epitome GmbH

Vorrichtung zum automatisierten Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen und Verfahren zu ihrer Steuerung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum automatisierten Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen und Verfahren zu ihrer Steuerung.

Die Reinigung von Flächen im Mundraum ist bekannt. Hierzu werden marktüblich Handzahnbürsten, Interdentalreiniger und Zahnseide verwendet.

Insbesondere sind auch eine Vielzahl von elektrischen Zahnbürsten auf dem Markt, welche überwiegend einen Bürstenkopf aufweisen, der elektrisch bewegt wird, während die Zahnbürste mit der Hand über die Zähne bewegt wird.

Die herkömmliche Mund/Zahnreinigung wird dementsprechend entweder komplett mechanisch oder teilautomatisiert durchgeführt. In der Maximalform ist die Putzbewegung motorisiert und der Anpressdruck wird über ein Aufleuchten einer LED an den Benutzer kommuniziert. Die Bewegung und der Winkel des Reinigungskopfes wird jedoch in jeder Ausführungsform vom Benutzer durchgeführt. Dies hat mehrere Probleme, da z.B. Rechtshänder die rechte Seite des Gebisses schlechter reinigen bzw. manche Bereiche des Gebisses generell schwierig zu erreichen sind. Außerdem ist die Reinigungszeit pro Zahn nicht immer die gleiche, was dazu führen kann, dass manche Zähne unvollständig geputzt werden. Aufgrund all dieser Probleme kann es dazu kommen, dass sich Zahnstein bildet oder im schlimmsten Fall Karies entsteht.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zum Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen zu schaffen, welche eine Mundraumreinigung automatisiert auf Basis erhobener individueller Daten ermöglicht.

Die Aufgabe wird mit den Merkmalen des Anspruch 1 gelöst, vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen gekennzeichnet.

Es ist eine weitere Aufgabe, ein Verfahren zur Steuerung der Vorrichtung zu schaffen, welches eine zuverlässige Reinigung ermöglicht.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruch 34 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den hiervon abhängigen Unteransprüchen gekennzeichnet.

Um eine fehlerfreie automatische Reinigung eines Gebisses durchzuführen, bedarf es einer Vorrichtung, welche die Gebissform und Biomarker misst und detektiert, daraus eine perfekte personalisierte Kurve für die Pflegeroutine berechnet und der eine Operation der Pflege ohne Fehler und Nutzerschaden folgen kann.

Insbesondere kann die Vorrichtung hierzu eine erste Detektionseinrichtung aufweisen und eine zweite Reinigungseinrichtung.

Die beiden Einrichtungen können baulich getrennt als zwei Geräte oder baulich zusammengefasst als ein Gerät ausgebildet sein. Insofern kann im ersten Fall in einer Stufe die Mess-, Detektions- bzw. Pflegeoperationen durchgeführt werden.

Werden die beiden Einrichtungen baulich getrennt und somit als zwei Geräte betrieben, werden die Operationen in einem zweistufigen Prozess geführt. Damit ist eine Entkopplung der Mess-, und Detektionsroutinen von der Pflegeroutine gewährleistet und die Präzision kann erhöht werden.

Liegen die beiden Einrichtungen der Vorrichtung baulich getrennt als zwei Geräte vor, beruhen sie bevorzugt auf dem gleichen grundsätzlichen Arbeitsprinzip.

Jede der Einrichtungen verfügt über zumindest eine in den Mundraum einfahrbare Funktionseinrichtung. Die Funktionseinrichtung ist insbesondere entweder eine Funktionseinrichtung zur Ausführung von Mess- und Detektionsoperationen oder eine Funktionseinrichtung für das Ausführen von Pflegeoperationen.

Insbesondere handelt es sich bei den Funktionseinrichtungen um bewegliche und drehbare Köpfe wie einen Detektionskopf oder einen Reinigungskopf. Diese Köpfe sind mittels Aktuatoreinrichtungen in einen Mundraum einbringbar und im Mundraum positionierbar. Sie werden somit ohne Einfluss vom Benutzer über die Zähne bewegt. Die Köpfe können auch Eigenbewegungen durchführen.

Die Vorrichtung oder jede der Einrichtungen verfügt zudem über eine Halteeinrichtung, welche die Vorrichtung (bei baulicher Einheit) oder die Einrichtungen ausbildet, um mit den Zähnen gehalten zu werden. Die Halteeinrichtung dient auch als Referenzpunkt für die Ermittlung und

Festlegung von Ortsdaten und die Erzeugung eines Bezugssystems zwischen den Lagedaten der Einrichtungen der Vorrichtung und den Lagedaten von interessierenden Bereichen im Mundraum.

Dieser Referenzpunkt ist in der bevorzugten Ausführungsform eine Aufbeißeinrichtung, auf welchen der Benutzer mit vorzugsweise wenigen Zähnen beißt. Insbesondere handelt es sich bevorzugt um die Schneidezähne. Jedoch sind mehrere Aufbeißeinrichtungen, welche zur Bereitstellung eines Referenzpunktes herangezogen werden, denkbar. Mögliche Fehlstellen in den Daten an den Positionen der Aufbeißeinrichtungen müssen jedoch berücksichtigt werden.

Die Detektionseinrichtung weist zwei oder vier bewegliche Funktionseinrichtungen und insbesondere Funktionsköpfe auf, welche das Gebiss von zumindest zwei aber bevorzugt drei Seiten umgreifen.

Bei vier Funktionseinrichtungen sind je eine für jeden Quadranten des Mundes vorgesehen.

Zusätzlich können zwei zusätzliche, nicht bewegliche, zweite Funktionseinrichtungen, welche fest um den Referenzpunkt angebracht sind, vorgesehen sein. Diese sorgen für die notwendige Überdeckung zwischen den Mess- und Detektionsdaten der beweglichen Funktionseinrichtungen an den vorderen Schneidezähnen des Ober- und Unterkiefers.

Diese nicht beweglichen zweiten Funktionseinrichtungen können beispielsweise an der Außenseite des Kiefers angeordnet sein, weil hier ein größerer Gebissradius herrscht und es somit hier leichter zu Fehlstellen in den Daten kommen kann.

Nicht bewegliche Funktionseinrichtungen an der Innenseite des Kiefers sind denkbar, haben jedoch den Nachteil, dass Sensoren für die Detektion und Messung von Biomarkern in die Innenseite des Mundes gebracht werden müssen, was unangenehmer für den Benutzer ist. Diese Ausführungsform mit beweglichen Funktionseinrichtungen und nicht beweglichen zweiten Funktionseinrichtungen hat den Vorteil, dass ein durchgängiges Datenprofil pro Gebisshälfte erzeugt werden kann und somit eine komplette 3D Aufzeichnung jeglicher Biomarker auf einem Gebiss möglich ist.

Die Reinigungseinrichtung weist ebenfalls zwei oder vier beweglichen Funktionseinrichtungen auf, welche die Zähne von zumindest zwei und in einer bevorzugten Ausführungsform von drei Seiten umgreifen.

Zudem kann ein weitere Doppel-Funktionseinrichtung vorhanden sein, welche in der mit einer gemeinsamen Antriebseinheit Ober- und Unterkiefer gleichzeitig pflegen kann.

Diese ist insbesondere um 20-40mm motorisch beweglich gelagert und um den Referenzpunkt herum im Bereich Schneidezähnen angeordnet ist.

Eine sehr breite Doppel-Funktionseinrichtung ist denkbar, doch gibt dies Nachteile, da es für den Benutzer unangenehmer ist.

Eine Doppel-Funktionseinrichtung hat gegenüber den dennoch möglichen zwei Einzel-Funktionseinrichtungen den Vorteil, dass nicht sowohl die Antriebseinheit als auch die bewegliche Einheit in Gebisslängsrichtung doppelt ausgeführt werden müssen

Zwei Einzel-Funktionseinrichtungen können eine angepasstere Pflege bei seltenen Gebissformen ermöglichen.

