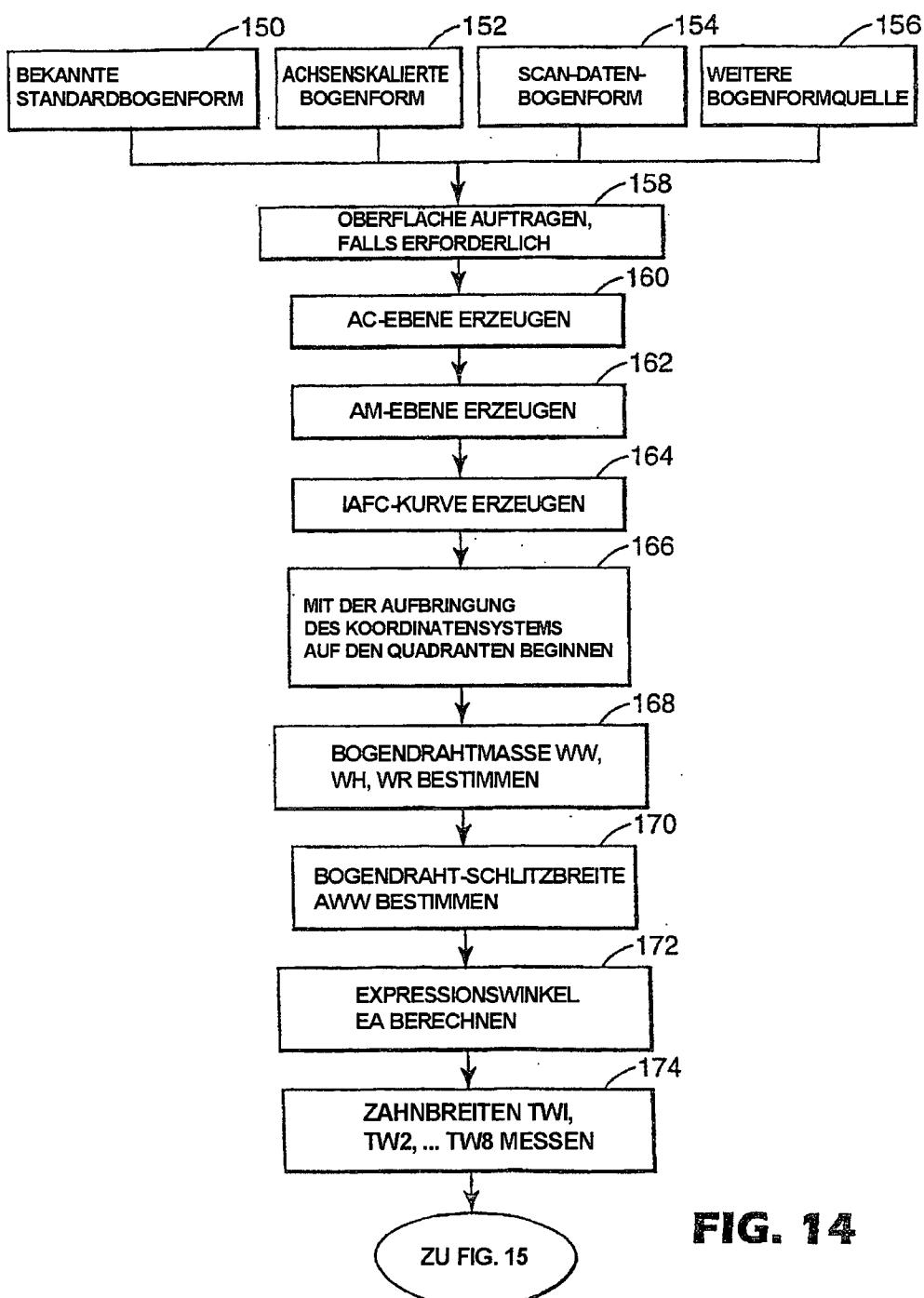
