PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) **Internationale Patentklassifikation** 6 :
A61C 19/04, 3/03

A1

(11) **Internationale Veröffentlichungsnummer:** **WO 98/44868**

(43) **Internationales Veröffentlichungsdatum:** 15. Oktober 1998 (15.10.98)

(21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP98/02017

(22) **Internationales Anmeldedatum:** 7. April 1998 (07.04.98)

(30) **Prioritätsdaten:**
197 14 167.6 7. April 1997 (07.04.97) DE

(71)(72) **Anmelder und Erfinder:** HAHN, Rainer [DE/DE]; Schwabstrasse 11, D–72074 Tübingen (DE).

(74) **Anwälte:** OSTERTAG, Ulrich usw.; Eibenweg 10, D–70597 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaaten:** AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, GM, GW, HU, ID, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

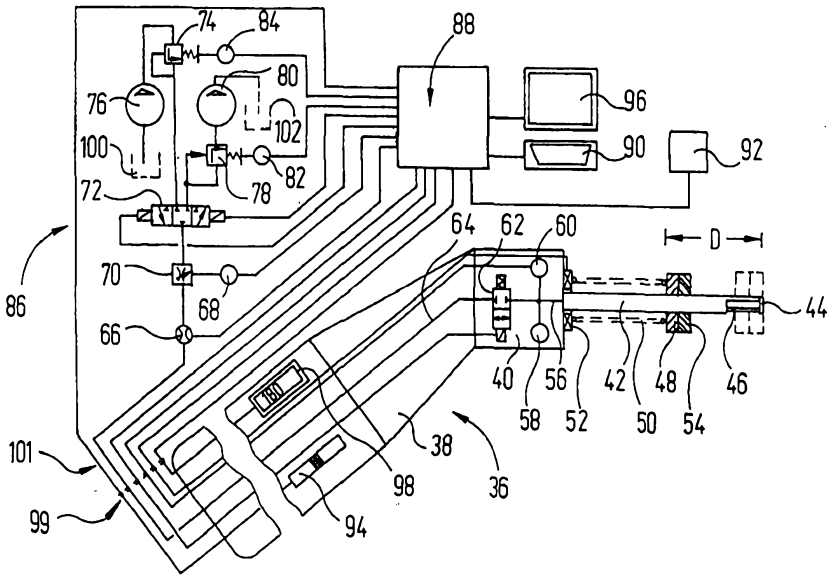
Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) **Title:** DIAGNOSTIC APPARATUS FOR DETERMINING THE REMINERALIZATION ABILITY OF TISSUE

(54) **Bezeichnung:** DIAGNOSEGERÄT ZUR BESTIMMUNG DER REMINERALISIERBARKEIT VON HARTGEWEBE

(57) **Abstract**

The invention relates to a diagnostic apparatus with which diseased hard tissue, in particular carious dental tissue, can be examined through a small working channel, to see whether it can be made healthy again by remineralization. This diagnosis apparatus tightly (54) seals the working channel, produced in the tissue, from its environment, and places the cavity in the tissue under pressure, after which the pressurization is ended and a pressure drop is measured by means of a pressure measuring instrument (60). The speed of the drop in pressure is a measure of the extent of the changes to the diseased tissue. The invention also relates to a treatment device for supporting the remineralization or reinfiltration of diseased hard tissue and for preparing this, as well as to diagnosis and treatment agents and treatment substances.



(57) **Zusammenfassung**

Es wird ein Diagnosegerät vorgeschlagen, mit welchem durch einen kleinen Arbeitskanal hindurch krankes Hartgewebe, insbesondere kariöses Zahngewebe daraufhin untersucht werden kann, ob es durch Remineralisierung wieder in gesunden Zustand überführt werden kann. Ein solches Diagnosegerät schließt den im Gewebe erzeugten Arbeitskanal dicht (54) gegen die Umbebung ab und setzt den Gewebehohlraum unter Druck, wonach die Druckbeaufschlagung beendet wird und über einen Druckmesser (60) der Druckabfall gemessen wird. Die Geschwindigkeit des Druckabfalls ist ein Maß für die Stärke der krankhaften Gewebeveränderungen. Ferner wird ein Behandlungsgerät vorgeschlagen, das zur Unterstützung der Remineralisierung bzw. der Reinfiltration von krankem Hartgewebe und zur Vorbereitung hierzu dient, sowie Diagnose und Behandlungsmedien und Behandlungskörper.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	**ES**	Spanien	**LS**	Lesotho	**SI**	Slowenien
AM	Armenien	**FI**	Finnland	**LT**	Litauen	**SK**	Slowakei
AT	Österreich	**FR**	Frankreich	**LU**	Luxemburg	**SN**	Senegal
AU	Australien	**GA**	Gabun	**LV**	Lettland	**SZ**	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	**GB**	Vereinigtes Königreich	**MC**	Monaco	**TD**	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	**GE**	Georgien	**MD**	Republik Moldau	**TG**	Togo
BB	Barbados	**GH**	Ghana	**MG**	Madagaskar	**TJ**	Tadschikistan
BE	Belgien	**GN**	Guinea	**MK**	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	**TM**	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	**GR**	Griechenland			**TR**	Türkei
BG	Bulgarien	**HU**	Ungarn	**ML**	Mali	**TT**	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	**IE**	Irland	**MN**	Mongolei	**UA**	Ukraine
BR	Brasilien	**IL**	Israel	**MR**	Mauretanien	**UG**	Uganda
BY	Belarus	**IS**	Island	**MW**	Malawi	**US**	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	**IT**	Italien	**MX**	Mexiko		
CF	Zentralafrikanische Republik	**JP**	Japan	**NE**	Niger	**UZ**	Usbekistan
CG	Kongo	**KE**	Kenia	**NL**	Niederlande	**VN**	Vietnam
CH	Schweiz	**KG**	Kirgisistan	**NO**	Norwegen	**YU**	Jugoslawien
CI	Côte d'Ivoire	**KP**	Demokratische Volksrepublik Korea	**NZ**	Neuseeland	**ZW**	Zimbabwe
CM	Kamerun			**PL**	Polen		
CN	China	**KR**	Republik Korea	**PT**	Portugal		
CU	Kuba	**KZ**	Kasachstan	**RO**	Rumänien		
CZ	Tschechische Republik	**LC**	St. Lucia	**RU**	Russische Föderation		
DE	Deutschland	**LI**	Liechtenstein	**SD**	Sudan		
DK	Dänemark	**LK**	Sri Lanka	**SE**	Schweden		
EE	Estland	**LR**	Liberia	**SG**	Singapur		

DIAGNOSEGERÄT ZUR BESTIMMUNG DER REMINERALISIERBARKEIT VON HARTGEWEBE

Die Erfindung betrifft allgemein die Remineralisierung von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe. Hierzu schafft sie zum einen ein Gerät, welches die Fähigkeit solchen Hartgewebes zur Remineralisierung messen kann. Ferner wird ein Gerät angegeben, mit welchem die Remineralisierung als remineralisierungsfähig erkannten Hartgewebes erfolgen bzw. unterstützt werden kann. Im weiteren wird ein Gerät angegeben, mit welchem als nicht remineralisationsfähig erkanntes Hartgewebe reinfiltriert bzw. mit diesem Gewebe assoziierte Kavitationen aufgefüllt werden können. Ferner betrifft die Erfindung ein Gerät, mit welchem man in Hartgewebe, welches auf seine Remineralisierungsfähigkeit untersucht werden soll bzw. remineralisiert werden soll, ein Arbeitskanal erzeugt werden kann, der von der Gewebeaußenseite an das interessierende Gewebevolumen führt. Weiterhin wird ein Gerät angegeben, mit welchem kariöses Zahnhartgewebe durch den Arbeitskanal mikromechanisch entfernt werden kann. Schließlich betrifft die Erfindung verschiedene Medien, die in Verbindung mit dem Diagnosegerät bzw. dem

Behandlungsgerät verwendet werden.

Soweit Hartgewebe (im Nachfolgenden wird teilweise stellvertretend von Zahngewebe gesprochen) defekte Bereiche (Läsionen) aufweist, die an der Gewebeoberfläche liegen, läßt sich eine Diagnose in der Regel visuell und taktil (Kratzen mit Spitze) treffen.

Nicht an der Oberfläche gelegene Gewebeläsuren lassen sich nur anhaltsweise durch Röntgenaufnahmen ermitteln. Da letztere nur allgemein die Absorption von Röntgenstrahlen wiedergeben, dabei aber offen bleibt, welche Anteile der Absorption auf schon in gesundem Zustand vorhandene unterschiedliche Gewebekonsistenz und Zahngeometrie zurückzuführen ist, läßt sich die Schwere und die Ausdehnung derartiger Läsionen nur schwer abschätzen. In der Regel ist es daher notwendig, einen größeren Zugang zu derartigen versteckten Läsionen zu schaffen, über welchen dann die klassische Versorgung der Läsion erfolgt, nämlich ein Abtragen alles kranken Gewebes und ein Wiederfüllen der so erzeugten Kavität mit plastischem Füllmaterial und/oder einem Restaurationsteil.

Bei diesem Vorgehen müssen oft erhebliche Volumina an gesundem Gewebe entfernt werden. Dabei ist eine Teilmenge der so geöffneten Läsionen nicht irreversibel geschädigt, könnte vielmehr durch Remineralisierung geheilt werden.

Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich daher allgemein mit dem Problemkreis, unter weitestgehender Erhaltung gesunden Gewebes in der Nachbarschaft einer Läsion festzustellen, inwieweit die Gewebeläsion durch Remineralisierung therapierbar ist, und gegebenenfalls eine solche Therapie durchzuführen.

Hierzu schafft die Erfindung einerseits ein Gerät zur Bestimmung der Remineralisierungsfähigkeit von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, welches die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale aufweist.

Ferner schafft die Erfindung ein Gerät zur Remineralisierung und/oder Reinfiltration von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, welches die im Anspruch 34 aufgeführten Merkmale aufweist.

Durch die Erfindung wird ferner ein Gerät angegeben, mit welchem kleinen Durchmesser aufweisende Arbeitskanäle von der Gewebeaußenfläche zu der vermuteten Läsur erzeugt werden können. Ein solches Gerät hat die im Anspruch 46 angegebenen Merkmale.

Mit einem Gerät nach Anspruch 52 kann man ausgehend von einem Arbeitskanal Gewebebereiche, die durch Remineralisierung nicht mehr geheilt werden können, mechanisch ausräumen, um anschließend eine Reinfiltration dieser Bereiche mit einem aus- oder wiederhärtbaren Material durchzuführen, ohne daß ein großen Durchmesser aufweisender Zugang zur Läsion erzeugt werden muß.

Das im Anspruch 1 angegebene Diagnosegerät mißt mindestens eine einer Mehrzahl unterschiedlicher physikalischer, chemischer oder biologischer Eigenschaften des Hartgewebes bzw. des im Sinne eines Karies veränderten Hartgewebes. Dabei werden Unterschiede zu den entsprechenden Eigenschaften des gesunden Gewebes als Maß für die Stärke der Läsion genommen. Unter Gewebeeigenschaften sollen in den Ansprüchen und der vorliegenden Beschreibung sowohl Volumeneigenschaften als auch Oberflächeneigenschaften verstanden werden.

Diese Unterschiede kann man in vielen Fällen dadurch verstärken, daß man über das Diagnosegerät eine Markiersubstanz zuführt, die von kranken Gewebebereichen anders (stärker oder schwächer) auf- oder angenommen wird wie von gesunden Gewebebereichen. Diese Markiersubstanzen sind im Hinblick auf die jeweils gemessene Eigenschaft gewählt, wie im Anspruch 59 angegeben.

Die in erster Linie gemessene Gewebeeigenschaft ist die Durchlässigkeit des Gewebes für Flüssigkeiten, insbesondere wässrige Lösungen. Je besser die Qualität der durch das Gewebe gebildeten Diffusionsbarriere ist, um so weniger Gewebeschäden liegen vor. Die Durchlässigkeit von Hartgewebe für wässrige Lösungen ist ein direktes Maß für eine Remineralisierbarkeit des Gewebes, denn genau auf demjenigen Wege, der auch zur Messung verwendet wird, erfolgt auch die Remineralisierung.