Zusätzlich könnte die Doppel-Funktionseinrichtung noch mit extra Antriebseinheiten ausgestattet sein, um dieses auf- bzw. ab und zum Zahn bzw. vom Zahn wegzubewegen. Dies hat Vorteile in der Anpassung an seltene Gebissformen bzw. erlaubt kompliziertere Pflegeroutinen an den Vorderzähnen, jedoch macht es die Reinigungseinrichtung genau an den Stellen größer, an denen sowieso sehr wenig Platz vorhanden ist, da der Referenzpunkt und die weiteren Funktionseinrichtungen auch in diesem Bereich sitzen.

Durch zwei bewegliche Funktionseinrichtung für die Molaren und eine bewegliche Doppel-Funktionseinrichtung an den Vorderzähnen kann eine Überdeckung der Pflegeroutinen im Bereich der Eckzähne gewährleistet werden.

Wie bereits ausgeführt, wird, um die Wiederholbarkeit der Operationen zu gewährleisten, bei jeder Einrichtung oder der Vorrichtung zumindest ein Referenzpunkt für die Ermittlung und Festlegung von Ortsdaten und die Erzeugung eines Bezugssystem zwischen den Lagedaten der Einrichtungen der Vorrichtung und den Lagedaten von interessierenden Bereichen im Mundraum vorgesehen. Auf diesen werden auch alle Bewegungen der beweglichen Funktionseinrichtungen referenziert.

Dieser Referenzpunkt ist insbesondere durch eine Aufbeißeinrichtung an unterschiedlichen Stellen des Gebisses ausgebildet. Er kann aber auch einzeln oder zusätzlich von Kinnstützen,

Aufhängungen an den Ohren, der Nase, oder dem Kopf oder im Mundraum, zum Beispiel durch eine Gaumenstütze unterstützt werden.

Der Referenzpunkt kann zusätzlich mit Sensoren ausgestattet sein.

Die Sensoren können Drucksensoren zum Messen des Beißdrucks sein, 2D-Mesh Sensoren, um eine Drehung oder Verschiebung des Aufbisses während zwei Stufen genauer zu messen, Lagesensoren zum Ermitteln von Bewegungen des Kopfes mit der Vorrichtung oder Einrichtung aber auch Time-of-flight Sensoren, innerhalb oder außerhalb des Mundes sein, um Verschiebungen zum Gesicht aufzuzeichnen und somit jegliche Bewegungen der Funktionseinrichtungen besser zum Referenzpunkt beziehen zu können.

All diese Maßnahmen erlauben es, eine Entkopplung zwischen dem physischen Referenzpunkt und Unterschieden beim Einführen in den Mund eines Benutzers während zwei Stufen und auch während längerer Nutzung über Wochen und Monate zu gewährleisten.

Dadurch kann die Genauigkeit von Messungen und Detektionen bzw. darüber hinaus auch Pflegeroutinen erhöht werden, um somit bessere Ergebnisse in der Diagnose von Krankheiten zu erzielen bzw. angenehmere und weniger abrasive Pflegeroutinen durchzuführen, die Biomarker wie Biofilm oder Zahnstein genauer treffen und gleichzeitig das Zahnfleisch schonen.

Zusätzlich können die nicht bewegliche Funktionseinrichtungen im Bereich der Interdentalspalten der Vorderzähne benutzt werden, um den Referenzpunkt noch genauer zu festzulegen. Dies erlaubt teilweise das Ersetzen der 2D-Mesh Sensoren.

In einer Ausführungsform werden die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen gemeinsam mit einem Drucksensor und zwei Time-of-flight Sensoren außerhalb des Mundes kombiniert.

Durch den Drucksensor wird gewährleistet, dass der Benutzer das oder die Geräte in der der gleichen Höhe im Mund hat und über die zwei nicht bewegliche Funktionseinrichtungen und die zwei Time-of-flight Sensoren kann man Drehungen und Verkippungen der Einrichtungen oder der Vorrichtung im Mund bzw. Verschiebungen um die Gebisslängsachse messen.

Um die Bewegung der beweglichen Funktionseinrichtungen zum Referenzpunkt genau zu messen, und damit eine Referenzierung der Bewegung zu gewährleisten, verfügt die Vorrichtung oder die Einrichtungen vorzugsweise über einen ähnlichen Antrieb der Funktionseinrichtungen.

Die Geschwindigkeit der Bewegung der Funktionseinrichtungen und die Genauigkeit der Positionierung ist bei einem bevorzugten Spindelantrieb abhängig von der Spindelsteigung und wird über Encoder, Hall-Sensoren an der Spindel, oder Strom- und Winkelsensoren gesteuert.

Weist die Vorrichtung zwei baulich getrennte Einheiten, nämlich eine Detektionseinheit und eine Reinigungseinheit auf, ist von Vorteil, dass man verschiedene Spindelsteigungen verwendet und somit z.B. eine genauere Messung oder Detektion möglich ist, als bei der Pflegeroutine oder -operation notwendig ist.

Dadurch kann die Geschwindigkeit der Pflegeroutine oder -operation erhöht und somit die Zeit für den Benutzer reduziert werden.

Weitere Antriebe für Auf-, Ab-, Kipp-, und Drehbewegungen der Funktionseinrichtungen sind von Vorteil, damit sich die Funktionseinrichtungen jeglichen Gebissformen anpassen können bzw. damit bei Verwendung von nur zwei Funktionseinrichtungen ein Wechseln von Oberkiefer auf Unterkiefer möglich ist.

Für die Mess- oder Detektionsroutine bzw. -operation kann es von Vorteil sein, wenn die Bewegung über die Zähne passiv erfolgt, da man hierdurch feinfühliger bezüglich Änderungen der Gebissform ist.

Dies ist speziell nützlich, wenn man mit mehreren Detektions- und Messprozessen über mehrere Tage, Wochen oder Monate die Genauigkeit von Langzeit Biomarkern verbessern will bzw. Änderungen der Gebissform, der Zahn- bzw. Zahnfleischhöhe, oder Verschiebungen und Drehungen von Zähnen messen will.

Hierbei werden vorzugsweise vier Funktionseinrichtungen, in diesem Fall Detektionsköpfe über einen Spindelantrieb über die Zähne geführt. Die Seitwärts- und Aufwärts- bzw. Abwärtsbewegung wird passiv über ein Federsystem gestaltet. Die Federsysteme können jeweils in beide Richtungen auf und ab bzw. links und rechts passiv angebracht sein.

Bei einer passiven Höhenverstellung kann gegebenenfalls darauf verzichtet werden und die Funktionseinrichtungen am Oberkiefer können sich nur nach unten kippen, die Funktionseinrichtungen am Unterkiefer nur nach oben kippen. Dies hat den Vorteil, dass man Platz spart und das Gerät somit angenehmer für den Benutzer macht.

Um kompliziertere Zahngeometrien wie rechteckige Gebissformen oder verschobene Zähne genauer und angenehmer mit einer Funktionseinrichtung zu überfahren, kann die passive Schwenkbewegung in der Ebene des Gebisses zusätzlich von einem oder mehreren Mechanismen überlagert werden, der die Funktionseinrichtungen um einen Minimalwinkel auslenkt. Diese Seitenanpassung bewirkt, dass passive Schwenkbewegungen minimal noch diesen Winkel einnehmen können. Dies hat den Vorteil, dass sich die Funktionseinrichtung bei Zahnlücken oder stark verschobenen Zähnen nicht verhängen kann, weil es aus den Spalten rein durch passive Bewegung nicht mehr herauskommt.