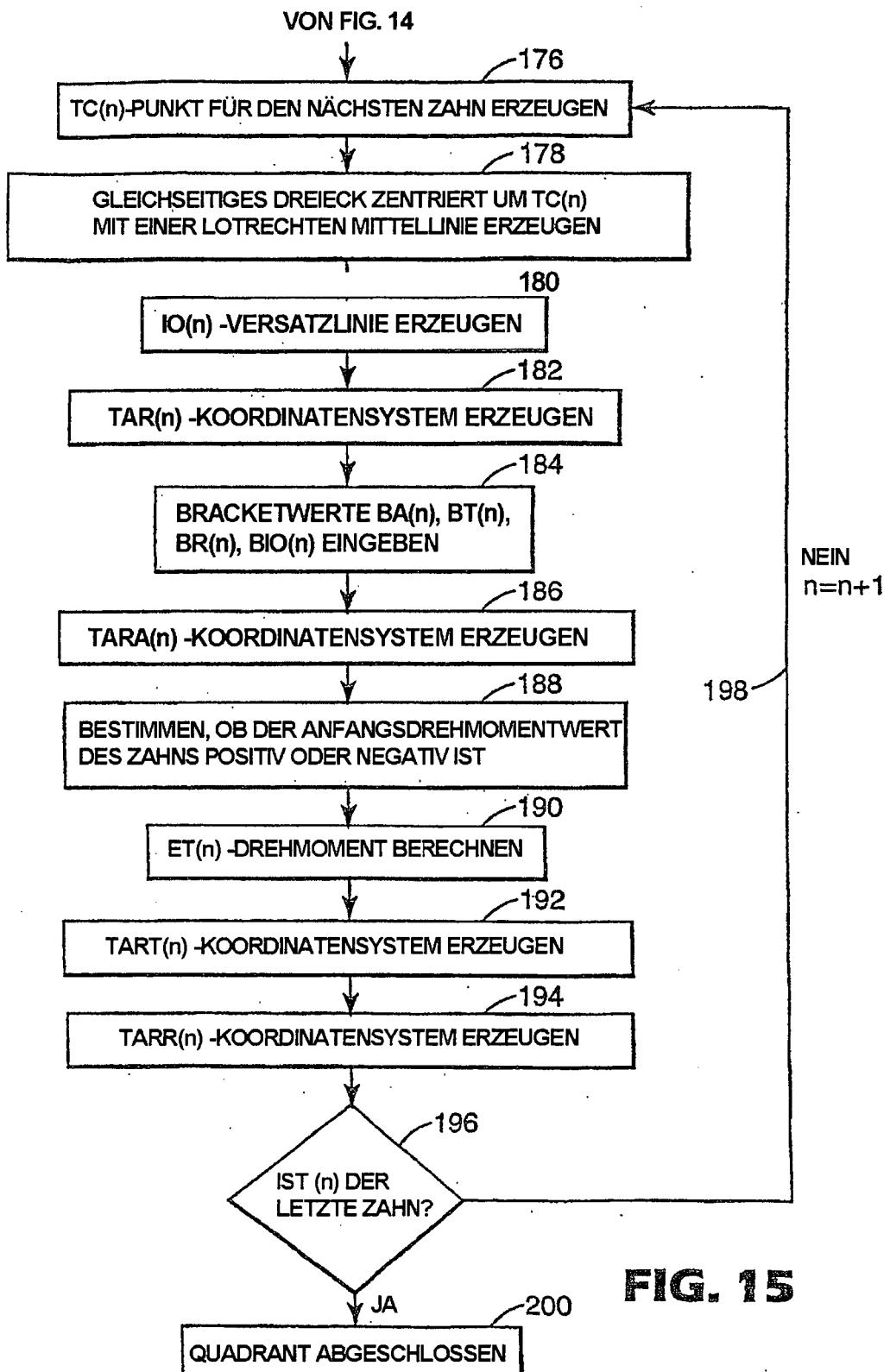