Die Remineralisierung ist möglich bei kariösen Volumina, bei denen die Zahnstruktur bzw. Dentinstruktur und Schmelzstruktur des Kariesvolumens noch weitgehend intakt ist, jedoch bezüglich ihres Mineralgehaltes gegenüber vergleichbarem "gesundem" Zahnhartgewebe reduziert ist. Die Mineralien für eine Remineralisierung stammen bei natürlicher Remineralisierung aus dem Speichel. Die Remineralisierung führt zurück zu weitgehend als gesund anzusehendem Hartgewebe (restitutio ad integrum).

Bei stärker geschädigten Hartgeweben ist aufgrund struktureller Einbrüche (meistens lokalisiert) eine Remineralisierung nicht mehr möglich. Zur Behandlung müssen derartige kariöse Volumina (ggf. zusätzlich benachbarte an sich remineralisationsfähige Gewebevolumina) nach vorausgehender Konditionierung oder Ätzung mit einem künstlichen

Material gefüllt werden, welches die mechanische Festigkeit wiederherstellt und ein Hindernis für die Weiterentwicklung der Karies ist. Dieses Füllen der strukturellen Einbrüche erfolgt dadurch, daß man einen Kunststoff, ein Polymer oder Polymerkomposit in die nicht mehr remineralsierbare kranke Zahnstruktur infiltriert. Da dieses künstliche Material in gesunder Zahnstruktur enthaltene Gewebekomponenten ersetzt, spricht man von Reinfiltration.

Ist die überwachte Eigenschaft des Hartgewebes beispielsweise dessen Farbe, so kann die Markiersubstanz ein Farbmittel enthalten (vgl. Anspruch 60). Ist die überwachte Eigenschaft die elektrische Leitfähigkeit des Gewebes, kann die Markiersubstanz einen Elektrolyten enthalten usw. In der Regel wird ein solches Diagnosemedium von kranken Gewebebereichen auf Grund von dessen stärkerer Porosität oder den Stoffwechselleistungen darin enthaltener Bakterien mehr aufgenommen als von gesundem Gewebe.

Ein Behandlungsmedium, wie es im Anspruch 61 angegeben ist, dient der Vernichtung von Keimen im kranken Gewebe.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 62 dient dem Öffnen von Gewebe. Dies ermöglicht zum einen eine bessere Unterscheidung zwischen gesunden und kranken Gewebebereichen und schafft zugleich Mikroverankerungsstellen für anderes Behandlungsmedium oder Füllungsmaterial.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 63 enthält einen Primer.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 64 dient der Auflösung demineralisierter organischer Geweberückstände.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 66 erlaubt das Ausfüllen von mechanisch stark geschädigten Gewebestrukturen bzw. von Hohlräumen, die durch Ausräumen kranker Gewebevolumina erhalten wurden, mit einem Füllmaterial.

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 67 wird bei großporigem krankem Gewebe ein teilweises mechanisches Verschließen der Poren erhalten. In der Diagnosephase kann man durch sukzessives Verwenden von Behandlungsmedien mit zunehmend größerer Partikelgröße und hierzu parallele Überwachung des Fluid-Leckstromes durch die kranken Gewebebereiche weitere Rückschlüsse auf das Ausmaß der Gewebeschädigung schließen.

Die Verwendung eines Behandlungsmediums gemäß Anspruch 70 ermöglicht es, auch der einem Läsionsgebiet benachbarten oder in sie eingeschlossenen Pulpa eine Behandlung zukommen zu lassen.

Das im Anspruch 71 angegebene Behandlungsmedium liefert das für die Remineralisierung besonders wichtige Element Fluor.

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 72 können mehrere der oben angesprochenen Teilaufgaben gemeinsam gelöst werden.

Eine Konfektionierung von Medien gemäß Anspruch 73 ist im Hinblick auf eine einfache Applikation des Diagnose- und/oder Behandlungsmediums von Vorteil. Das Steckverbinderteil des das Diagnose- und/oder Behandlungsmedium enthaltenden Behälters wird einfach in das Ende eines im Gewebe erzeugten Arbeitskakanales gesteckt oder auf ein passendes Gegenstück eines Behandlungsgerätes gesteckt. Durch Verformen des Behälters läßt sich das Medium ge-

steuert abgeben. Das Steckverbinderteil ist zunächst geschlossen und wird durch Abschneiden auf die jeweils gewünschte Länge gebracht, wodurch zugleich der Vorratsbehälter entsiegelt und geöffnet wird.

Ein Behandlungskörper gemäß Anspruch 74 erlaubt es, eine Langzeitbehandlung mit einem Behandlungsmedium durchzuführen. Dieses Vorgehen ist insbesondere bei der Fluorid- oder Chlorhexidin-Zufuhr zu erkranktem und ggf. zu remineralisierendem Gewebe von Vorteil.

Mit einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 77 kann man den Arbeitskanal über längere Zeit gegen Zuwachsen offen halten, um in größeren zeitlichen Abständen Kontrollen und/oder Behandlungen einer Läsion durchzuführen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 2 erlaubt ein paßgenaues Einführen des Sondenabschnittes des Meßkopfes in einen im Hartgewebe erzeugten Arbeitskanal, so daß die einander gegenüberliegenden Oberflächen von Arbeitskanal und Sondenabschnitt eine Spaltdichtung bilden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 3 erlaubt es, Intensität und Ausdehnung eines kranken Gewebebereiches zu bestimmen.

Ein Sondenstellungsgeber, wie er im Anspruch 4 angegeben ist, zeichnet sich durch mechanisch besonders einfachen Aufbau aus.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 5 gestattet es, auf einfache Weise Grundwerte der betrachteten

Gewebeeigenschaft zu bestimmen, wie sie bei dem betrachteten Patienten in der Nachbarschaft der Läsion angefunden werden. Unter Bezugnahme auf diese individuellen und ortsspezifischen Referenzwerte lassen sich krankhafte Abweichungen dann besonders fein ermitteln.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 6 erlaubt es, in einem in dem Gewebe erzeugten Arbeitskanal die Gewebeeigenschaften nicht nur in axialer Richtung sondern auch in radialer Richtung aufgelöst zu messen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 7 ist im Hinblick auf eine für den Zahnarzt ergonomisch günstige Handhabung des Diagnosegerätes in unterschiedlichen beengten Bereichen des Mundes eines Patienten von Vorteil.

Auch die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 8 dient der Ergonomie des Diagnosegerätes.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 9 erlaubt ein unbehindertes Drehen des Greifteiles um seine Längsachse.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 10 erlaubt ein Untersuchen der jeweilig betrachteten Gewebeeigenschaft in weiten Grenzen.

Ein Gerät gemäß Anspruch 11 läßt sich besonders einfach handhaben.

Dabei wird mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß den Ansprüchen 12 und 13 erreicht, daß durch die Diagnosezwecken dienende Messung keine zusätzlichen nennenswerten Defekte im Gewebe erzeugt werden, was insbeson-

dere bei der Messung der mechanischen Härte des Gewebes von Vorteil ist, wo in kranken Gewebebereichen mit grösserem Eindringen einer Prüfspitze in das Gewebe gerechnet werden müßte.

Mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 14 läßt sich die Ausdehnung und die Stärke der Schädigung eines Gewebes besonders schonend durch fluidische Messung seiner Porosität bestimmen. Wie oben schon dargelegt, ist die Fähigkeit von Gewebe, eine Diffusionsbarriere für Fluids zu bilden, ein Maß für die Gesundheit von Gewebe überhaupt. Hier ist zu berücksichtigen, daß an einer kariösen Erkrankung von Zähnen oftmals das Dentin mit seiner Kanälchen-Struktur und hohem Wassergehalt, kariöser Schmelz mit seinem im Vergleich zu gesundem Schmelz höheren relativen Anteilen an Wasser und organischem Gewebe und kariös verändertes Dentin mit seinen im Vergleich zu gesundem Dentin ebenfalls höheren relativen Anteilen an Wasser und organischem Gewebe oftmals gleichermaßen beteiligt sind. Eine Durchlässigkeitsmessung, die an einem speziellen erkrankten Gewebebereich durchgeführt wird, kann zwar nicht im einzelnen auflösen, welche Gewebeart in welchem Umfange geschädigt ist, sie gibt aber insgesamt eine gute Information über die Ausdehnung und Stärke der Schädigung.

Verwendet man als Meßfluid ein Gas, wie im Anspruch 15 angegeben, so können auch kleine Gewebedefekte gut bestimmt werden, und in der Regel sind kleine Druckabweichungen vom Normaldruck zur Diagnose ausreichend.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 16 gestattet dabei eine Differenzierung stärker geschädigter Gewebebereiche, da mehr Fluid für einen Meßvorgang zur Verfügung steht.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 17 ist im Hinblick auf das quantitative Ausmessen stärkerer Gewebedefekte von Vorteil.

Mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 18 lassen sich die Leckströme durch defekte Gewebebereiche sehr einfach visuell erkennen und messen.

Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 19 baut besonders kompakt und ist mechanisch besonders einfach, da die Feder des Stellungsgebers zugleich als Vorspannfeder für das Dichtelement dienen kann.

Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 20 kann die Gewebeeigenschaften mit axialer und radialer Auflösung in den einen Arbeitskanal umgebenden Gewebebereichen ermitteln.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 21 ist im Hinblick auf eine besonders gute Abdichtung des Arbeitskanales gegen die Umgebung von Vorteil, da zwischen der Außenfläche des Sondenabschnittes und der Innenfläche des schlauchförmigen Dichtungselementes, insbesondere aber auch zwischen dem aufgekelchten Ende des Dichtelementes und dem Dichtbund des Sondenabschnittes, eine ausgedehnte gute Dichtfläche besteht.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 22 mißt den Fluidaustausch zwischen Gewebe und Meßsonde. Auf diese Weise kann der Zustand von Geweben ermittelt werden, die weiter im Inneren eines Gewebes liegen, ebenso bei Läsionen, die noch nicht zu Fluid-Leckagen zur Oberfläche des Gewebes geführt haben.

Ein Diagnosegerät gemäß Anspruch 24 arbeitet mechanisch; die mit ihm erhaltenen Ergebnisse sind direkt mit denje-

nigen vergleichbar, die mit den bekannten an der Zahnoberfläche ansetzenden Sonden erhalten werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 25 gestattet es, die Meßsonde bei eingezogener Meßspitze unbehindert in einem im Gewebe erzeugten Arbeitskanal zu bewegen, wobei an ausgewählten Punkten dieses Arbeitskanales die Gewebebeschaffenheit durch Ausfahren der Meßspitze gemessen werden kann.

Dabei zeichnet sich die im Anspruch 26 angegebene Meßspitzenmechanik durch mechanisch besonders einfachen und zuverlässigen Aufbau aus.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 27 gestattet es dabei, die von der Meßspitze auf das Gewebe ausgeübte Kraft einzustellen. Ein solches Diagnosegerät eignet sich für die schon weiter oben unter Bezugnahme auf Anspruch 13 angegebene Meßart, bei welcher die zum Hervorrufen einer vorgegebenen Eindringtiefe der Meßspitze benötigte Kraft ermittelt wird.

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 28 wird die Gewebeuntersuchung mit Licht vorgenommen, wobei das vom Bildwandler erzeugte Bild der Gewebeoberfläche auf Grund der Oberflächenstruktur und gegebenenfalls der Oberflächenfärbung oder unterschiedlicher Eigenfluoreszenzeffekte die Differenzierung zwischen gesundem und krankem Gewebe erlaubt.

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 29 erfolgt die Unterscheidung zwischen krankem und gesundem Gewebe auf Grund der Farbe oder der Fluoreszenz, wobei zur Kontrastverstärkung ein Diagnosemedium verwendet werden kann, das von krankem und gesundem Gewebe unterschiedlich

stark aufgenommen wird und ein Farbmittel enthält (vgl. Anspruch 59).