Die Pflegeoperation soll so präzise wie möglich durchgeführt werden. Die Erfinder haben erkannt, dass hierfür vorzugsweise ein starrer Antrieb der Funktionseinrichtungen vorzusehen ist.

Grundsätzlich sind alle Bewegungen der zumindest einen Funktionseinrichtung im dreidimensionalen Raum denkbar.

Diese wären Translationsbewegungen entlang der Gebisslängsachse, Schwenk- und Kippbewegungen sowie Drehungen in der Gebisslängsachs, oder Drehungen und Kippbewegungen entlang der Gebisshochachse.

Translationsbewegungen sind so starr wie möglich auszuführen, damit ein präzises Anfahren der von der Mess- und Detektionsroutine vorgegeben Kurve möglich ist.

Kippbewegungen, um eine Höhenverstellung des oder der Funktionseinrichtung zu bewerkstelligen, sollen auch möglichst starr sein, damit ein präziser Druck auf die Okklusalfläche der Zähne angebracht werden kann.

Schwenkbewegungen sind grundsätzlich starr, können aber von einer leichten Passivität überlagert werden. Dies hat den Vorteil, dass speziell, wenn nur eine Stufe zur Detektion und Pflege verwendet wird oder wenn die Detektionsroutine noch etwas ungenau ist, keine zu harte Pflege ausgeführt wird, sondern diese sich durch die Passivität selbst um die Gebisslängsachse zentriert.

Drehbewegungen entlang der Gebisslängsachse sollten auch so starr wie möglich ausgeführt werden, damit einerseits ein präzises Drehen von Oberkiefer auf Unterkiefer möglich ist, was, speziell wenn nur zwei bewegliche Funktionseinrichtungen verwendet werden, notwendig ist,

und andererseits, um die Funktionseinrichtung in Interdentalbereiche hineinzudrehen, was eine bessere Reinigung erlaubt bzw. speziell an den hintersten Molaren, wo sowieso Platzmangel herrscht, etwas mehr Reichweite mit einer kleineren Funktionseinrichtung zu erlauben.

Dies ist von Vorteil, um den Komfort für den Benutzer zu erhöhen.

Drehbewegungen um die Gebisshochachse sollten so starr wie möglich umgesetzt sein, damit die Funktionseinrichtung stets parallel zum Gebiss steht und damit eine optimale Pflegeroutine erreicht werden kann. Zusätzlich ist eine starre Drehung der Funktionseinrichtung notwendig, um die Funktionseinrichtung beim Wechseln von Oberkiefer auf Unterkiefer in die passende Position zu drehen. Dies hat den Vorteil, dass die Funktionseinrichtung so groß wie nötig ausgeführt werden kann, ohne dass es beim Wechseln für den Benutzer unangenehm wird.

Bevorzugt werden Kippbewegungen entlang der Gebisshochachse nicht ausgeführt, da dies die Komplexität erhöht, obwohl keine Verbesserung der Pflege/Reinigung erreicht wird. Dies kann jedoch den Vorteil haben, dass man die Spindel kürzen kann und damit die Einrichtung kleiner baut, da man die Funktionseinrichtung in Richtung der letzten Molaren kippt.

Nachfolgend soll auf die Ausgestaltung der Funktionseinrichtungen näher eingegangen werden.

Ein Mess- und Detektionskopf als Funktionseinrichtung kann je nach Verwendung unterschiedlich ausgeführt sein.

Vorzugsweise sind alle notwendigen Sensoren entweder direkt im Mess- und Detektionskopf integriert oder in der Mechanik der Aktuatoreinrichtungen oder Antriebseinheiten.

Insbesondere befinden sich direkt in den Funktionseinrichtungen drei Kameras, eine für jede Seite des Zahnes. Die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen sind mit zwei Kameras an der Außenseite des Gebisses ausgestattet.

Zusätzlich zu den Kameras in den Funktionseinrichtungen sind an den Aktuatoreinheiten Sensoren angebracht, die es ermöglichen, ein genaues 3D Profil des Gebisses zu erstellen und Kameradaten sowie alle zusätzlich integrierten Sensoren für Biomarker auf dieses 3D Profil zu projizieren.

In einer bevorzugten Ausführungsform werden alle Biomarker rein durch die Kameras und spezielle Optiken wie Hoch- und Tiefpassfilter sowie Polarisatoren detektiert und gemessen.

Diese Projektion der Biomarker, allen voran Biofilm, Karies, Verfärbungen von Zähnen und Zahnfleisch, sowie Abnutzung von Zähnen, Verschiebung von Zähnen, und Rückgang von Zahnfleisch erlauben es, eine personalisiert angepasste Kurve, im folgenden goldene Kurve genannt, für die Pflegeroutine zu berechnen, die dann von einer Reinigungseinrichtung mit einem einer Funktionseinrichtung zur Pflege insbesondere einem Reinigungskopf abgefahren wird.

Zur Messung und Berechnung dieser goldenen Kurve sind an den Antriebseinheiten für die Translationsbewegungen Encoder und Stromsensoren angebracht. Dies ermöglicht es, mit den Encodern die genaue Position des ausgefahrenen Zustands zu speichern. Die Stromsensoren helfen zusätzlich, zu erkennen, ob gegen ein Hindernis gefahren wird. Dies erlaubt einerseits einen höheren Komfort für den Benutzer, weil kein zu hoher Druck gegen die Zähne entsteht und andererseits, dass die Seitwärtsanpassung auf Messdaten dieser Stromsensoren getriggert wird. Für die Seitenanpassung sind Encoder angebracht, damit ein präzises Nachstellen des Minimalwinkels gewährleistet werden kann. Zusätzlich sind an der Aktuatoreinrichtung bzw. Antriebseinheit noch Winkelsensoren für den Kipp- und Schwenkwinkel angebracht. Dies erlaubt ein Messen des derzeitigen Winkels der ausgefahrenen Funktionseinrichtung.

Ein Reinigungskopf oder Pflegekopf, mithin die Funktionseinrichtung für die Pflege kann unterschiedlich ausgestaltet sein. Dies hängt insbesondere vom Anwendungsfall ab.

Insbesondere kann ein Reinigungskopf mit Filamenten, Lippen, Fäden, Drähten oder sonstigen mechanischen Ausbildungen versehen sein, welche dazu ausgebildet sind, auf eine Oberfläche einzuwirken. Insbesondere ausgebildet sind um an einer Oberfläche sanft abrasiv Beschichtungen wie Biofilm abzulösen.

Bevorzugt ist ein Reinigungskopf es nur mit dünnen Filamentbündeln ausgestaltet, welche den Vorteil haben, dass man damit präzise Stech- und Wischbewegungen ausführen kann. Zusätzliche Sensoren können an den Aktuatoreinrichtungen und/oder an der Antriebseinheit angeordnet sein.

Nachfolgend wird auf die Arbeitsweise der Detektionseinrichtung eingegangen.

Die Mess- und Detektionsroutine wird in Phasen unterteilt.

Die erste Phase wird für die Kalibrierung einer groben goldenen Kurve angewandt. Dies passiert speziell das erste Mal, wenn das Gerät in den Mund genommen wird, kann aber auch über mehrere Durchläufe passieren.

Vorzugsweise wird das erste Messen für eine grobe Kalibrierung der goldenen Kurve verwendet, welche dann mit jedem weiteren Anwenden der Mess- und Detektionsroutine verfeinert wird.

Hierbei können die älteren Messdaten höher gewichtet werden, da in den ersten Scans das Funktionseinrichtung vorzugsweise langsamer über die Zähne geführt wird und damit genauere Messdaten vorliegen. Insbesondere wird ein Speicher angewandt, der zusätzlich zur berechneten goldenen Kurve noch die neuesten Messdaten speichert. Dadurch wird ermöglicht, dass große Veränderungen in Position, Drehung, Abstand, Rückgang, oder Abnutzung von Zähnen oder Zahnfleisch zur goldenen Kurve verglichen werden können, was den Vorteil hat, dass man potentielle Messfehler, die in einem einzelnen Durchgang entstehen und eine starke Abweichung von der goldenen Kurve aufweisen, herausfiltern kann und erst nach Bestätigung der großen Änderung reagieren kann.