FIG. 13

**FIG. 14**



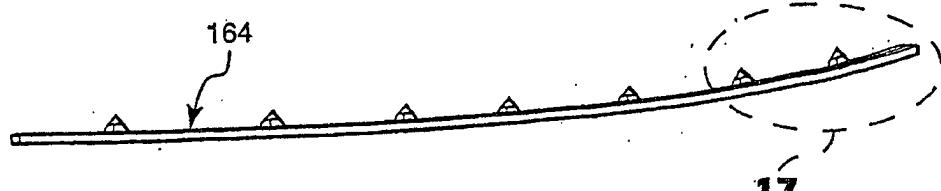


FIG. 16

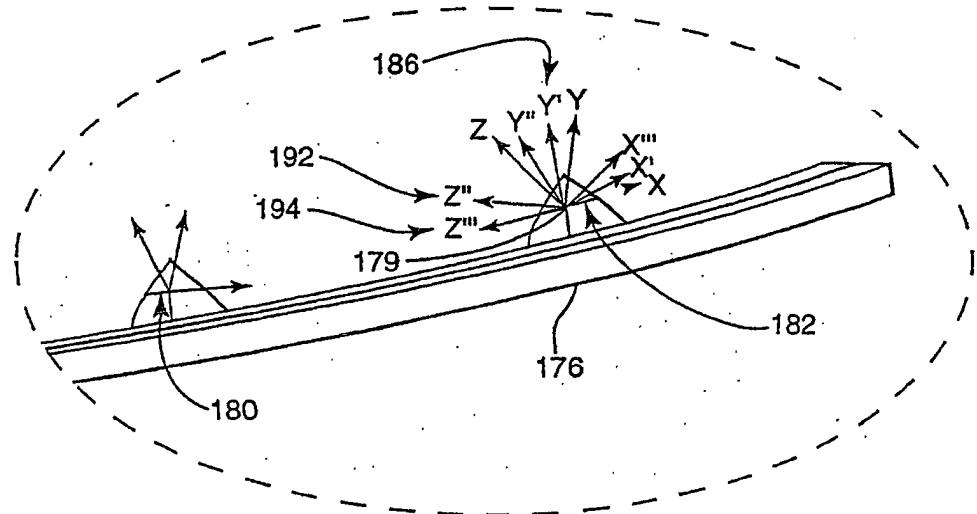


FIG. 17