Bei einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 30 wird davon Gebrauch gemacht, daß krankes Gewebe auf Grund seiner mehr porösen Struktur mechanische Schwingungen anders aufnimmt und/oder dämpft als gesundes Gewebe. Dies schlägt sich in einer unterschiedlichen mechanischen Last für einen mit dem Gewebe zusammenarbeitenden Schwinger nieder, die am den Schwinger speisenden Generator detektiert werden kann. Bei dem Schwinger kann es sich um einen mechanischem Schwinger handeln, der direkt mit der Gewebeoberfläche zusammenwirkt, oder einen akustischen oder Ultraschallschwinger, der auch unter kleinem Abstand von der Gewebeoberfläche schwingen kann.

Gemäß Anspruch 31 kann man die unterschiedliche Antwort von gesundem und krankem Gewebe auf mechanische Schwingungen dadurch ermitteln, daß man einen Schwinger und einen Empfänger derart zeitversetzt betreibt, daß der Empfänger die vom Gewebe reflektierten Schwingungen registriert.

Auch gemäß Anspruch 32 kann man über die lokale elektrische Leitfähigkeit und/oder Impedanzänderung (beim Arbeiten mit Wechselstrom) und/oder eine Frequenzverschiebung das Ausmaß einer Gewebeschädigung gewebeschonend bestimmen.

Erzeugt man in einem Gewebe einen Arbeitskanal, der sich durch gesunde und kranke Gewebebereiche erstreckt, so bleiben an der Gewebeoberfläche kleine Gewebebruchstücke, die vom Bohrwerkzeug in die Gewebeoberfläche gedrückt wurden. Diese können mit einem Diagnosegerät gemäß Anspruch 33 auf ein Teströhrchen übertragen werden, wobei zugleich etwas Flüssigkeit aus den Poren des Gewebes mit angesaugt

werden kann. Nach Entfernen des Teströhrchens können die verschiedenen Oberflächenabschnitte desselben auf solche Gewebepartikel und abgesaugte Gewebeflüssigkeit hin untersucht werden. Auch auf diese Weise erhält man eine axial und in Umfangsrichtung aufgelöste Abbildung kranker Gewebebereiche.

Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 34 ermöglicht es, dem kranken Gewebe zwangsweise Behandlungsmedium zuzuführen. Auf diese Weise wird ein intensiver Medienaustausch zwischen Gewebe und Behandlungsgerät erhalten, wodurch die Poren oder Hohlräume des Gewebes intensiv mit dem Behandlungsmedium gefüllt werden, oder es wird der im Gewebe enthaltene Wasseranteil mit Wirkstoffen perfundiert. Man kann mit diesem Gerät auch nacheinander unterschiedliche Behandlungsmedien dem Gewebe zuführen.

Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 35 erlaubt es, Flüssigkeit aus dem kranken Gewebe abzusaugen, wodurch dieses anschließend besser ein Diagnose- oder Behandlungsmedium aufnehmen kann.

Ein Behandlungsgerät gemäß Anspruch 36 eignet sich besonders gut im Zusammenhang mit kranken Gewebebereichen, die über einen gebohrten Arbeitskanal zugänglich gemacht wurden.

Bei einem Behandlungsgerät gemäß Anspruch 37 ist es möglich, die Gewebebehandlung in axialer Richtung und in Umfangsrichtung des Arbeitskanales unterschiedlich intensiv durchzuführen, die Behandlungsmedien also nur gezielt den kranken Gewebebereichen zuzuführen.

Eine derartige gezielt axiale unterschiedliche Behandlung von Gewebe ist durch ein Behandlungsgerät durch

Anspruch 38 erleichtert. Bei ihm kann man die axiale Iststellung des Abgabeabschnittes des Arbeitskopfes zuverlässig und genau feststellen. Der hierzu vorgesehene Axialstellungsgeber hat mechanisch einfachen Aufbau.

Bei einem Behandlungsgerät gemäß Anspruch 39 dient die Feder des Axialstellungsgebers zugleich als Vorspannfeder für ein Dichtmittel, über welches der Ababeabschnitt des Arbeitskopfes gegen die Gewebeoberfläche abgedichtet wird.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 40 dient einer ergonomisch günstigen Arbeitsweise des Zahnarztes und erlaubt es, auch schwierig zugängliche Zahnpartien zu behandeln.

Auch die Weiterbildungen der Erfindung gemäß den Ansprüchen 41 bis 43 dienen der einfachen und bequemen Handhabung des Behandlungsgerätes.

Manche der bei der Remineralisierung von krankem Hartgewebe verwendeten Behandlungsmedien sind verhältnismäßig teuer. Oft wird auch gewünscht, mehrere derartige Behandlungsmedien nacheinander anzuwenden. Im Hinblick hierauf ist es vorteilhaft, wenn die Quelle für das Behandlungsmedium möglichst nahe beim Abgabeabschnitt des Arbeitskopfes liegt. Eine entsprechende Weiterbildung der Erfindung ist im Anspruch 44 angegeben.

Sind zu remineralisierende Gewebebereiche nahe bei der Zahnoberfläche gelegen, sodaß zur Zahnaußenseite keine fluiddichte Sperrschicht mehr gegeben ist, kann es bei dünnflüssigen Behandlungsmedien vorkommen, daß diese zur Zahnaußenseite hin durchtreten. Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 45 werden derartige

austretende Anteile von Behandlungsmedien kontrolliert abgeführt, ohne daß sie in den Mund des Patienten oder auf benachbarte Zahnoberflächen gelangen. Auf diese Weise kann das Behandlungsgerät einen intensiven Austausch zwischen zunächst im Defektvolumen enthaltener Flüssigkeit und über das Behandlungsgerät zugeführter Flüssigkeit durchführen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 47 vereinfacht es, einen von der Zahnaußenfläche zum erkrankten Gewebebereich zu legenden Arbeitskanal genau so weit ins Innere des Gewebes zu führen, wie dies nach der zuvor grob ermittelten Lage des kranken Gewebebereiches notwendig ist.

Durchmesser des Bohrwerkzeuges, wie sie im Anspruch 48 angegeben sind, stellen einerseits noch einen ausreichenden Zugang zum kranken Gewebebereich dar, entfernen aber nur eine geringe Menge gesunden Gewebes.

Wählt man zum Erzeugen des Arbeitskanales ein hohles Bohrwerkzeug, wie im Anspruch 49 angegeben, so kann man mit einem dünnen Draht den im Inneren des Bohrwerkzeuges enthaltenen Bohrkern aus dem Bohrwerkzeug herausstoßen und auf seine Eigenschaft mit axialer Auflösung untersuchen. Auch auf diese Weise kann der kranke Gewebebereich genauer lokalisiert werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 50 erlaubt ein schonendes und effektives Erzeugen eines kleinen Durchmesser aufweisenden Arbeitskanales ohne starke Beschädigung des benachbarten Gewebes.

Dabei ist die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 51 im Hinblick auf eine Verbesserung der Abtragsleistung

von Vorteil. Setzt man der abrasiven Flüssigkeit nur kleinen Durchmesser aufweisende abrasive Partikel zu, so können solche der abrasiven Partikel, welche durch Ultraschall bleibend in die angeschnittenen Gewebebereiche hineingedrückt werden, zugleich als Verschluß und Haftgrund dienen.

Mit einem Schneidwerkzeug, wie es im Anspruch 53 angegeben ist, können auch radial weiter vom Arbeitskanal zurückspringende Ausräumungen vorgenommen werden.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 54 ist im Hinblick auf ein glattflächiges Äußeres des Schneidwerkzeuges in der zum Einschieben dienende Ruhekonfiguration von Vorteil.

Bei einem Gerät gemäß Anspruch 54 stellt das verstellbare Schneidwerkzeug in der Ruhekonfiguration eine teilweise Fortsetzung des Werkzeugschaftes dar.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 55 ist im Hinblick auf eine erhöhte Schneidleistung von Vorteil.

Ein Gerät gemäß Anspruch 56 hat ein Schneidwerkzeug, welches sich durch mechanisch besonders einfachen Aufbau auszeichnet. Die Schneidkante kann bei einem solchen Werkzeug auch besonders präzise in radialer Richtung verstellt werden.

Bei einem Gerät gemäß Anspruch 57 liegt die radial verstellbare Schneidkante bzw. liegen die radial verstellbaren Schneidkanten unter elastischem Druck an dem zu zerspanenden Gewebe an. Dadurch werden bevorzugt kranke Gewebebereiche entfernt, während gesunde Gewebebereiche weniger stark abgetragen werden.

Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 58 erhält man eine sehr große Anzahl von Schneidkanten, die in radialer Richtung verstellbar sind.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 60 ermöglicht ein verbessertes optisches Erkennen kranker Gewebebereiche.

Die Ansprüche 61-63 betreffen bevorzugte Behandlungsmedien für kariöses Zahnhartgewebe.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 64 erlaubt es, organische Gewebereste zu entfernen, die bei späterer Reminieralisierung oder Reinfiltration hinderlich wären.

Die im Anspruch 65 angegebenen Konzentrationsangaben für die organische Gewebereste auflösende Substanz haben sich im Hinblick darauf in der Praxis besonders bewährt, einerseits organische Reste zuverlässig aus dem Hartgewebe herauszulösen, andererseits letzteres nicht unzulässig stark anzugreifen.

Die im Anspruch 68 angegebenen partikelförmigen Komponenten des Behandlungsmediums können zum einen dazu dienen, nicht mehr remineralisierbares Material abzutragen. In diesem Falle stellt das Behandlungsmedium eine Aufschlämmung solcher Partikel dar und mit einem durch hochfrequenten Schall, insbesondere Ultraschall angetriebenen Werkzeug wird das stark geschädigte Gewebevolumen abgetragen, wobei die durch den Ultraschall erzeugten Kavitationseffekte durch die abrasiven Eigenschaften der Partikel unterstützt werden. Die im Anspruch 68 angegebenen Partikel können aber auch in Defektvolumina voreingebracht werden oder dem zu reinfiltrierenden Material beigegeben werden, so daß sie im re-

infiltrierten Defektvolumina Füllpartikel darstellen. Derartige Partikel können aber zusätzlich auch diagnostischen Zwecken dienen, z.B. zur röntgenologischen Markierung eines Defektvolumens.

Dabei haben sich die im Anspruch 69 angegebenen Partikelgrößen in der Praxis besonders gut bewährt.

Werden die Partikel zur Unterstützung des Abtragens von Gewebe verwendet, so ist die Partikelgröße < 100 µm, bevorzugt < 50 µm, wiederum bevorzugt < 20 µm und besonders bevorzugt < 10 µm. Sollen die Partikel Füllpartikel darstellen, so ist die bevorzugte Partikelgröße < 50 µm, wiederum bevorzugt < 20 µm, nochmals bevorzugt < 5 µm und ganz besonders bevorzugt < 2 µm.

Mit einem Behandlungsmedium gemäß Anspruch 70 ist es möglich, die Pulpa zu therapieren.

Ein Behandlungsmedium gemäß Anspruch 71 ist im Hinblick auf eine Zufuhr von die Remineralisierung unterstützenden Substanzen wie Fluor zu defekten Gewebevolumina vorteilhaft.

Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 72 wird erreicht, daß mehrere chemische Behandlungsarten des erkrankten Gewebes in einen Behandlungsschritt gepackt werden können. Hierdurch wird die Behandlungszeit verkürzt.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 73 erlaubt die Konfektionierung von Diagnose- oder Behandlungsmedien in der Fabrik in jeweils einer Einzelanwendung angemessenen Mengen. Die Abgabe des Diagnose- oder Behandlungsmediums läßt sich vom Arzt manuell oder mittels eines motorisch gesteuerten Behandlungsgerätes auf einfache Weise steuern.