Es ist sinnhaft für die Kalibrierung alle Sensordaten auf den Referenzpunkt zu referenzieren.

Der genaue Ablauf der Kalibrierung ist der folgende, wobei einige oder alle der Schritte in der angegebenen oder einer anderen Reihenfolge durchgeführt werden:

- Beißen auf den Referenzpunkt (Aufbeißeinrichtung) um eine Referenz herzustellen.
- Die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen schießen ein Bild, welches den mittleren Interdentalspalt erkennt und somit die erste Referenz zum Kiefer bildet.
- Die Time-of-flight Sensoren zeichnen den Abstand zum Gesicht auf, um die Referenz zu verfeinern.
- Darauffolgend schießen alle beweglichen Funktionseinrichtungen ein Bild, um den Beginn der Datenaufzeichnung zu starten.

- Dann werden die Funktionseinrichtungen des Oberkiefers ausgefahren. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Ergebnisse und es kann auch mit dem Unterkiefer gestartet werden.

- Die Funktionseinrichtungen werden von der Motoreinheit ausgehend von der Startposition der Funktionseinrichtungen Richtung Zähne geführt.

- Mit gleichbleibender Framerate werden von den Funktionseinrichtungen Bilder geschossen. Dies muss nicht sein, hat jedoch den Vorteil, dass stets in gleichen Zeitabständen und mit bekannter Geschwindigkeit bekannte Abstände gefahren werden, welche zusätzlich zu den Encodern und Motorströmen eine Verfeinerung der goldenen Kurve ergeben, da man speziell nach einigen Scans grob weiß, wie groß ein Zahn und somit ein Abstand zwischen zwei Bildern ist.

- Die Funktionseinrichtungen werden so lange über die Zähne geführt, bis der Motorstrom zu hoch wird.

- Wenn der Motorstrom zu hoch ist und damit ein Anstoßen an die Zähne registriert wird, wird die jeweilige Funktionseinrichtung mittels der Seitenanpassung um einen gewissen Minimalwinkel ausgelenkt, damit die benötigte Kraft zum Weiterfahren auf den Zähnen reduziert wird und es zu einer angenehmen Kalibrierung kommt. Vorzugsweise wird ein Anstoßen registriert über ein Übersteigen eines vorgegebenen Schwellwerts des Motorstromes über einen Wert, der einer gewissen Kraft entspricht. Insbesondere liegt diese Kraft bei 0.5N bis 2N,

- Dies wird so lange wiederholt, bis

  a. Keine Einstellung der Seitenanpassung mehr gefunden werden kann, wo der Motorstrom klein genug ist.

  b. Das Ende der Reichweite der Motoreinheit erreicht ist.

  c. Die Kameras ein Ende des Gebisses registrieren.

- Wenn das Ende erreicht wird, wird

  a. Entweder über den aufgezeichneten Pfad zur Ausgangsposition zurückgefahren.

b. Die ganze Prozedur rückwärts gemacht, damit der aufgezeichnete Pfad noch verbessert wird.

- Dies wird dann für das Unterkiefer wiederholt.
- Während der gesamten Routine, liefern die Time-of-flight Sensoren oder potentielle 2D-Mesh Sensoren am Referenzpunkt weitere Daten zu Verschiebungen und Verdrehungen, damit die gemessenen Daten im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt korrigiert werden können.
- Vorzugsweise werden nach dem Beenden der Detektions- oder Messroutine die gesamten Bilder aneinandergehängt, um einen kohärenten Bildstrom zu erzeugen.
- Dieser Bildstrom wird von einem Machine Learning Algorithmus untersucht. Dieser ist auf Zahn- und Zahnfleischsegmentierung trainiert und teilt den Bildstrom in Zähne und Zahnfleisch ein
- Auf diesen Zähnen wird dann
  a. Entweder über einen Schwellenwertalgorithmus Biomarker wie Biofilm, Verfärbungen, oder Karies detektiert;
  b. Oder ein Machine Learning Algorithmus verwendet, der auf Biofilmerkennung und andere Biomarker wie Verfärbungen oder Karies trainiert ist und somit eine genauere Detektion derselben erlaubt.
  c. Beide Methoden oder noch weitere können kombiniert werden, um die Ergebnisse zu verbessern
- Die Ergebnisse dieser Detektion werden auf die einzelnen Zähne projiziert
- Mit Hilfe der Daten der Encoder, der Stromsensoren und der Winkelsensoren wird aus diesem Bildstrom und den gemappten Zahn- und Zahnfleischdaten eine 3D Rekonstruktion des Gebisses erzeugt, auf welche alle Biomarker projiziert sind.
- Dies erlaubt eine Berechnung einer goldenen Kurve, die von einer Pflegeroutine abgefahren werden soll, um die bestmögliche Pflege zu gewährleisten

- Zusätzlich wird daraus der bestmögliche Punkt berechnet, von dem vom Oberkiefer auf den Unterkiefer umgewechselt wird.

- Ab der zweiten Messung bzw. Detektion wird in der vorzugsweise die berechnete goldene Kurve als Ausgangspunkt für Punkt Nummer 4 und den folgenden genommen. Es werden weiterhin alle Daten aufgezeichnet, doch das Gerät erkennt automatisch, welche Datenpunkte der goldenen Kurve als korrekt gelten und welche noch potenzielle Fehler innehaben. Dadurch kann

    a. Z.B. die Framerate der Bilder bzw. der Detektion reduziert werden, um Daten zu sparen.

    b. Größere Geschwindigkeiten gefahren werden, ohne neue Fehler in die Messdaten zu kriegen.

    c. Spezielle Bereiche der goldenen Kurve angefahren werden, um Biomarker an diesen Stellen genauer zu messen.

Nachfolgend wird erläutert, wie mit den gewonnenen Ergebnissen auf die Pflegeoperation bzw. Routine eingewirkt wird und wie diese abläuft.

Sollte die Mechanik der Einrichtung für die Mess- und Detektionsoperation nicht genau dieselbe sein wie für die des Gerätes für die Pflegeoperation bzw. sollte der Referenzpunkt zu große Fehler beim Einsetzen des Gerätes in den Mund zulassen, so kann eine Plausibilitätsprüfung der Daten der goldenen Kurve in beiden Geräten durchgeführt werden, bevor diese Daten für die Berechnung eines besseren Pfades herangezogen werden.

Vorzugsweise liefert das Gerät für die Mess- und Detektionsoperation die goldene Kurve an das Gerät der Pflegeoperation und dieses prüft, ob die Daten plausibel sind.

Die Prüfung beinhaltet eine Plausibilisierung, ob die goldene Kurve nicht in manchen Bereichen außerhalb der mechanisch fahrbaren Maxima des Gerätes für die Pflegeroutine, also der Einrichtung für die Reinigungsoperation liegt, ob die goldene Kurve nicht in Bereichen liegt, die bei vorherigen Messungen als Zahn bzw. Gebissform angegeben wurden, und ob es Bereiche gibt, die mit einer Funktionseinrichtung der Einrichtung für die Reinigungsoperation nicht in solch einer Art und Weise angefahren werden können, weil dadurch ein Schaden am Nutzer entstehen könnte.