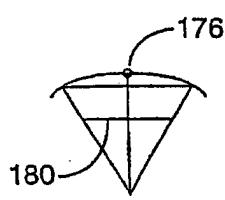


FIG. 18

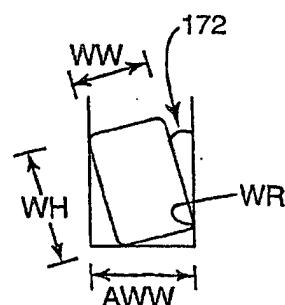
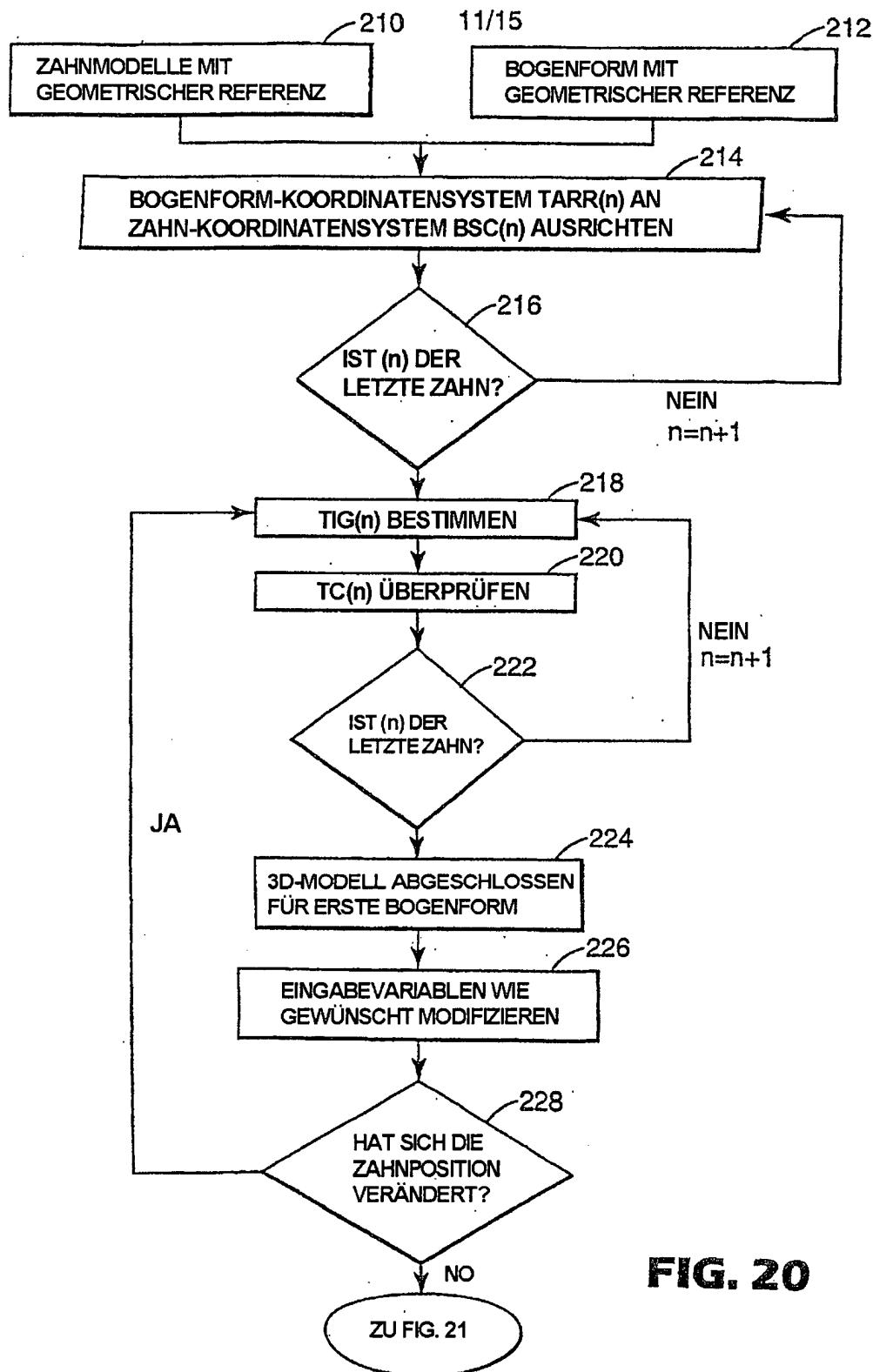