Entsprechende verformbare Behälter für das Behandlungsmedium lassen sich als Kunststoff-Spritzteile sehr kostengünstig herstellen. Durch Abschneiden des Verbindungsteiles kann man das Öffnen des Behälters und ein Einstellen der Länge des Steckverbinderteiles gleichzeitig vornehmen.

Dabei kann gemäß der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 75 der das Behandlungsmedium tragende Grundkörper langfristig oder bleibend im Arbeitskanal bleiben. Ein der Zahnoberfläche benachbarter Endabschnitt des Grundkörpers, dessen Länge in etwa der Dicke der Zahnschmelzkappe entspricht, kann fest mit dem gegenüberliegenden Abschnitt der Wandfläche des Arbeiteskanales verbunden werden, z.B. durch Zement, Kunststoff, ein Kompomer oder ein ähnliches Material. Hierdurch wird der Arbeitskanal außen unter Einbeziehung des Grundkörpers im Sinne eines provisorischen oder definitiven Verschlusses verschlossen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 76 gestattet es dabei, die Freigabe des Behandlungsmediums in einer Art und Weise zu steuern, wie dies an sich von Retard-Arzneimitteln bekannt ist, wobei dann, wenn das Behandlungsmedium fluorid- oder chlorhexidinhaltig ist, das Harzmaterial vorzugsweise so gewählt ist, daß die Fluorid- oder Chlorhexidin-Freigabe über Monate verteilt erfolgt.

Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 77 besteht nach Abnehmen seines Verschlusses die Möglichkeit, für weitere Messungen oder zum Einbringen neuer Wirkstoffe nochmals Zugang zu dem erkrankten Gewebebereich zu bekommen.

Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 78 sind die

gesunden Gewebeteile gegen Behandlungsflüssigkeiten abgedeckt, welche den kranken Gewebeteilen durch den Behandlungskörper hindurch zugeführt werden.

Bei einem Behandlungskörper gemäß Anspruch 79 erhält man eine gute Abdichtung zum außenliegenden Ende eines Arbeitskanales, in welchen der Behandlungskörper eingesetzt ist.

Ein Behandlungskörper, wie er im Anspruch 80 angegeben ist, braucht nach Abschluß der Behandlung des kranken Gewebebereiches nicht in einem besonderen Arbeitsgang entfernt zu werden. Er kann dauerhaft als Füllkörper im Zahn verbleiben.

Überdruckwerte für das Diagnosegerät, wie sie im Anspruch 81 angegeben sind, erlauben einen besonders aussagekräftigen Rückschluß auf Art und Ausmaß einer Hartgewebeläsion.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 82 ist im Hinblick auf eine vorübergehende Erniedrigung der Viskosität des Diagnose- oder Behandlungsmediums und damit im Hinblick auf ein gutes Zuführen dieser Medien zur Diagnose- oder Behandlungsstelle von Vorteil.

Bei einem Gerät gemäß Anspruch 83 erfolgt diese Viskositätsherabsetzung direkt bei dem nur dünnen Zuführteil.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 84 ermöglicht es, auch das Abziehen verbrauchten Mediums durch das Zuführteil unter vorübergehender Herabsetzung seiner Viskosität zu besorgen.

Ein Gerät gemäß Anspruch 85 gestattet ferner das Bohren eines Arbeitskanales mit einem mit Schall- oder Ultra-

schallfrequenz oszillierenden Bohrwerkzeug.

Dabei läßt sich gemäß Anspruch 86 die Bohrleistung erhöhen.

Mit einem Diagnosemedium gemäß Anspruch 87 kann man die Porösität stark geschädigter Gewebebereiche durch sukzessives Zusetzen der großen Poren messen.

Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 88 erlaubt ein kontinuierliches Einstellen der Viskosität des Diagnose mediums und damit an Meßbereiche unterschiedlicher Schädigungsklassen.

Nachstehend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1: eine perspektivische Ansicht eines Backenzahnes mit einem kranken Gewebebereich, der dem Nachbarzahn benachbart ist;

Figur 2: einen vertikalen Schnitt durch den in Figur 1 gezeigten Backenzahn längs der dortigen Schnittlinie II-II;

Figur 3: einen horizontalen Teilschnitt durch den in Figur 1 gezeigten Backenzahn längs der dortigen Schnittlinie III-III;

Figur 4: eine schematische Darstellung eines Diagnose- und Behandlungsgerätes für im Inneren eines Zahnes liegendes kariöses Gewebe sowie einer zugehörigen Fluid-Versorgungseinheit und einer zugehörigen elektronischen Auswerte- und Steuereinheit;

Figur 5: eine ähnliche Darstellung wie Figur 4, in welcher ein abgewandeltes Diagnosegerät gezeigt ist;

Figur 6: einen axialen Schnitt durch das Ende eines Sondenabschnittes des Diagnosegerätes nach Figur 5;

Figuren 7-10: ähnliche Ansichten wie Figur 6, in denen abgewandelte Diagnosegeräte gezeigt sind;

Figur 11: eine schematische Darstellung eines nochmals abgewandelten optischen Diagnosegerätes, welches in Verbindung mit einem durch den Zahn hindurchgehenden Arbeitskanal verwendbar ist, der den kranken Gewebebereich schneidet;

Figur 12: eine zu Figur 4 ähnliche Darstellung, in welcher jedoch ein reines Behandlungsgerät wiedergegeben ist;

Figur 13: eine schematische Darstellung eines mechanisch besonders einfach aufgebauten Behandlungsgerätes;

Figur 14: eine schematische Darstellung einer Absaugeinrichtung für überschüssiges Diagnose- oder Behandlungsmedium;

Figur 15: eine schematische Darstellung eines Behandlungsgerätes für an der Zahnoberfläche liegende kranke Gewebebereiche;

Figur 16: eine perspektivische Darstellung eines Bohrgerätes, mit welchem ein von der Zahnoberfläche zu einem innenliegenden kranken Gewebebereich führender Arbeitskanal erzeugt werden kann;

Figur 17: eine seitliche, teilweise axial geschnittene Ansicht eines in einen in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal einsetzbaren Füllkörpers, welcher ein Behandlungsmedium zur Langzeitabgabe enthält;

Figur 18: einen Längsschnitt durch einen Behandlungskörper, der einen in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal über längere Zeit offen halten kann, sowie benachbarte Gewebebereiche, wobei der Behandlungskörper auch nachher Bestandteil eines definitiven Verschlusses oder einer definitiven Füllung des Arbeitskanales sein kann, nachdem entweder Remineralisation geglückt ist oder nach einer Reinfiltration;

Figur 19: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines Exkavationswerkzeuges zum radialen Erweitern eines Arbeitskanales, der durch einen Bohrer erzeugt wurde;

Figur 20: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines abgewandelten Exkavationswerkzeuges;

Figur 21: eine seitliche Ansicht des Arbeitsendes eines nochmals abgewandelten Exkavationswerkzeuges;

Figur 22: eine seitliche, teilweise geschnittene Ansicht einer abgewandelten Dichtstelle zwischen einem

Arbteitsabschnitt eines Diagnose- oder Behandlungsgerätes und einem in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal;

Figur 23: eine schematische seitliche Ansicht eines Ultraschall-Bohrgerätes zum Erzeugen eines Arbeitskanales in einem Zahn;

Figur 24: einen axialen Teilschnitt durch ein nochmals abgewandeltes Exkavationswerkzeug;

Figur 25: eine Stirnansicht des Exkavationswerkzeuges nach Figur 24;

Figuren 26-29: Diagramme, in welchen veranschaulicht ist, wie sich der Druck in zu unterschiedlich stark beschädigten Zahnbereichen führenden Arbeitskanälen bei Verwendung eines Diagnosegerätes gemäß Figur 4 in Abhängigkeit von der Zeit ändert;

Figur 30: eine zu Figur 4 ähnliche Darstellung eines kombinierten Bohr-, Diagnose- und Behandlungsgerätes; und

Figur 31: eine einem Flußdiagramm vergleichbare Darstellung der Vorgehensweise bei der Behandlung von Approximalkaries unter Verwendung eines Diagnosegerätes und ggf. Behandlungsgerätes sowie von Diagnose- und Behandlungsmedien, wie sie hier offenbart werden.

In Figur 1 ist mit 10 insgesamt ein Backenzahn bezeichnet.

Dieser hat eine obenliegende Kaufläche 12 (okklusale Fläche), eine wangenseitige, äußere oder bukkale Begrenzungsfläche 14, eine innenliegende oder orale Begrenzungsfläche 16, eine zum vorderen Kieferende weisende vordere oder approximal-mesiale Begrenzungsfläche 18 und eine hintere oder approximal-distale Begrenzungsfläche 20.

Ein benachbarter Backenzahn ist bei 22 gezeigt.

In dem den Backenzahn 22 benachbarten Bereich hat der Backenzahn 10 einen kranken Gewebebereich (Läsion) 24. Für die Zwecke der Beschreibung ist der Einfachheit halber angenommen, daß die Läsion im wesentlichen die Form eines Rotationsellypsoides hat, wobei sich versteht, daß in der Praxis Läsionen zum einen in der Regel unsymmetrische Gebilde sind und darüber hinaus keine scharfen Begrenzungsflächen haben, der Übergang zwischen krankem und gesundem Gewebe fließend ist. Ferner sei angenommen, daß die Läsion 24 nicht nur die in Figur 1 mit 28 bezeichnete Zahnschmelz-Kappe betrifft, sondern sich auch in das Dentinvolumen 26 des Backenzahnes 10 hinein erstreckt. Die Außenfläche der Zahnschmelzkappe 28 zeigt jedoch noch keine wesentlichen strukturellen Einbrüche.

Die in Figur 1 dargestellte Lage und Abmessung der Läsion 24 ist grob aus einer vom Backenzahn 10 gemachten Röntgenaufnahme abgeleitet. Auf Grund des Röntgenbildes kann nicht entschieden werden, ob es sich bei der Läsion 24 um einen so stark geschädigten Gewebebereich handelt, daß strukturelle Einbrüche, Porositäten oder gar eine Kavität vorliegt, welche reinfiltriert oder gar nach Kariesentfernung konventionell mit einer Füllung versorgt werden müssen. Es könnte sich bei der Läsion 24 auch nur um einen anfänglich geschädigten Gewebebereich handeln, der durch Remineralisierung wieder in gesunden Zustand

zurückgebracht werden kann.

Um Information über den Krankheitszustand des Gewebebereichs 24 zu bekommen, wird von der bukkalen Begrenzungsfläche 14 her unter Verwendung eines hohlen Kernbohrers 30 (vgl. Figur 2) durch die Zahnschmelzkappe 28 und das Dentinvolumen 26 ein Arbeitskanal 32 so weit eingebohrt, daß sein Ende gemäß der aus den Röntgenbildern entnommenen Rohinformation jenseits des kranken Gewebebereiches 24 wieder in gesundem Dentin liegt, wie in Figur 2 dargestellt.

Für eine genauere Auflösung der Größe und Stärke der Läsion kann wie folgt vorgegangen werden:

Es wird schrittweise auf das Zentrum der Läsion zugebohrt und sukzessive werden an mehreren Stellen vom gesunden Gewebe kommend ins kranke hineinerstreckend Messungen durchgeführt, vorzugsweise durch Bestimmung von Leckströmen, welche von der Bohrung über krankes Gewebe zur Zahnoberfläche verlaufen ("natürlicher Karieszugang").

Der Bohrkern bzw. dessen Analyse gibt die Sicherheit, daß man nicht vollständig an der betroffenen Läsion vorbeigebohrt hat. Die Analyse des Bohrkernes ist ein optionaler und nicht unverzichtbarer Schritt. Ergibt sich aufgrund der Leckstrommessung, daß die Gewebestruktur noch nicht stärker beeinträchtigt ist, so kann die Läsion durch Remineralisierung geheilt werden.

Ist der Zugang (natürlicher Karieszugang) strukturell so weit geschädigt, daß eine Remineralisation nicht mehr möglich ist, wird plötzlich bei einem Schritt des stufenweisen Bohrens des Arbeitskanals und jeweils anschließenden Messung eine Leckage feststellbar sein.