Zusätzlich werden vorzugsweise Kurven wie Splines in die Datenpunkte gelegt, sofern zu wenige dieser Datenpunkte in der goldenen Kurve vorhanden sind. Dies hat den Vorteil, dass man bekannte Gebisskurvengeometrien verwenden kann, um fehlende Daten trotzdem bestmöglich zu überbrücken. Als weiterer Schritt der Optimierung werden Gebissformen auf planare und inter-planare Gebisssymmetrien korrigiert. Wo die erstere Korrektur auf Symmetrien der linken und rechten Gebisshälfte abzielen, nützen inter-planare Korrekturen die Symmetrien zwischen der oberen und unteren Zahnreihe. Starke Deviationen einer Region können dadurch ausgeglichen werden.

Zum Abfahren der kalibrierten und erzeugten goldenen Kurve für die Pflegeoperation sind an den Antriebseinheiten für die Funktionseinrichtung zum Reinigen/Pflegen Sensoren wie Encoder, Stromsensoren, Winkelsensoren, oder Hall-Sensoren angebracht.

Insbesondere wird die Translationsbewegung über einen Spindelantrieb erzeugt, welcher mit einem Encoder am Motor und Stromsensoren versehen ist.

Für die Schwenk und Kippbewegung in Gebisslängsachse wird jeweils ein eigener Motor mit Encoder und Stromsensoren verwendet.

Zusätzlich kann sich noch ein Dehnmessstreifen nahe an jeder Funktionseinrichtung befinden, damit ein Druck auf die Okklusalfläche der Zähne gemessen wird.

Für das Drehen der Funktionseinrichtung um die Gebisslängsachse wird in der bevorzugten Ausführungsform die gesamte Spindel mit Hub des Translationsantriebs gedreht. Dies hat den Vorteil, dass der Motor sich weit hinten außerhalb des Mundes befinden kann. Hier werden am Motor Encoder, Stromsensoren, und Hall-Sensoren verwendet.

Für die Drehung der Funktionseinrichtung um die Gebisshochachse werden am Motor Encoder, Stromsensoren und Hall-Sensoren verwendet.

Von Vorteil kann es ein, wenn in der Einrichtung für die Reinigungsoperation noch zusätzlich eine Kamera auf einer sehr ähnlichen Position wie in den nicht beweglichen Funktionseinrichtung des Gerätes für die Mess- und Detektionsoperation sowie zwei Time-of-flight Sensoren vorhanden sind, um Verschiebungen und Verdrehungen im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt zu messen.

Durch Verwendung all dieser Sensoren, ist es möglich, die goldene Kurve perfekt im 3D-Raum abzufahren und dies nur mit zwei Funktionseinrichtungen zu bewerkstelligen, da vom Oberkiefer auf den Unterkiefer gewechselt werden kann.

In der bevorzugten Ausführungsform erhält die Einrichtung für die Reinigungsoperation die goldene Kurve und führt eine Plausibilitätsprüfung aus.

Sollte die goldene Kurve plausibel erscheinen, ist der Ablauf der folgende:

- Beißen auf den Referenzpunkt, um eine Referenz herzustellen
- Die Kamera schießt ein Bild, welches den mittleren Interdentalspalt erkennt und somit die erste Referenz im Vergleich zum Gerät für die Mess- und Detektionsoperation errechnet
- Die Time-of-flight Sensoren zeichnen die Abstände zum Gesicht auf.
- Die goldene Kurve wird erstmals auf Basis dieser neuen Referenzen geändert.
- Dann werden die Funktionseinrichtungen des Oberkiefers entlang der goldenen Kurve ausgefahren. Dies hat aber keinen Einfluss auf die Ergebnisse und es kann auch mit dem Unterkiefer gestartet werden.
- Die goldene Kurve wird abgefahren und je nach 3D-Konstruktion des Gebisses, Höhe von Zähnen und Zahnfleisch, oder Menge und Position von verschiedenen Biomarkern, wird die Pflegeroutine angepasst. Dies kann
    a. Eine höhere Intensität sein.
    b. Ein längeres Verweilen an einem gewissen Punkt auf der goldenen Kurve.
    c. Ein Bewegen nach links oder rechts bzw. hoch oder runter an bestimmten Punkten auf der goldenen Kurve.
    d. Ein Drehen und Kippen vom oder zum Zahn oder Interdentalspalt an bestimmten Punkten auf der goldenen Kurve
    e. Eine Kombination von all diesen Methoden

- Während dem Abfahren werden Time-of-Flight Sensoren und 2D-Mesh Sensoren bzw. die Kamera am mittleren Interdentalspalt verwendet, um weitere Plausibilitätschecks durchzuführen bzw. den Pfad so anzupassen, dass die goldene Kurve bestmöglich abgefahren wird
- Dies wird durchgeführt, bis
    a. Das Ende der goldenen Kurve erreicht wird.
    b. Bis eine Plausibilitätsprüfung keinen möglichen mechanisch anfahrbaren Punkt mehr ergibt.
    c. Bis Stromsensoren zu viel Strom anzeigen und damit irgendwo angefahren wird und die goldene Kurve nicht abfahrbar ist.
    d. Oder bis die Routine anderweitig vom Benutzer gestoppt wird.
- Wenn das Ende erreicht wird, wird die goldene Kurve wieder rückwärts gefahren.
- Danach startet die gleiche Prozedur am Unterkiefer.

Damit ist ein Zyklus abgeschlossen.

Bei der Erfindung ist von Vorteil, dass ein vollintegrierter Prozess für die Datenerhebung und den Datentransfer sowie die Nutzung der gewonnenen Daten erreicht wird, wobei mit vergleichbaren Einrichtungen eine Datenerhebung und eine Pflege unter Nutzung der Daten erfolgt.

Die Erfindung betrifft somit insbesondere eine Vorrichtung zum automatisierten Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen mit einer Einrichtung zum Detektieren von Zuständen zumindest einer Oberfläche und einer Einrichtung zum Pflegen der Oberfläche, wobei die Einrichtung zum Detektieren ausgebildet ist um mit Sensoren zumindest die Oberfläche auch bezüglich ihres dreidimensionalen Verlaufs abzutasten und die gewonnenen Daten an die Einrichtung zum Pflegen der Oberfläche zu übergeben, wobei beide Einrichtungen einen Referenzpunkt zur Oberfläche zur Verfügung stellen und die Einrichtung zum Detektieren die Daten auf den Referenzpunkt normiert zur Verfügung stellt und die

Einrichtung zum Pflegen die Daten normiert zum Referenzpunkt nutzt um die Oberfläche abzufahren.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Einrichtung zum Detektieren und die Einrichtung zum Pflegen eine bauliche Einheit innerhalb der Vorrichtung bilden.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Einrichtung zum Detektieren und die Einrichtung zum Pflegen baulich getrennt sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Einrichtungen dazu ausgebildet sind Oberflächen in einem Mundraum zu detektieren oder Oberflächen in einem Mundraum zu Pflegen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass jede der Einrichtungen über zumindest eine in den Mundraum einfahrbare Funktionseinrichtung verfügt, wobei die Funktionseinrichtung entweder eine Funktionseinrichtung zur Ausführung von Mess- und Detektionsoperationen oder eine Funktionseinrichtung für das Ausführen von Pflegeoperationen ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass es sich bei den Funktionseinrichtungen um bewegliche und drehbare Köpfe wie einen Detektionskopf oder einen Reinigungskopf handelt