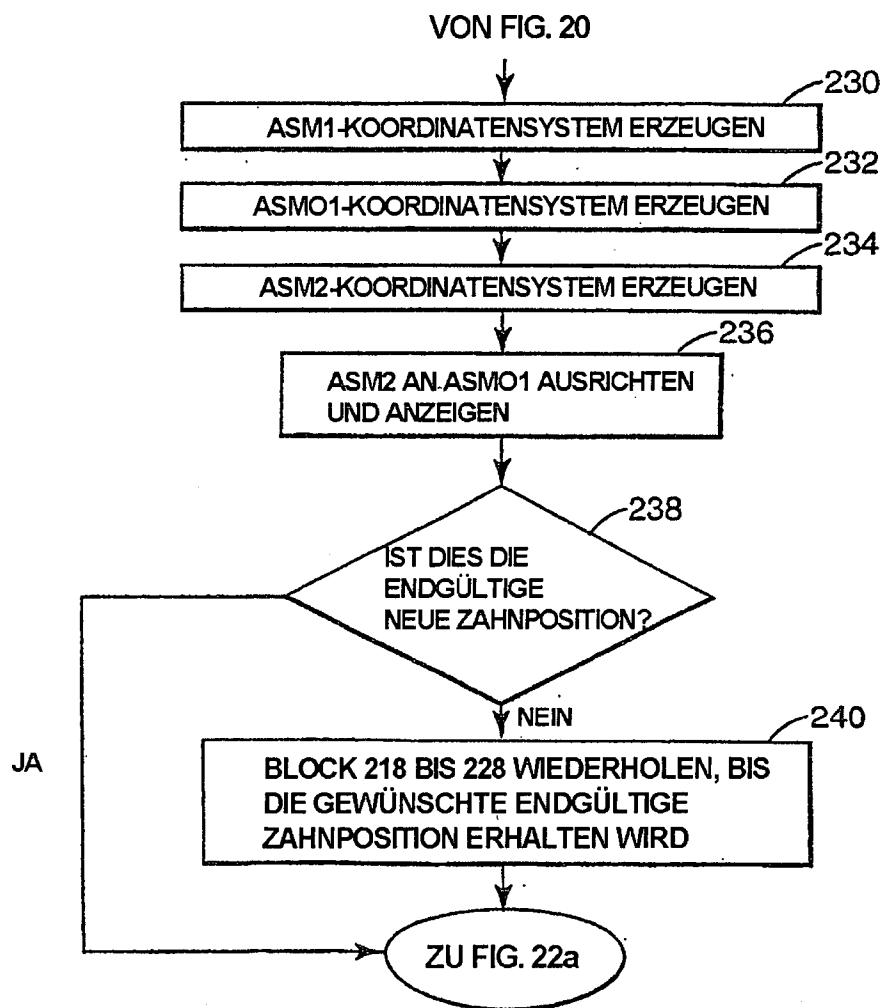
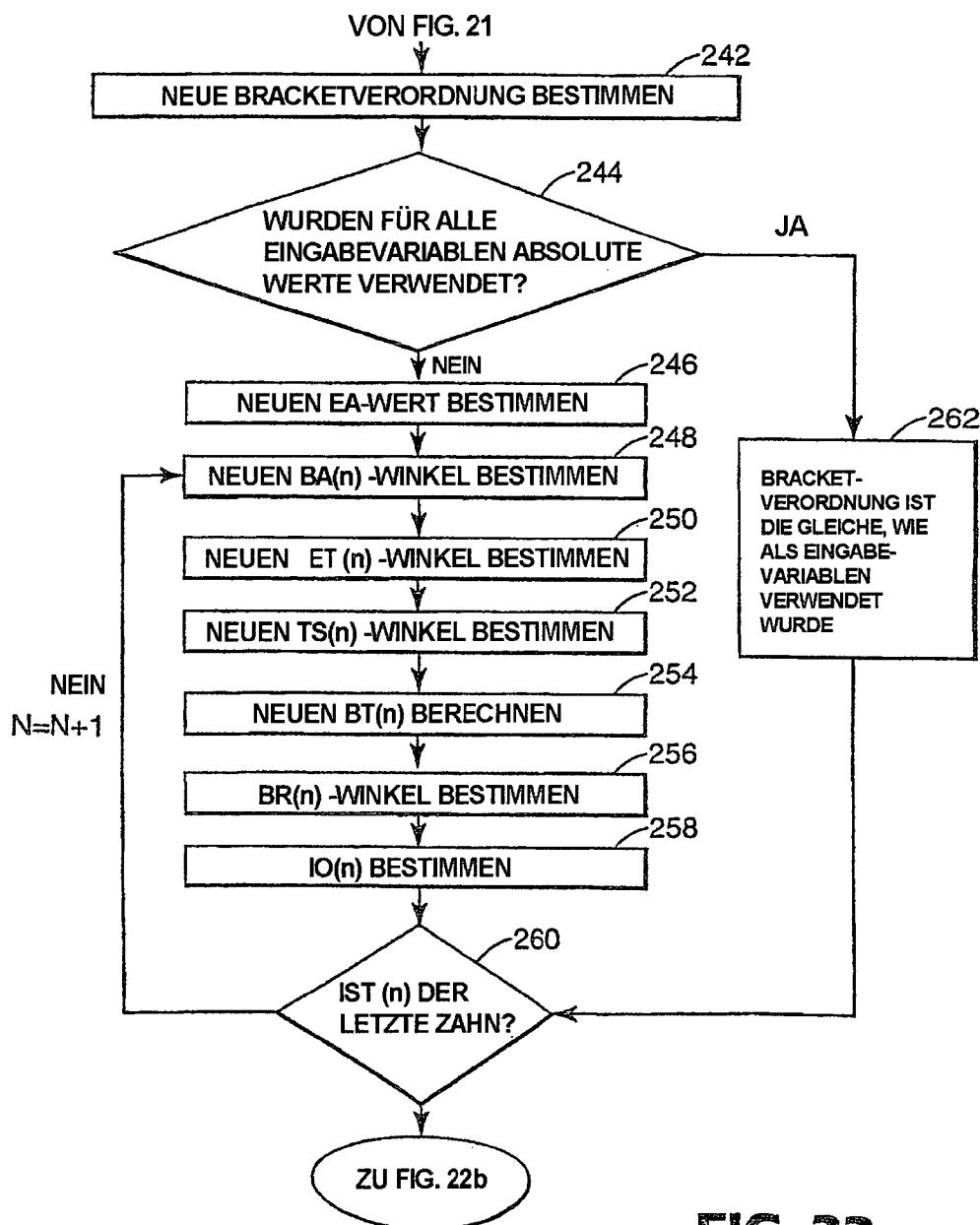
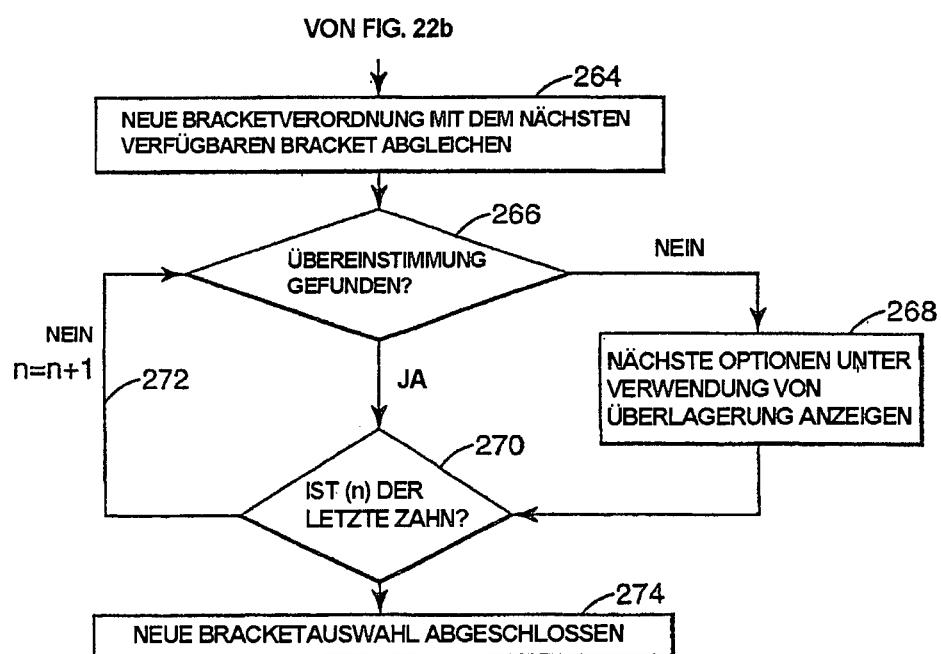