Der durch Remineralisieren nicht mehr heilbare Defekt kann dann zur Entfernung stark geschädigter Gewebeteile spanend bearbeitet werden. Dies kann unter Verwendung von Ultraschall-Bearbeitungswerkzeugen oder mechanischen Werkzeugen ggf. unter Unterstützung durch in Flüssigkeit suspendierte abrasive Partikel erfolgen. Nach Defektkonditionierung kann dann eine Reinfiltration von flüssigem und später aushärtendem Material erfolgen.

Beim Herausziehen des Kernbohrers 30 aus dem Backenzahn 10 wird ein von diesem umschlossene Bohrkern 34 mit herausgezogen. Durch ein geeignetes Werkzeug, z.B. einen dünnen Draht, kann man den Bohrkern 34 aus dem hohlen Kernbohrer 30 axial herausstoßen, und durch Betrachten (gegebenenfalls unter Anfärben, z.B. mit Fuchsin) können die kranken Gewebebereiche von den gesunden Gewebebereichen rasch unterschieden werden. Gegebenenfalls können chemische und/oder biologische Analysen der verschiedenen Abschnitte des Bohrkernes 34 zusätzlich durchgeführt werden.

Figur 3 zeigt den durch den Kernbohrer 30 erzeugten nahe bei der approximalen Begrenzungsfläche des Backenzahnes 10 verlaufenden Arbeitskanal 32.

Der Arbeitskanal 32 kann zunächst dazu dienen, ein Diagnosegerät ins Innere des Zahnes einzuführen, mit welchem nicht nur gesunde und kranke Gewebebereiche unterschieden werden können, sondern auch erkannt werden kann, ob kranke Gewebebereiche durch Remineralisierung geheilt werden können. Derartige Diagnosegeräte werden zunächst nun unter Bezugnahme auf die Figuren 4-11 beschrieben, wobei das Gerät nach Figur 4 zugleich auch ein Behandlungsgerät ist.

Der Arbeitskanal 32 kann ferner zum Einführen oder Ansetzen von Behandlungsgeräten dienen, wie sie weiter unten unter Bezugnahme auf die Figuren 12-15 erläutert werden, wozu noch das kombinierte Diagnose- und Behandlungsgerät nach Figur 4 kommt.

Wo in den Ansprüchen und in der vorliegenden Beschreibung von einem Behandlungsgerät gesprochen ist, soll hierunter gleichermaßen ein Gerät verstanden werden, welches zur mechanischen Bearbeitung, hydrodynamischen Bearbeitung, Ultraschallbearbeitung, Laserbearbeitung oder sonstigen Bearbeitung von Hartgewebe dient, welches ein die Remineralisierung unterstützendes Behandlungsmedium abgibt oder welches ein dem Reinfiltrieren dienendes Medium abgibt.

Ferner können in den Arbeitskanal 32 auch Behandlungskörper eingesetzt werden, die eine Langzeitabgabe von Behandlungsmedien bewerkstelligen, wie später unter Bezugnahme auf Figur 18 noch erläutert wird.

In Figur 4 ist ein Diagnose- und Behandlungshandstück für kariöses Zahngewebe insgesamt mit 36 bezeichnet.

Das Handstück 36 hat ein Griffteil 38, das ähnliche axiale und radiale Abmessung aufweist wie ein Bohrerhandstück. Am Griffteil 38 ist ein insgesamt mit 40 bezeichneter Arbeitskopf angebracht. Dieser trägt einen hohlen zylindrischen Arbeitsabschnitt 42. Letzterer hat an seinem Ende eine Anschlagplatte 44, die über drei gleich in Umfangsrichtung verteilte dünne Distanzstäbe 46 mit dem offenen Ende des zylindrischen Arbeitsabschnittes 42 verbunden ist. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß der Arbeitsabschnitt 42 nicht so weit in den Arbeitskanal 32 eingeführt werden kann, daß sein offenes Ende

durch den Boden des Arbeitskanales 32 verschlossen wird. Die Anschlagplatte 44 bildet im Arbeitskanal 32 ferner eine bis zu dessen Wandfläche reichende Fluidsperre.

Auf der Außenfläche des Arbeitsabschnittes 42 ist eine Sitzscheibe 48 verschiebbar geführt, an welcher das eine Ende einer Schraubenfeder 50 angreift. Deren zweites Ende ist über einen nur schematisch angedeuteten Kraftmesser 52 an der Stirnwand des Arbeitskopfes 40 abgestützt.

Die Sitzscheibe 48 trägt ihrerseits eine Dichtscheibe 54 aus Gummimaterial.

Das Innere des Arbeitsabschnittes 42 steht mit einer Arbeitsleitung 56 des Arbeitskopfes 40 in Verbindung, an welche ein kleiner Druckspeicherraum 58 sowie ein Druckmesser 60 angeschlossen sind.

Die Arbeitsleitung 56 ist über ein federnd in die Schließstellung vorgespanntes 2/2 Magnetventil 62 mit einer Leitung 64 verbunden, die über einen Strommesser 66 und eine durch einen Stellmotor 68 verstellbare Drossel 70 mit dem Ausgang eines 3/3 Magnetventiles 72 verbunden ist. Dessen beide Eingänge sind über einen Druckregler 74 mit dem Ausgang eines Verdichters 76 bzw. über einen Druckregler 78 mit dem Eingang eines Saug-gebläses 80 verbunden. Die Regeldrucke der Druckregler 74 und 78 sind über Stellmotoren 82, 84 elektrisch einstellbar.

Die soeben beschriebenen Komponenten 62-84 bilden eine Ver- und Entsorgungseinheit 86, die beim hier zunächst betrachteten Ausführungsbeispiel Luft mit geregeltem Druck bzw. Unterdruck dem Handstück 36 zuführt.

Eine Steuer- und Auswerteeinheit 88 ist mit den elektrischen Ausgangssignalen des Kraftmessers 52, des Druckmessers 60 und des Strommessers 66 verbunden. Weitere Eingangssignale erhält die Steuer- und Auswerteeinheit von einem Tastenfeld 60, um verschiedene Diagnose- und Prüfprogramme auszuführen, die auf einem Massenspeicher 92 abgelegt sind, der z.B. eine Festplatte sein kann.

Zur Steuerung der Intensität der Fluidzufuhr zum Handstück 36 ist auf diesem ein Schieberegler 94 vorgesehen, der mit einem weiteren Eingang der Steuer- und Auswerteeinheit 88 verbunden ist.

Ausgangsseitige Schnittstellen der Steuer- und Auswerteeinheit 88 sind mit den Magnetventilen 62 und 72 sowie mit den Stellmotoren 68, 82 und 84 verbunden.

Zur Anzeige der momentanen Arbeitsbedingungen und von Meßergebnissen ist die Steuer- und Auswerteeinheit 88 mit einem Bildschirm 96 verbunden. Der den behandelnden Arzt momentan am meisten interessierende Arbeitsparameter kann zusätzlich auf einer kleinen LCD-Anzeige 98 ausgegeben werden, die vom Griffteil 38 getragen ist. In der Regel wird dies der durch den Schieberegler 94 eingestellte Fluiddruck sein, für spezielle Anwendungen kann auf die LCD-Anzeige 98 aber auch ein anderer Arbeitsparameter eingegeben werden, z.B. die vom Ausgangssignal des Kraftmessers 52 abgeleitete Eindringtiefe des Arbeitsabschnittes 42 in den Arbeitskanal 32. Diese Strecke ist in Figur 4 mit D angedeutet, wobei die von Sitzscheibe 48 und Dichtscheibe 54 im unbelasteten Zustand eingenommene Stellung gestrichelt als Referenzstellung wiedergegeben ist. Diese Referenzstellung kann durch Anschlagwirkung der Sitzscheibe 48 an einem vom

Arbeitsabschnitt 42 getragenen kleinen Anschlag vorgegeben sein.

Das Handstück 36 ist über eine insgesamt mit 99 bezeichnete und nur schematisch angedeutete Drehkupplung mit einem Versorgungskabel 101 verbunden, welches die verschiedenen zur Ver- und Entsorgungseinheit 86 und zur Steuer- und Auswerteeinheit 101 führenden Schläuche und Leiter enthält.

Das oben beschriebene Handstück 36 kann zusammen mit seiner Ver- und Entsorgungseinheit 86 und mit der Steuer- und Auswerteeinheit 88 das den Arbeitskanal 32 umgebende Gewebe auf Krankheit und Remineralisierungsfähigkeit untersuchen. Hierzu wird es wie folgt eingesetzt:

Über das Tastenfeld 90 wird in die Steuer- und Auswerteeinheit 88 vom Massenspeicher 92 ein Meßprogramm "Porosität-Überdruckmessung" geladen. Durch dieses Programm wird der Druck der am einen Eingang des Magnetventiles 72 anstehende Druckluft auf einen für Gewebe-Porositätsmessungen geeigneten Standardwert eingestellt. Dieser kann typischerweise zwischen 1,2 und 1,5 bar liegen und im Bedarfsfalle durch Betätigen des Schiebereglers 94 zu größeren (bis zu 8 bar) oder kleineren Werten vom Zahnarzt abgeändert werden.

Der Zahnarzt setzt nun das Handstück 36 seitlich am zu untersuchenden Backenzahn 10 an und schiebt den hohlzylindrischen Arbeitsabschnitt 42 progressiv in den Arbeitskanal 32 hinein. Hierbei bleibt die Sitzscheibe 48 und die Dichtscheibe 54 zurück, und letztere wird etwas breitgedrückt, wodurch sich eine Dichtstelle zwischen der Außenfläche des Arbeitsabschnittes 42 und der bukkalen Begrenzungsfläche 14 des Backenzahnes 10 ergibt. Nun kann mit einem Meßvorgang begonnen werden,

und dies erkennt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 an einem entsprechenden Ausgangssignal des Kraftmessers 52. Sie schaltet daraufhin das Magnetventil 72 in diejenige Stellung, in welcher der Ausgang des Druckreglers 74 mit der auslaßseitigen Arbeitsöffnung des Magnetventiles 72 verbunden ist. Damit steht am Einlaß des Magnetventiles 62 Druckluft unter dem gewünschten Druck an.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 öffnet nun in regelmäßigen Abständen das Magnetventil 62, so daß der Innenraum des Arbeitsabschnittes 42, der Arbeitskanal 32 und das ihn umgebende Gewebe sowie der Druckspeicher 58 mit Druckluft gefüllt werden. Der Auf-Zustand des Magnetventiles 62 wird für eine Zeitspanne aufrechterhalten, die zur vollständigen Füllung des Druckspeichers 58, des Arbeitsabschnittes 42 und des mit diesem kommunizierenden Abschnittes des Arbeitskanales 32 ausreicht. Hierfür kann entweder eine erfahrungsgemäß ausreichende Zeitspanne gewählt werden oder durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 festgestellt werden, wann das Ausgangssignal des Druckmessers 62 konstant bleibt. Nun wird das Magnetventil 62 geschlossen, und die Steuerund Auswerteeinheit 88 zeichnet den Abfall des Ausgangssignales des Druckmessers 60 auf. Bei guter Abdichtung zwischen dem außenliegenden Ende des Arbeitskanales 32 und des Arbeitsabschnittes 42 ist der Druckabfall, den der Druckmesser 60 feststellt, auf Luft-Leckströme zurückzuführen, welche über den kranken Gewebebereich 24 zur Umgebungsatmosphäre hin erfolgen. Je fortgeschrittener die Zerstörung dieses Gewebebereiches ist, umso schneller erfolgt der Druckabbau.

Aus früheren Messungen und Eichmessungen ist bekannt, ab welcher Druckabnahme das kranke Gewebe nicht mehr zu einer Remineralisierung fähig ist. Ist kein Druckabfall

festzustellen oder der Druckabfall langsam, kann eine Remineralisierungs-Therapie mit guten Erfolgsaussichten erfolgen.