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Köpfe mittels Aktuatoreinrichtungen in einen Mundraum einbringbar und im Mundraum positionierbar sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Vorrichtung oder jede der Einrichtungen zudem über eine Halteeinrichtung verfügt, welche bei baulicher Einheit die Vorrichtung oder je die beiden Einrichtungen ausbilden, um mit den Zähnen gehalten zu werden.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Halteeinrichtung als Referenzpunkt für die Ermittlung und Festlegung von Ortsdaten und die Erzeugung eines Bezugssystems zwischen den Lagedaten der Einrichtungen der Vorrichtung und den Lagedaten von interessierenden Bereichen im Mundraum dient.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der zumindest eine Referenzpunkt zumindest eine Aufbeißeinrichtung ist, auf welchen der Benutzer mit zumindest einem Zahn des Oberkiefers und einem Zahn des Unterkiefers beißt.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Detektionseinrichtung zwei oder vier bewegliche Funktionseinrichtungen aufweist, welche das Gebiss von zumindest zwei Seiten umgreifen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass bei vier Funktionseinrichtungen je eine für jeden Quadranten des Mundes vorgesehen ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass zusätzlich zwei nicht bewegliche, zweite Funktionseinrichtungen vorhanden sind, welche fest um den Referenzpunkt angebracht sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die nicht beweglichen zweiten Funktionseinrichtungen an der Außenseite des Kiefers angeordnet sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Reinigungseinrichtung zwei oder vier beweglichen Funktionseinrichtungen aufweist, welche die Zähne von zumindest zwei Seiten umgreifen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass eine Doppel-Funktionseinrichtung vorhanden ist, welche mit einer gemeinsamen Antriebseinheit Ober- und Unterkiefer gleichzeitig pflegen kann.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Doppel- Funktionseinrichtung um 20-40mm motorisch beweglich gelagert und um den Referenzpunkt herum im Bereich der Schneidezähne angeordnet ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Doppel-Funktionseinrichtung mit extra Antriebseinheiten ausgestattet ist, um diese auf- bzw. ab und zum Zahn bzw. vom Zahn wegzubewegen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Referenzpunkt einzeln oder zusätzlich von Kinnstützen, Aufhängungen an den Ohren, der Nase, oder dem Kopf oder im Mundraum, zum Beispiel durch eine Gaumenstütze ergänzt ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Referenzpunkt zusätzlich mit Sensoren ausgestattet ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Sensoren eine mehrere oder alle der nachfolgenden Gruppe umfassen: Drucksensoren, 2D-Mesh Sensoren, Lagesensoren, Time-of-flight Sensoren, Laserentfernungssensoren, Ultraschallsensoren.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung Sensoren enthält, wobei alle notwendigen Sensoren entweder direkt im

Mess- und Detektionskopf integriert und/oder in der Mechanik der Aktuatoreinrichtungen oder Antriebseinheiten des Detektionskopfes angeordnet sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass sich im Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung drei Kameras, eine für jede Seite des Zahnes angeordnet sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen mit zwei Kameras an der Außenseite des Gebisses ausgestattet sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass zusätzlich zu den Kameras in dem Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung sind an den Aktuatoreinheiten Sensoren angebracht, die es ermöglichen, ein genaues 3D Profil des Gebisses zu erstellen und Kameradaten sowie alle zusätzlich integrierten Sensoren für Biomarker auf dieses 3D Profil zu projizieren.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass alle Biomarker durch die Kameras und spezielle Optiken wie Hoch- und Tiefpassfilter sowie Polarisatoren detektiert und gemessen werden.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein Reinigungskopf mit Filamenten, Lippen, Fäden, Drähten oder sonstigen mechanischen Ausbildungen versehen ist, welche dazu ausgebildet sind, auf eine Oberfläche einzuwirken, insbesondere ausgebildet sind, um an einer Oberfläche sanft abrasiv Beschichtungen wie Biofilm abzulösen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein Reinigungskopf nur mit dünnen Filamentbündeln ausgebildet ist,

Eine Weiterbildung sieht vor, dass zusätzliche Sensoren an den Aktuatoreinrichtungen und/oder an der Antriebseinheit angeordnet sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen gemeinsam mit einem Drucksensor und zwei Time-of-flight Sensoren außerhalb des Mundes kombiniert sind.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Funktionseinrichtungen über Spindelantriebe verfügen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass bei zwei baulich getrennten Einheiten, nämlich einer Detektionseinheit und einer Reinigungseinheit verschiedene Spindelsteigungen vorhanden

sind und somit eine genauere Messung oder Detektion möglich ist, als bei der Pflegeroutine oder -operation notwendig ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass weitere Antriebe für Auf-, Ab-, Kipp-, und Drehbewegungen der Funktionseinrichtungen vorhanden sind

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung zum automatisierten Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen, insbesondere einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Detektionseinrichtung zunächst der Status und die Koordinaten aufgenommen werden wobei zunächst eine Referenz durch Beißen auf den Referenzpunkt erzeugt wird gefolgt von zumindest den nachfolgenden Schritten:
- Die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen schießen ein Bild, welches den mittleren Interdentalspalt erkennt und somit die erste Referenz zum Kiefer bildet.
- Die Time-of-flight Sensoren zeichnen den Abstand zum Gesicht auf, um die Referenz zu verfeinern.
- Darauffolgend schießen alle beweglichen Funktionseinrichtungen ein Bild, um den Beginn der Datenaufzeichnung zu starten.
-Dann werden die Funktionseinrichtungen zumindest eines ersten Kiefers ausgefahren.
-Die Funktionseinrichtungen werden von der Motoreinheit ausgehend von der Startposition der Funktionseinrichtungen Richtung Zähne geführt.
-Mit insbesondere gleichbleibender Framerate werden von den Funktionseinrichtungen Bilder geschossen.
-Die Kameras registrieren ein Ende des Gebisses.
-Entweder es wird über den aufgezeichneten Pfad zur Ausgangsposition zurückgefahren oder die ganze Prozedur rückwärts gemacht, damit der aufgezeichnete Pfad noch verbessert wird.
-Der Ablauf wird für den zweiten Kiefer wiederholt.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Funktionseinrichtungen so lange über die Zähne geführt werden, bis der Motorstrom zu hoch wird, wobei wenn der Motorstrom zu hoch ist und damit ein Anstoßen an die Zähne registriert wird, die jeweilige Funktionseinrichtung mittels der Seitenanpassung um einen gewissen Minimalwinkel ausgelenkt wird, damit die benötigte Kraft zum Weiterfahren auf den Zähnen reduziert wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein Anstoßen registriert wird über ein Übersteigen eines vorgegebenen Schwellwerts des Motorstromes über einen Wert, der einer gewissen Kraft entspricht. Insbesondere liegt diese Kraft bei 0.5N bis 2N, wobei dies so lange wiederholt wird, bis keine Einstellung der Seitenanpassung mehr gefunden werden kann, wo der Motorstrom klein genug ist oder das Ende der Reichweite der Motoreinheit erreicht ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass während der gesamten Routine, die Time-of-flight Sensoren oder potentielle 2D-Mesh Sensoren am Referenzpunkt weitere Daten zu Verschiebungen und Verdrehungen liefern, damit die gemessenen Daten im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt korrigiert werden können.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass nach dem Beenden der Detektions- oder Messroutine die gesamten Bilder aneinandergehängt werden, um einen kohärenten Bildstrom zu erzeugen.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass der Bildstrom von einem Machine Learning Algorithmus untersucht wird, welcher auf Zahn- und Zahnfleischsegmentierung trainiert ist und den Bildstrom in Zähne und Zahnfleisch einteilt