FIG. 19

**FIG. 20**

**FIG. 21**

**FIG. 22a**

**FIG. 22b**

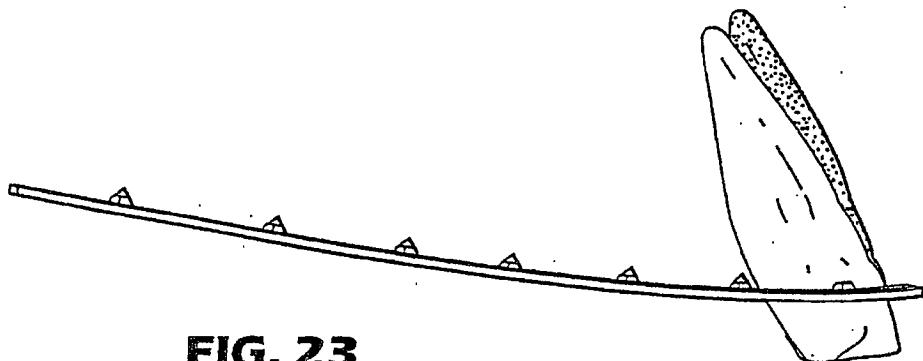


FIG. 23

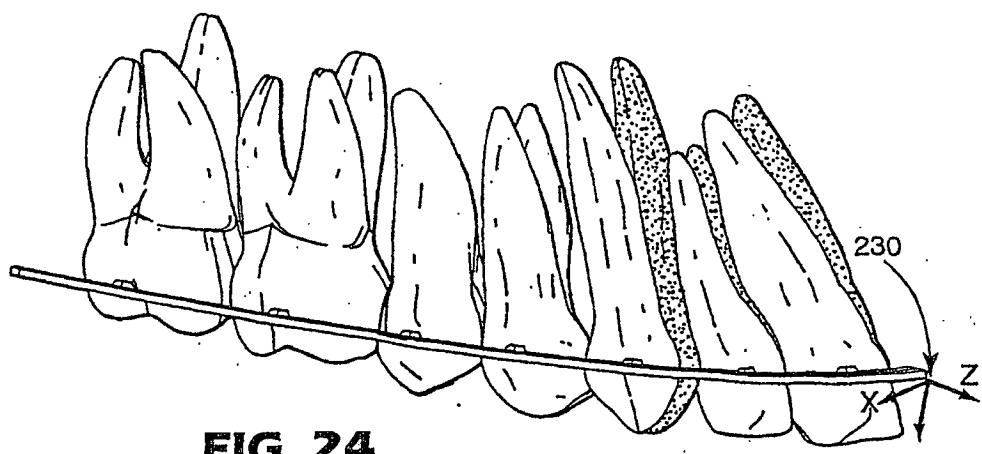


FIG. 24