Die oben skizzierte Messung läßt sich gleichermaßen unter Unterdruckbeaufschlagung der Arbeitsleitung 56 durchführen, analog wie oben für Überdruckbeaufschlagung beschrieben. In diesem Falle stellt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 in einem vom Massenspeicher 92 eingelesenen Programm "Porosität-Unterdruckmessung" einfach das Magnetventil 72 in die andere Arbeitsstellung, in welcher der Druckregler 78 mit dem Auslaß des Magnetventiles 72 verbunden ist. Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 registriert dann den nach einem Schließen des Magnetventiles 62 am Druckmesser 66 eintretenden Druckanstieg. Für Standard-Untersuchungen haben sich Unterdruckwerte (Druckabsenkungen gegenüber Normaldruck) von zwischen 100 und 500 mbar bewährt. Es versteht sich, daß man diese Druckwerte im Einzelfalle noch weiter erhöhen oder erniedrigen kann, wie dies im Hinblick auf die Porosität des kranken Gewebebereiches und im Hinblick auf die Meßgenauigkeit im Einzelfalle am günstigsten ist.

In Abwandlung des oben beschriebenen Ausführungsbeispieles kann man als zur Messung der Porosität des kranken Gewebebereiches 24 verwendetes Gas anstelle von Luft auch ein inertes Gas oder ein anderes Gas verwenden, welches zugleich eine therapeutische Wirkung entfaltet, z.B. chlorhaltige Luft.

In weiterer Abwandlung des unter Bezugnahme auf Figur 4 beschriebenen Ausführungsbeispieles kann man anstelle eines Gases zur Messung der Porosität des kranken Gewebebereiches 24 auch eine Flüssigkeit verwenden, z.B. Wasser oder eine physiologische Kochsalzlösung, oder

eine therapeutisch wirksame Lösung.

In diesem Falle stellt dann das Bauteil 76 eine Flüssigkeits-Förderpumpe, das Bauteil 80 eine Flüssigkeits-Saugpumpe dar. Die Förderpumpe 76 saugt die Diagnoseflüssigkeit aus einem Vorratsbehälter 100 an, der in Figur 4 gestrichelt eingetragen ist. Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 bestimmt nun die Porosität des kranken Gewebebereiches 24 ausgehend vom Ausgangssignal des Strommessers 66. Das Ausgangssignal des Druckmessers 60 kann zusätzlich verwendet werden, um eine Anzeige dafür zu haben, wann Restluft im Handstück und im Gewebe verdrängt ist. Bei einer vereinfachten Version eines nur mit Diagnoseflüssigkeiten arbeitenden Handstückes kann man den Druckspeicherraum 58 und den Druckmesser 60 auch weglassen. Das in Figur 4 gezeigte Handstück ist aber gleichermaßen zur Messung der Gewebeporosität mittels gasförmiger und flüssiger Fluids geeignet.

Arbeitet die Steuer- und Auswerteeinheit 88 in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Strommessers 66, so ist der im stationären Zustand vom Strommesser 66 gemessene Flüssigkeitsstrom, der laufend über den kranken Gewebebereich 24 in die Umgebung des Zahnes austritt, ein Maß für die Stärke der Erkrankung bzw. den Grad der Demineralisation bzw. der vorhandenen Porositäten bzw. Kavitäten.

In einer kombinierten Diagnose-Betriebsart kann man auch die das zeitliche Verhalten des vom Strommesser 66 gemessenen Flüssigkeitsstromes betrachten, wobei die bis zur Erzielung eines stationären Flüssigkeitsstromes erhaltenen größeren Stromstärken einer anfänglichen Verdrängung von Luft aus dem durch das Diagnosegerät abgedichteten Arbeitskanal entspricht. Diese Ver-

drängung erfolgt ebenfalls über den kranken Gewebebereich bzw. in diesen hinein.

Dadurch, daß man Flüssigkeiten unterschiedlicher Viskosität verwendet, kann man den Meßbereich des in Figur 4 gezeigten Diagnosegerätes verlagern: niederviskose Flüssigkeiten wie Wasser eignen sich gut zur Messung von weniger porösen kranken Gewebebereichen, während man für stärker poröse Gewebebereiche Diagnoseflüssigkeiten mit höherer Viskosität verwenden kann.

Den Diagnoseflüssigkeiten können zusätzlich Markiersubstanzen zugesetzt sein, die von gesundem und krankem Gewebe unterschiedlich aufgenommen werden und eine optische und/oder analytische Unterscheidung von krankem und gesundem Gewebe erleichtern. Hierzu gehören z.B. Farbstoffe wie Fuchsin, wobei Letzteres z.B. als 0,5%ige basische Lösung in Propylenglykol verwendet werden kann.

Weitere geeignete Markiersubstanzen sind Elektrolyte, Röntgenkontrastmittel, Radionukleide, etc.

Wird zur Erzeugung des Arbeitskanales ein Hohlbohrer verwendet (konventionelles Bohrgerät mit rotierenden diamantierten Hohlbohrern, wie ozillierende Präparationsgeräte), so können die hohlen Bohrer zugleich als Fluid zu- oder abführende Sondenabschnitte dienen, wenn über eine geeignete Ausbildung der Bohrwerkzeugaufnahme eine Verbindung des Innenraumes des Hohlbohrwerkzeuges mit einer Fluidquelle bzw. einer Fluidsenke hergestellt wird. In diesem Falle kann dann das Bohrgerät zugleich auch ein Diagnosegerät und/oder Behandlungsgerät darstellen, wie es obenstehend unter Bezugnahme auf die Figur 4 beschrieben wurde.

Auf diese Weise kann man besonders bequem den Arbeitskanal durch schrittweises Vorschieben des Bohrwerkzeuges in Richtung der vermuteten Läsion vortreiben und gleichzeitig ohne Wechsel des Gerätes nach jedem Inkrement des Vorschubs die fluiddynamische Diagnostik zur Bestimmung der Gesundheit des Gewebes durchführen. Hierdurch wird das Arbeiten insgesamt stark erleichtert.

Das in Figur 4 gezeigte Gerät kann auch als Behandlungsgerät eingesetzt werden, um in porösem krankem Gewebe einen Flüssigkeitsaustausch durchzuführen, insbesondere fluoridhaltige Flüssigkeiten in diese Gewebebereiche hineinzudrücken. In Ergänzung können auch andere Behandlungsflüssigkeiten, welche das kranke Gewebe für eine Fluoridisierung vorbereiten, mit dem Handstück nach Figur 4 in das kranke Gewebe gedrückt werden und nach vorgegebener Behandlungszeit wieder aus diesem Gewebe herausgesaugt oder durch das Gewebe hindurchgedrückt werden. Hierzu werden einfach Vorratsbehälter 100 verwendet, die anstelle einer Diagnoseflüssigkeit eine Behandlungsflüssigkeit enthalten.

Derartige Behandlungsflüssigkeiten können z.B. sein:

a) Spülflüssigkeiten: diese holen bei der Erzeugung des Arbeitskanales oder auf Grund der Erkrankung erhaltene Gewebebruchstücke und Bakterien aus dem kranken Gewebebereich heraus. Erfolgt das Zuführen der Spülflüssigkeiten unter Oszillation, können hierdurch auch die Zellwände von Bakterien im kranken Gewebebereich zerstört werden oder die Bakterienoberflächen derart geschädigt werden, daß diese keine destruierenden Stoffwechselleistungen mehr vollbringen können. Bei raschem Druckwechsel können Hartsubstanz abtragende Kavitationseffekte erhalten werden.

b) Desinfektionslösungen, wie z.B. Chlorhexidinlösungen: diese zerstören chemisch im kranken Gewebebereich angefundene Bakterien.

c) Adhäsive: (z.B. Carboxylgruppen enthaltende Lösungen, modifizierte Polyacrylsäurelösungen, Lösungsgemische beinhaltend Acrylatmono- oder Polymere oder Lösungsmittel-(z.B. Aceton-)haltige Monomer- oder Polymerlösungen etc.)

d) Organische Gewebereste auflösende Lösungen, z.B. Natriumhypochloridlösungen in Konzentrationen unter 6 Gew.-%, bevorzugt unter 3 Gew. -%, nochmals bevorzugt um etwa 1 Gew.-% und N-Monochlor-DL-2-Aminobutyrat enthaltende Lösungen.

e) Ätzlösungen: hierzu gehören wässrige Kalziumchelatbildner, z.B. EDTA-Lösungen unter 50 Gew.-%, bevorzugt um 20 Gew.-%. Diese Lösungen ermöglichen ein chemisches Abtragen weitestgehend demineralisierter Gewebe und anorganische und organische Säuren.

f) Inerte Partikel enthaltende Flüssigkeiten: diese tragen kleine inerte Partikel in die poröse Struktur des kranken Gewebes, wodurch diese abgedichtet wird. Derartige Partikel können auch in den Grenzflächen verkeilt werden und können in das Reinfiltrationsvolumen mit eingebaut werden, um so zusätzliche Haftefekte des reinfiltrierten Materials an der Oberfläche der im Hartgewebe verkeilten Partikel zu begründen. Derartige Partikel können auch zur Reinigung, beschleunigten Abtragung, Präparation oder Konditionierung des kranken Gewebebereiches nützlich sein, wenn sie unter Druck-Wechselbelastungen oder unter Ultraschalleinwir-

kung gegen das kranke Gewebe bewegt werden.

Geeignete inerte Partikel sind Glaspartikel, Kalziumphosphatpartikel, Hydroxylapatit- oder Fluorapatitpartikel, Kalziumfluoridpartikel, Salzpartikel, Carbonatpartikel, Flußspatpartikel, Keramikpartikel, Kunststoffpartikel oder Kompositpartikel. Dabei werden Teilchendurchmesser zwischen 0,5 und 2 µm oder auch bis etwa 5µm bevorzugt, um die oben angesprochene Abdicht- und Brückenfunktion zu erfüllen, wobei für stärker geschädigte kranke Gewebebereiche und zur mechanischen Bearbeitung von Gewebe auch Teilchenpartikel mit größerer mittlerer Korngröße geeignet sind (5-10 µm bis hin zu 20, 50 oder 100 µm).

Die Wahl der Partikelgrößen erfolgt je nach Anwendung:

Ist man an den abrasiven Eigenschaften der Teilchen interessiert, wählt man Teilchen mit mittleren oder größeren Durchmessern aus der oben angegebenen Skala. Möchte man dagegen offene Dentinkanälchen im Sinne der Herstellung einer internen Diffusionsbarriere verlegen (sei dies außen an sensiblen Zahnhälsen oder nach innen bei der Pulpa zugewandten Defektoberflächen) verwendet man Partikelgrößen, die den kleineren oben genannten Größenbereichen entsprechen.

In beiden Fällen können derartige inerte Partikel Haftsubstrate bilden.

Gegebenfalls können auch Gemenge verschiedener Partikel verwendet werden, die unterschiedlichen mittleren Teilchendurchmesser aufweisen, wobei diese unterschiedlichen mittleren Teilchendurchmesser im Hinblick auf optimale Funktion für verschiedene der oben ange-

sprochenen Teilaufgaben gewählt sind.

f) Pulpawirksame Lösungen: diese Lösungen enthalten Wirkstoffe, die Heilungsprozesse in der Pulpa unterstützen können und werden verwendet, wenn der zu remineralisierende kranke Gewebebereich der Pulpa benachbart ist. Beispiele für solche Wirkstoffe sind BMP (Bone Morphogenetic Proteins) sowie Kalziumhydroxid ($Ca(OH)_2$) zur Anregung der Hartgewebebildung und K- und Sr-Verbindungen zur Desensibilisierung der Pulpa.

g) Remineralisationsfördernde Flüssigkeiten: diese Flüssigkeiten enthalten Wirkstoffe, welche die Remineralisation unterstützen. So verschieben z.B. Fluoride das De-/Remineralisationsgleichgewicht zugunsten der Remineralisation, auch in saurer Umgebung (bis pH 4,5). Auch gezielte bakteriostatische oder bakteriozide Wirkungen, wie sie z.B. Chlorhexidin bereitstellt, unterstützen die Remineralisation (Elimination der säurebildenden Bakterien). Die Remineralisation selbst erfolgt vorzugsweise durch im Speichel gelöste Mineralien, die über den "natürlichen Karieszugang" zur Läsion gelangen.

h) Bei der Reinfiltration verwendete Flüssigkeiten, Gele oder Pasten: Diese bilden nach dem Aushärten in den porösen Strukturen und/oder Kavitationen der Läsion und/oder in durch Präparation erzeugten Hohlräumen und/oder in benachbarten Gewebestrukturen ein Hartgewebe-Ersatzmaterial.