Eine Weiterbildung sieht vor, dass auf den Zähnen entweder über einen Schwellenwertalgorithmus Biomarker wie Biofilm, Verfärbungen, oder Karies detektiert werden ; oder ein Machine Learning Algorithmus angewendet wird, der auf Biofilmerkennung und andere Biomarker wie Verfärbungen oder Karies trainiert ist und somit eine genauere Detektion derselben erlaubt, wobei die Ergebnisse dieser Detektion auf die einzelnen Zähne projiziert werden und mit Hilfe der Daten der Encoder, der Stromsensoren und der Winkelsensoren aus diesem Bildstrom und den gemappten Zahn- und Zahnfleischdaten eine 3D Rekonstruktion des Gebisses erzeugt, auf welche alle Biomarker projiziert sind, so dass die Berechnung einer goldenen Kurve, die von einer Pflegeroutine abgefahren werden soll, um die bestmögliche Pflege zu gewährleisten ermöglicht wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die für die goldene Kurve von der Detektionseinrichtung an Reinigungseinrichtung übertragen wird und die Reinigungseinrichtung prüft, ob die Daten plausibel sind, wobei die Prüfung eine Plausibilisierung, ob die goldene Kurve nicht in manchen Bereichen außerhalb der mechanisch fahrbaren Maxima der Reinigungseinrichtung liegt, ob die goldene Kurve nicht in Bereichen liegt, die bei vorherigen Messungen als Zahn bzw. Gebissform angegeben wurden, und ob es Bereiche gibt, die mit einer Funktionseinrichtung

der Reinigungseinrichtung nicht in solch einer Art und Weise angefahren werden können, weil dadurch ein Schaden am Nutzer entstehen könnte.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass zum Abfahren der kalibrierten und erzeugten goldenen Kurve für die Pflegeoperation an den Antriebseinheiten für die Funktionseinrichtung zum Reinigen/Pflegen Sensoren wie Encoder, Stromsensoren, Winkelsensoren, oder Hall-Sensoren angebracht werden.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass die Translationsbewegung über einen Spindelantrieb erzeugt wird, welcher mit einem Encoder am Motor und Stromsensoren versehen ist.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass für die Schwenk und Kippbewegung in Gebisslängsachse jeweils ein eigener Motor mit Encoder und Stromsensoren verwendet wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass ein Dehnmessstreifen nahe an jeder Funktionseinrichtung angeordnet wird, damit ein Druck auf die Okklusalfläche der Zähne gemessen wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass für das Drehen der Funktionseinrichtung um die Gebisslängsachse die gesamte Spindel mit Hub des Translationsantriebs gedreht wird.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass für die Drehung der Funktionseinrichtung um die Gebisshochachse am Motor Encoder, Stromsensoren und Hall-Sensoren verwendet werden.

Eine Weiterbildung sieht vor, dass in der Reinigungseinrichtung eine Kamera auf einer sehr ähnlichen Position wie in den nicht beweglichen Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung sowie zwei Time-of-flight Sensoren verwendet werden, um Verschiebungen und Verdrehungen im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt zu messen.

Ansprüche

1. Vorrichtung zum automatisierten Ausführen von Detektions- und Reinigungsoperationen mit einer Einrichtung zum Detektieren von Zuständen zumindest einer Oberfläche und einer Einrichtung zum Pflegen der Oberfläche, wobei die Einrichtung zum Detektieren ausgebildet ist um mit Sensoren zumindest die Oberfläche auch bezüglich ihres dreidimensionalen Verlaufs abzutasten und gewonnene Daten an die Einrichtung zum Pflegen der Oberfläche zu übergeben, wobei beide Einrichtungen einen Referenzpunkt zur Oberfläche zur Verfügung stellen und die Einrichtung zum Detektieren die Daten auf den Referenzpunkt normiert zur Verfügung stellt und die Einrichtung zum Pflegen die Daten normiert zum Referenzpunkt nutzt um die Oberfläche abzufahren, wobei der zumindest eine Referenzpunkt zumindest eine Aufbeißeinrichtung ist, auf welche ein Benutzer mit zumindest einem Zahn eines Oberkiefers und einem Zahn eines Unterkiefers beißt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Detektieren und die Einrichtung zum Pflegen eine bauliche Einheit innerhalb der Vorrichtung bilden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung zum Detektieren und die Einrichtung zum Pflegen baulich getrennt sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtungen dazu ausgebildet sind Oberflächen in einem Mundraum zu detektieren oder Oberflächen in einem Mundraum zu pflegen.

5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede der Einrichtungen über zumindest eine in den Mundraum einfahrbare Funktionseinrichtung verfügt, wobei die Funktionseinrichtung entweder eine Funktionseinrichtung zur Ausführung von Mess- und Detektionsoperationen oder eine Funktionseinrichtung für das Ausführen von Pflegeoperationen ist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Funktionseinrichtungen um bewegliche und drehbare Köpfe wie einen Detektionskopf oder einen Reinigungskopf handelt.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Köpfe mittels Aktuatoreinrichtungen in den Mundraum einbringbar und im Mundraum positionierbar sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung oder jede der Einrichtungen zudem über eine Halteeinrichtung verfügt, welche bei baulicher Einheit die Vorrichtung oder je die beiden Einrichtungen ausbilden, um mit den Zähnen gehalten zu werden.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Halteeinrichtung als Referenzpunkt für eine Ermittlung und Festlegung von Ortsdaten und eine Erzeugung eines Bezugssystems zwischen Lagedaten der Einrichtungen der Vorrichtung und Lagedaten von interessierenden Bereichen im Mundraum dient.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Detektionseinrichtung zwei oder vier bewegliche Funktionseinrichtungen aufweist, welche ein Gebiss von zumindest zwei Seiten umgreifen.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei vier Funktionseinrichtungen je eine für jeden Quadranten des Mundes vorgesehen ist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zwei nicht bewegliche, zweite Funktionseinrichtungen vorhanden sind, welche fest um den Referenzpunkt angebracht sind.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nicht beweglichen zweiten Funktionseinrichtungen an einer Außenseite des Kiefers angeordnet sind.

14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reinigungseinrichtung zwei oder vier beweglichen Funktionseinrichtungen aufweist, welche die Zähne von zumindest zwei Seiten umgreifen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass eine Doppel-Funktionseinrichtung vorhanden ist, welche mit einer gemeinsamen Antriebseinheit Ober- und Unterkiefer gleichzeitig pflegen kann.

16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppel-Funktionseinrichtung um 20-40mm motorisch beweglich gelagert und um den Referenzpunkt herum im Bereich der Schneidezähne angeordnet ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass die Doppel-Funktionseinrichtung mit extra Antriebseinheiten ausgestattet ist, um diese auf- bzw. ab und zum Zahn bzw. vom Zahn wegzubewegen.

18. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt einzeln oder zusätzlich von Kinnstützen, Aufhängungen an den Ohren, der Nase, oder dem Kopf oder im Mundraum, zum Beispiel durch eine Gaumenstütze ergänzt ist.

19. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt zusätzlich mit Sensoren ausgestattet ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch19, dadurch gekennzeichnet, dass die Sensoren eine mehrere oder alle der nachfolgenden Gruppe umfassen: Drucksensoren, 2D-Mesh Sensoren, Lagesensoren, Time-of-flight Sensoren, Laserentfernungssensoren, Ultraschallsensoren.

21. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung Sensoren enthält, wobei alle notwendigen Sensoren entweder direkt im Mess- und Detektionskopf integriert und/oder in einer Mechanik der Aktuatoreinrichtungen oder Antriebseinheiten des Detektionskopfes angeordnet sind.

22. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung drei Kameras, eine für jede Seite des Zahnes angeordnet sind.

23. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen mit zwei Kameras an der Außenseite des Gebisses ausgestattet sind.

24. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich zu den Kameras in dem Detektionskopf als Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung an den Aktuatoreinheiten Sensoren angebracht sind, die es ermöglichen, ein genaues 3D Profil des Gebisses zu erstellen und Kameradaten sowie alle zusätzlich integrierten Sensoren für Biomarker auf dieses 3D Profil zu projizieren.

25. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alle Biomarker durch die Kameras und spezielle Optiken wie Hoch- und Tiefpassfilter sowie Polarisatoren detektiert und gemessen werden.

26. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reinigungskopf mit Filamenten, Lippen, Fäden, Drähten oder sonstigen mechanischen Ausbildungen versehen ist, welche dazu ausgebildet sind, auf die Oberfläche einzuwirken, insbesondere ausgebildet sind, um an der Oberfläche sanft abrasiv Beschichtungen wie Biofilm abzulösen.

27. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Reinigungskopf nur mit dünnen Filamentbündeln ausgebildet ist.

28. Vorrichtung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzliche Sensoren an den Aktuatoreinrichtungen und/oder an der Antriebseinheit angeordnet sind.

29. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen gemeinsam mit einem Drucksensor und zwei Time-of-flight Sensoren außerhalb des Mundes kombiniert sind.

30. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionseinrichtungen über Spindelantriebe verfügen.

31. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei zwei baulich getrennten Einheiten, nämlich einer Detektionseinheit und einer Reinigungseinheit verschiedene Spindelsteigungen vorhanden sind und somit eine

genauere Messung oder Detektion möglich ist, als bei einer Pflegeroutine oder -operation notwendig ist.

32. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Antriebe für Auf-, Ab-, Kipp-, und Drehbewegungen der Funktionseinrichtungen vorhanden sind

33. Verfahren zum Steuern einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Detektionseinrichtung zunächst Status und Koordinaten des dreidimensionalen Verlaufs der zu detektierenden Oberfläche aufgenommen werden wobei zunächst eine Referenz durch Beißen auf den Referenzpunkt erzeugt wird gefolgt von zumindest den nachfolgenden Schritten:
- Die nicht beweglichen Funktionseinrichtungen schießen ein Bild, welches einen mittleren Interdentalspalt erkennt und somit eine erste Referenz zum Kiefer bildet.
- Die Time-of-flight Sensoren zeichnen einen Abstand zum Gesicht auf, um die Referenz zu verfeinern.
- Darauffolgend schießen alle beweglichen Funktionseinrichtungen ein Bild, um den Beginn der Datenaufzeichnung zu starten.
-Dann werden Funktionseinrichtungen zumindest eines ersten Kiefers ausgefahren.
-Die Funktionseinrichtungen werden von einer Motoreinheit ausgehend von einer Startposition der Funktionseinrichtungen Richtung Zähne geführt.
-Mit insbesondere gleichbleibender Framerate werden von den Funktionseinrichtungen Bilder geschossen.
-Die Kameras registrieren ein Ende des Gebisses.
-Entweder es wird über einem aufgezeichneten Pfad zur Startposition zurückgefahren oder die ganze Prozedur rückwärts gemacht, damit der aufgezeichnete Pfad noch verbessert wird.
-Der Ablauf wird für einen zweiten Kiefer wiederholt.

34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionseinrichtungen so lange über die Zähne geführt werden, bis ein Motorstrom zu hoch wird, wobei wenn der Motorstrom zu hoch ist und damit ein Anstoßen an die Zähne registriert wird, die jeweilige Funktionseinrichtung mittels einer Seitenanpassung um einen gewissen Minimalwinkel ausgelenkt wird, damit die benötigte Kraft zum Weiterfahren auf den Zähnen reduziert wird.

35. Verfahren nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, dass das Anstoßen registriert wird durch ein Übersteigen eines vorgegebenen Schwellwerts des Motorstromes über einen Wert, der einer gewissen Kraft entspricht, wobei insbesondere diese Kraft bei 0.5N bis 2N liegt, wobei dies so lange wiederholt wird, bis keine Einstellung der Seitenanpassung mehr gefunden werden kann, bei der der Motorstrom klein genug ist oder das Ende der Reichweite der Motoreinheit erreicht ist.

36. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 35, dadurch gekennzeichnet, dass während der gesamten Routine, die Time-of-flight Sensoren oder potentielle 2D-Mesh Sensoren am Referenzpunkt weitere Daten zu Verschiebungen und Verdrehungen liefern, damit die gemessenen Daten im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt korrigiert werden können.

37. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Beenden einer Detektions- oder Messroutine die gesamten Bilder aneinandergehängt werden, um einen kohärenten Bildstrom zu erzeugen.

38. Verfahren nach Anspruch 37, dadurch gekennzeichnet, dass der Bildstrom von einem Machine Learning Algorithmus untersucht wird, welcher auf Zahn- und Zahnfleischsegmentierung trainiert ist und den Bildstrom in Zähne und Zahnfleisch einteilt

39. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 38, dadurch gekennzeichnet, dass auf den Zähnen entweder über einen Schwellenwertalgorithmus Biomarker wie Biofilm, Verfärbungen, oder Karies detektiert werden oder ein Machine Learning Algorithmus angewendet wird, der auf Biofilmerkennung und andere Biomarker wie Verfärbungen oder Karies trainiert ist und somit eine genauere Detektion derselben erlaubt, wobei Ergebnisse dieser Detektion auf die einzelnen Zähne projiziert werden und mit Hilfe von Daten der Encodern, Stromsensoren und Winkelsensoren aus diesem Bildstrom und gemappten Zahn- und Zahnfleischdaten eine 3D Rekonstruktion des Gebisses erzeugt wird, auf welche alle Biomarker projiziert sind, so dass die Berechnung einer goldenen Kurve, die von der Pflegeroutine abgefahren werden soll, um eine bestmögliche Pflege zu gewährleisten ermöglicht wird.

40. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 39, dadurch gekennzeichnet, dass eine goldene Kurve von der Detektionseinrichtung an die Reinigungseinrichtung übertragen wird und die Reinigungseinrichtung prüft, ob die Daten plausibel sind, wobei die Prüfung eine Plausibilisierung, ob die goldene Kurve nicht in manchen Bereichen außerhalb der mechanisch fahrbaren Maxima der Reinigungseinrichtung liegt, ob die goldene Kurve nicht in Bereichen liegt, die bei vorherigen Messungen als Zahn bzw. Gebissform angegeben wurden, und ob es Bereiche gibt, die mit einer Funktionseinrichtung der Reinigungseinrichtung nicht in solch einer Art und Weise angefahren werden können, weil dadurch ein Schaden am Nutzer entstehen könnte.

41. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 40, dadurch gekennzeichnet, dass zum Abfahren der kalibrierten und erzeugten goldenen Kurve für die Pflegeoperation an den Antriebseinheiten für die Funktionseinrichtung zum Reinigen/Pflegen Sensoren wie Encoder, Stromsensoren, Winkelsensoren, oder Hall-Sensoren angebracht werden.

42. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 41, dadurch gekennzeichnet, dass die Translationsbewegung über einen Spindelantrieb erzeugt wird, welcher mit einem Encoder am Motor und Stromsensoren versehen ist.

43. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 42, dadurch gekennzeichnet, dass für Schwenk und Kippbewegung in Gebisslängsachse jeweils ein eigener Motor mit Encoder und Stromsensoren verwendet wird.

44. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 43, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dehnmessstreifen nahe an jeder Funktionseinrichtung angeordnet wird, damit ein Druck auf die Okklusalfläche der Zähne gemessen wird.

45. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 44, dadurch gekennzeichnet, dass für ein Drehen der Funktionseinrichtung um die Gebisslängsachse die gesamte Spindel mit Hub des Translationsantriebs gedreht wird.

46. Verfahren nach einem der Ansprüche 34 bis 45, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Drehung der Funktionseinrichtung um die Gebisshochachse am Motor Encoder, Stromsensoren und Hall-Sensoren verwendet werden.

47. Verfahren nach einem der Ansprüche 33 bis 46, dadurch gekennzeichnet, dass in der Reinigungseinrichtung eine Kamera auf einer sehr ähnlichen Position wie in den nicht beweglichen Funktionseinrichtung der Detektionseinrichtung sowie zwei Time-of-flight Sensoren verwendet werden, um Verschiebungen und Verdrehungen im Vergleich zum ursprünglichen Referenzpunkt zu messen.