Die oben genannten Behandlungsflüssigkeiten können in der gewünschten Reihenfolge nacheinander jeweils in einem Vorratsbehälter 100 von der Förderpumpe 76 angesaugt und in den Arbeitskanal 32 und damit in den kran-

ken Gewebebereich 24 gedrückt werden.

Wo ein kranker Gewebebereich in Strömungsverbindung mit der Zahnaußenfläche steht, reicht es, die Behandlungsflüssigkeit ständig unter Druck zu halten; die Behandlungsflüssigkeit strömt dann durch den kranken Gewebebereich zur Zahnaußenfläche.

Wo eine derartige Strömungsverbindung nicht besteht, weil der kranke Gewebebereich von gesundem Gewebe umgeben ist, unterstützt man den Flüssigkeitsaustausch zwischen dem kranken Gewebe und dem Arbeitsabschnitt 42 des Handstückes 36 dadurch, daß man ein Arbeitsprogramm "Behandlung-Drücken und Saugen" der Steuer- und Auswerteeinheit 88 auswählt, bei welchem das Magnetventil 72 intermittierend zwischen seinen beiden Arbeitsstellungen umgeschaltet wird, wodurch Behandlungsflüssigkeit intermittierend in das kranke Gewebe gedrückt und aus diesem wieder herausgesogen wird. Zurückgesaugte Flüssigkeitsmengen werden von der Saugpumpe 80 in eine Sammelbehälter 102 abgegeben.

Die verschiedenen oben angesprochenen Flüssigkeiten werden somit für folgende Zwecke verwendet:

Diagnostik: Es wird geprüft, ob eine Läsion zur Zahnoberfläche hin permeabel ist ("natürlicher Karieszugang"), und wenn ja, ob die Permeabilität so groß ist, daß eine Remineralisierung nicht mehr möglich ist.

Behandlung zur Unterstützung der Remineralisation: Eine Meßstelle umgebendes remineralisierbares Gewebe bildet eine gute Diffusionsbarriere. Durch Einbringen einer Behandlungsflüssigkeit unter kontinuierlichem Druck erfolgt über längere Zeit hinweg eine Diffusion der in der Behand-

lungsflüssigkeit enthaltenen Wirkstoffe in das umgebende Gewebe, wodurch dieses für eine bessere Remineralisation vorbereitet wird. Der Austausch zwischen Gewebeflüssigkeit und Behandlungsflüssigkeit kann durch Pumpwirkung unterstützt werden, indem die Behandlungsflüssigkeit alternierend unter Überdruck und Unterdruck gesetzt oder unter Schall- oder Ultraschalleinwirkung appliziert wird.

Behandlung zur Vorbereitung einer Reinfiltration: Durch rasche Druckwechselbelastung oder "Wasserstrahlwirkung", durch Ultraschalleinwirkung (ggf. unterstützt durch abrasive Partikel) werden irreversibel zerstörte Gewebeanteile innerhalb des Läsionsvolumens ausgeräumt. Dabei dient das Behandlungsmedium als Koppel- und Transportmedium. Soweit das Behandlungsmedium zusätzlich Wirkstoffe enthält, erfolgt auch ein Einbringen der Wirkstoffe in die verbleibende Gewebestruktur, wo diese dann ihre chemische oder biologische Wirkung entfalten können.

Spülwirkung: Bei großer Durchlässigkeit der Diffusionsbarriere kann man die Behandlungsmedien auch kontinuierlich durch die Läsion hindurchdrücken (reine Spül- bzw. Abführ- bzw. Trockungswirkung).

Reinfiltration: Es wird ein flüssiges aushärtbares Material eingebracht, welches ggf. noch zurückgebliebene Reste anderer Behandlungsmedien verdrängt und nach dem Aushärten ein Zahnersatzmaterial bildet.

Zur Vereinfachung eines mehrstufigen Behandlungsverfahrens kann man auch mehrere der Behandlungsflüssigkeiten gemischt in einen Vorratsbehälter 100 geben und gemeinsam dem kranken Gewebebereich zuführen.

Es versteht sich, daß ein Vorratsbehälter 100 für Behandlungsmedium in der Praxis kein offenes Gefäß ist, vielmehr ein steriler Beutel, der an die als Kanüle ausgebildete Ansaugleitung der Förderpumpe 76 angeschlossen wird.

Aus der obenstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit Figur 4 ist ersichtlich, daß das dort gezeigte Gerät ein kombiniertes Diagnose- und Behandlungsgerät ist, welches sich zur Diagnose wahlweise mit gasförmigen und flüssigen Diagnosemedien und zur Behandlung wahlweise mit gasförmigen und flüssigen (oder wenigstens kurzzeitig in fließfähigem Zustand versetzten) Behandlungsmedien eignet.

Die Umsetzung der Druckanstiegen, Druckabfällen oder Flüssigkeitsströmen und Änderungen derselben zugeordneten elektrischen Ausgangssignale in ein der Stärke der Erkrankung des kranken Gewebebereiches 24 entsprechende elektrische Signale, die auf dem Bildschirm 96 ausgegeben werden, erfolgt durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88. Hierbei kann die Steuer- und Auswerteeinheit zum einen gemäß Algorithmen arbeiten, welche aus den Strömungsgesetzen abgeleitet sind; die Steuer- und Auswerteeinheit kann aber stattdessen oder zusätzlich auch nach Zuordnungstafeln arbeiten, die anhand von früheren Untersuchungen oder Messungen an Testmaterialien gewonnen wurden. Dabei können unterschiedliche Zuordnungstabellen verwendet werden, die unterschiedlichen Zahnarten (Backenzähne, Schneidezähne), dem Geschlecht des Patienten und dem Alter des Patienten Rechnung tragen. Diese Tabellen sind auf dem Massenspeicher 92 abgelegt, und die jeweils benötigte wird für eine spezielle Messung von der Steuer- und Auswerteeinheit 88 geladen.

Ferner enthält der Massenspeicher 92 unterschiedliche

Meßprogramme (z.B. für gasförmige Diagnosemedien und flüssige Diagnosemedien unterschiedlicher Viskosität). Schließlich sind auf dem Massenspeicher 92 auch die Behandlungsprogramme abgelegt, welche die Steuerung der Magnetventile 62, 72 und die Steuerung der Arbeitsdrucke über die Stellmotoren 82, 84 sowie eine Strombegrenzung durch die Drossel 70 durch den Stellmotor 68 für die verschiedenen Behandlungsmedien vorgeben.

In Figur 5 ist ein Handstück (und zugeordnete Versorgungs- und Auswerteeinheiten) gezeigt, welches nur der Diagnose dient. Gerätekomponenten, die obenstehend unter Bezugnahme auf Figur 4 schon erläutert wurden, sind wieder mit denselben Bezugszeichen versehen und werden nicht nochmals im einzelnen beschrieben.

Das Diagnosegerät nach Figur 5 arbeitet taktil und weist eine Meßspitze 104 auf, die in radialer Richtung durch ein seitliches Fenster 106 bewegbar ist, welches in der Umfangswand des zylindrischen Arbeitsabschnittes 42 vorgesehen ist.

Die Meßspitze 104 ist von einem kurzen Hebel 108 getragen, der bei Ende des Arbeitsabschnittes 42 drehbar gelagert ist. Am Hebel 108 greift über einen Zwischenlenker 110 ein Betätigungsstab 112 an, der mit einem kleinen Arbeitszylinder 114 verbunden ist. Dieser ist durch eine Feder in eine eingefahrene Stellung vorgespannt und kann über die Magnetventile 62, 72 mit dem Ausgang des Verdichters 76 verbunden werden.

Dem Arbeitszylinder 114 ist ein Stellungsgeber 116 zugeordnet. Dessen Ausgangssignal ist somit ein Maß für die radiale Stellung der Meßspitze 104.

Der Arbeitsabschnitt 42 ist im Arbeitskopf 40 drehbar gelagert und trägt ein Zahnrad 118, welches mit einem Ritzel 120 kämmt, das durch einen Stellmotor 122 gedreht wird. Auf diese Weise kann man die Winkelstellung des Fensters 106 und damit den Meßpunkt der Meßspitze 104 um die Achse des Arbeitskanales 32 drehen. Durch mehr oder weniger starkes Zusammendrücken der Schraubenfeder 50 kann man die axiale Stellung des Meßpunktes vorgeben. Damit kann das Diagnosegerät insgesamt die Härte des Gewebes in axialer Richtung und in Umfangsrichtung aufgelöst messen. Die Winkelstellung des Fensters 106 kann die Steuer- und Auswerteeinheit 88 dabei aus der zurückliegenden Erregung des Stellmotors 122 ableiten, z.B. im Falle eines Schrittmotors aus der Anzahl der diesem zuvor zugeführten in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung wirksamen Stellimpulse.

Das in Figur 5 gezeigte Diagnosegerät kann in zwei unterschiedlichen Betriebsarten betrieben werden:

In der ersten Betriebsart gibt die Steuer- und Auswerteeinheit 88 einen festen Druck der auf den Arbeitszylinder 114 gegebenen Druckluft vor, und an den verschiedenen Meßstellen wird über das Ausgangssignal des Stellungsgebers 116 die Eindringtiefe der Meßspitze 104 ins Gewebe gemessen.

In der zweiten Betriebsart wird von der Steuer- und Auswerteeinheit 88 der durch den Druckregler 74 vorgegebene Druck über den Stellmotor 84 sukzessive erhöht, bis der Stellungsgeber 116 ein vorgegebenes Ausgangssignal bereitstellt. Der Druck, bei dem die entsprechende vorgegebene Eindringtiefe der Meßspitze 104 erhalten wird, ist dann ein Maß für die Härte des Gewebes.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 kann die verschiedenen axial und in Umfangsrichtung aufgelösten Meßwerte graphisch auf dem Bildschirm darstellen, z.B. in Form eines Bildes des Arbeitskanales 32, auf dessen Wandfläche die verschiedenen Härtewerte durch unterschiedliche Farben wiedergegeben sind. Auf diese Weise erhält der Zahnarzt anschaulich eine Information über die räumliche Ausdehnung des kranken Gewebebereiches und das Ausmaß der Gewebeschädigung.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 5 wurde die Ver- und Entsorgungseinheit 86 genauso wiedergegeben wie in Figur 4, obwohl einige ihrer Funktionen für das in Figur 5 gezeigte Handstück nicht notwendig sind, das ein reines Diagnosehandstück ist. Damit soll zum einen zum Ausdruck gebracht werden, daß das Diagnosehandstück gemäß Figur 5 anstelle eines Diagnosehandstückes gemäß Figur 4 an dieselbe Ver- und Entsorgungseinheit 86 und dieselbe Steuer- und Auswerteeinheit 88 angeschlossen werden kann. Zum anderen können Teile der Ver- und Entsorgungseinheit 86 auch mit Handstücken verwendet werden, die sich durch Abwandlung des in Figur 5 gezeigten Handstückes ergeben. So kann man dann, wenn man den Arbeitszylinder 114 mit einer Antriebsflüssigkeit beaufschlagt, den Strommesser 66 auch als Stellungsmesser für den Arbeitszylinder verwenden, wodurch dann der gesonderte Stellungsgeber 116 entfallen kann.

Auch kann man den Hydraulikzylinder 114 so ausbilden, daß er unter vorgegebener Federkraft in die ausgefahrene Stellung vorgespannt ist. Er wird dann durch das Sauggebläse bzw. die Saugpumpe 80 eingefahren, wenn der Arbeitsabschnitt 42 im Arbeitskanal 32 axial verlagert oder gedreht wird. Mit dem Stellungsgeber 116 wird nach Entlüften des Hydraulikzylinders 114 gemessen, wie weit

die Meßspitze 114 unter der vorgegebenen Federkraft in das Gewebe eindringt.

Figur 6 zeigt die Spitze eines abgewandelten Arbeitsabschnittes 42. Die Meßspitze 104 ist das angeschärfte Ende eines Drahtstückes 124, welches in einer gekrümmten Führungsbohrung 126 des massiv ausgebildeten Endabschnittes 128 des Arbeitsabschnittes 42 läuft. Das linke Ende des Drahtstücks 124 ist fest mit der Betätigungsstange 112 verbunden.

Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 erfolgt somit die Bewegungsumlenkung in eine Richtung mit radialer Komponente durch die Führungsbohrung 126 in Verbindung mit der Biegbarkeit des Drahtstückes 124; im übrigen arbeitet die Meßspitze 104 ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel nach Figur 5 beschrieben.

Beim Ausführungsbeispiel nach Figur 7 trägt der Arbeitsabschnitt 42 am vorderen Ende eine Linsenanordnung 130 bestehend aus einer Sammellinse und einer Streulinse. Das am hinteren Ende des Arbeitsabschnittes 42 gehaltene Licht wird durch eine weitere Linse 132 auf einem Bildwandler 134 abgebildet. Letzterer ist mit einer Video-Schnittstelle der Steuer- und Auswerteeinheit 88 verbunden.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 speist über eine gesteuerte Spannungsquelle 136 eine kleine Halogenbirne 138, die über eine Sammellinse 140 und einen halbdurchlässigen Spiegel 142 Licht auf die Achse des Arbeitsabschnittes 42 richtet.

In einem praktischen Ausführungsbeispiel kann man in Abwandlung eine Koaxial-Lichtleiteranordnung verwenden,

die ganz oder teilweise flexibel ist. Ein zentraler Lichtleiter führt das von der Optik erzeugte Bild der Läsion zurück auf einen Bildwandler; ein äußerer, hohler Lichtleiter führt Beleuchtungslicht zu, welches von einer Halogenlampe oder einer Xenon-Hochdrucklampe erzeugt wird.

Die Steuer- und Auswerteeinheit 88 vergleicht die vom Bildwandler 134 bereitgestellten Bilder, die der unmittelbaren Umgebung des Endes des Arbeitsabschnittes 42 entsprechen, mit auf dem Massenspeicher 92 abgelegten Referenzbildern bezüglich Größe der Poren und Färbung. Zusätzlich kann das vom Bildwandler 134 erzeugte Bild auf dem Bildschirm 96 vom Arzt betrachtet werden. Durch diese direkte Betrachtung und aus dem Vergleich mit Referenzbildern kann bestimmt werden, in welchem Ausmaß das vor der Linsenanordnung 130 liegende Gewebe geschädigt ist.

Statt in Reflexion kann man auch in Transmission, also transdental messen, wobei das Licht über den Arbeitskanal 32 der Läsion zugeführt wird und die Beobachtung des Defekts unter Verwendung einer Videokamera von der Außenseite des Zahnes her erfolgt.

In Abwandlung des Ausführungsbeispiels nach Figur 7 kann man auch nur die Gewebefarbe als Unterscheidungskriterium verwenden und dann den Bildwandler 134 durch einen Lichtdetektor und ein vor diesem angeordnetes optisches Filter ersetzen (wie ähnlich unter Bezugnahme auf Figur 11 noch erläutert wird), wobei der Arbeitskopf 40 dann vorzugsweise eine Führung aufweist, um unterschiedliche optische Filter vor den Lichtdetektor stellen zu können.

Bei dem Diagnosegerät gemäß Figur 8 ist am Ende des

Arbeitsabschnittes 42 ein elektroakustischer Wandler 144 vorgesehen, vorzugsweise ein Ultraschall abgebender piezoelektrischer Wandler. Der Wandler 144 wird von einem Betriebskreis 146 her mit entsprechend hochfrequenter Spannung beaufschlagt und dem Betriebskreis 146 ist ein Lastfühlkreis 148 zugeordnet, der ein Ausgangssignal bereitstellt, welches der dem Wandler 144 zugeführten Energie zugeordnet ist. Diese ist größer, wenn das den Wandler 144 umgebende Gewebe mehr Schallenergie aufnimmt. Dies ist gerade dann der Fall, wenn dem Wandler 144 krankes Gewebe gegenüberliegt, welches größere Poren aufweist und dessen Material schlechtere Elastizität hat. Auf diese Weise kann wieder in axialer Auflösung (Kraftmesser 52 in Verbindung mit der Schraubenfeder 50) gesundes und krankes Gewebe in Längsrichtung des Arbeitskanales 32 unterschieden werden.

In Figur 8 wurde der Ultraschallwandler als am Ende des Arbeitsabschnittes 42 gelegen dargestellt. Es versteht sich, daß man den Ultraschallwandler auch im Inneren des Handstückes 36 vorsehen kann und den Ultraschall über den Arbeitsabschnitt 42 zur Läsion führen kann. In diesem Falle wird dann die Arbeitsspitze als schwingende Sonotrode ausgebildet.

Zur Ankopplung des Ultraschalls an das zu diagnostizierende Gewebe dient vorzugsweise Wasser. Dieses kann sich schon in den eventuell vorhandenen Poren oder Kavitäten des Gewebes finden. Man kann auch zum Koppeln dienendes Wasser zusätzlich in den Arbeitskanal bringen. Anstelle von Wasser können auch andere Medien, z.B. Gele verwendet werden.

Wünscht man nicht nur eine axiale sondern auch eine laterale Auflösung der Läsion, so kann man den Ultra-

schallwandler auch so an der Arbeitsspitze 42 anbringen, daß er in radialer Richtung abstrahlt. Alternativ kann man die Arbeitsspitze 42 als den Schall in radiale Richtung umlenkende Sonotrode ausbilden. Durch Drehen derartiger auch (oder ausschließlich) in radialer Richtung messender Ultraschall-Meßspitzen kann man auch in Umfangsrichtung die räumliche Auflösung der Läsion ermitteln.

Oben stehend wurde betrachtet, daß sich krankes und gesundes Gewebe in der Absorbtion von Ultraschall unterscheiden. Dies bedeutet zugleich, daß sich krankes und gesundes Gewebe in der Ultraschall-Reflexion unterscheiden. Man kann somit auch nach der Laufzeitmethode (Zeitdifferenz zwischen der Abgabe und dem Empfang eines Ultraschall-Impulses) die Stärke einer lokalen Gewebeschädigung ermitteln.

Wie oben schon in Zusammenhang mit der mechansichen Meßspitze 104 beschrieben, kann man die räumliche Ausdehnung der Läsion durch axiales Bewegen und Drehen der Meßspitze ermitteln.

Eine für den Zahnarzt leicht lesbare Darstellung des Gesundheitszustandes des Gewebes kann man durch Zuordnung unterschiedlichen Farben zu unterschiedlich gesunden Gewebebereichen bei der Monitorarstellung des vom Bildwandler erzeigten Bildes erhalten.

Das in Figur 9 gezeigte Handstück 36 ist geometrisch demjenigen nach Figur 8 sehr ähnlich, nur trägt das Ende des Arbeitsabschnittes 42 anstelle eines elektroakustisches Wandlers zwei ringförmige axial beabstandete Elektroden 150, 152. Diese sind mit einem Widerstandsmeßkreis 154 und/oder einem Frequenzanalysator verbunden. Unter Meßbedingungen mißt der Widerstandskreis

154 durch Anlegen einer kleinen Spannung an die Elektroden 150, 152 die Leitfähigkeit derjenigen Gewebebereiche, welche die Elektroden 150, 152 in der jeweiligen Stellung des Arbeitsabschnittes 42 überbrücken. Da die elektrische Leitfähigkeit des kranken Gewebes sich von der des gesunden Gewebes unterscheidet (wegen unterschiedlicher Porenstruktur und der unterschiedlichen Füllung durch Flüssigkeit) kann die mit dem Ausgangssignal des Widerstandsmeßkreises 154 beaufschlagte Steuer- und Auswerteeinheit 88 wieder das Ausmaß der Gewebeschädigung in Längsrichtung des Arbeitskanales 42 ermitteln und aufzeichnen.

Eine solche Messung kann auch transdental erfolgen, wobei eine Elektrode auf die äußeren Zahnflächen, z.B. als dünne Folienelektrode zwischen die Approximaloberflächen des betroffenen Zahnes und des Nachbarzahnes positioniert wird und dort meistens klemmt, z.B. im Bereich des "natürlichen Karieszuganges" von approximal, und die andere Elektrode via Arbeitskanal in den Defekt vorgeschoben und innerhalb desselben verschieden positioniert wird. Da gesunder Schmelz ein sehr guter elektrischer Isolator ist und innerhalb kariös veränderten Schmelzes in Abhängigkeit vom Demineralisationsgrad der prozentuale Wasseranteil erhöht ist, kann aus der Veränderung elektrischer Widerstände und/oder der Verschiebung von Wechselstromfrequenzen auf die Qualität des Hartgewebes in diesem Bereich rückgeschlossen werden.

Selbstverständlich kann diese Referenzelektrode auch an jeder anderen Stelle des Körpers angebracht oder vom Patienten, z.B. in der Hand, gehalten werden.

Bei dem weiter abgewandelten Ausführungsbeispiel nach Figur 10 trägt der Arbeitsabschnitt 42 ein poröses Teströhrchen 156, welches z.B. aus gesintertem Keramikmate-

rial hergestellt ist. Verbindet man das Innere des Teströhrchens 156 über das Magnetventil 62 und das Magnetventil 72 mit dem Einlaß des Sauggebläses 80 wird Flüssigkeit aus den das Teströhrchen umgebenden Gewebebereichen angesaugt. In dieser Flüssigkeit enthaltene Gewebepartikel und Bakterien bleiben im Material des Teströhrchens 156 hängen. Auch bleibt in der Wand des Teströhrchens jeweils ein Rest abgesaugter Gewebeflüssigkeit, wenn das Absaugen beendet wird.

Durch Analyse der in den verschiedenen Wandabschnitten des Teströhrchens 156 zurückgehaltenen Materialien (Gewebeflüssigkeit, Bakterien, Gewebefragmente) läßt sich wiederum ermitteln, an welchen Stellen krankes, an welchen gesundes Gewebe vorliegt.

Eine weitere Differenzierung der Art und des Ausmaßes der Gewebeerkrankung kann man bei dem Diagnosegerät gemäß Figur 10 so bewerkstelligen, daß man zunächst Flüssigkeit vom unbehandelten Gewebe absaugt, dann unter Verwendung der unter Bezugnahme auf Figur 4 obenstehend erläuterten Möglichkeiten nacheinander eine Diagnoseflüssigkeit und/oder eine Behandlungsflüssigkeit (Ätzflüssigkeit, Primerflüssigkeit) in das Gewebe preßt und dann wieder eine Absaugung vornimmt, wobei letzteres jeweils mit neuen Teströhrchen erfolgt.

Die oben beschriebenen Diagnose- und Behandlungsgeräte wurden im Zusammenhang mit einem Arbeitskanal 32 eingesetzt, der eine Sackbohrung war, wobei der Arbeitskanal bei bis an die Zahnoberfläche geschädigtem Gewebe über die gestörte Gewebestruktur zur Umgebungsatmosphäre weniger oder mehr geöffnet war, je nach dem Ausmaß der Gewebeschädigung.

Insbesondere dann, wenn man den Arbeitskanal 32 nur zu Diagnosezwecken verwendet, ist es wünschenswert, wenn der Arbeitskanal 32 nur minimalen Durchmesser hat. In diesem Falle kann es vorteilhaft sein, den Arbeitskanal so weit zu führen, daß er sich durch den gesamten Zahn hindurch erstreckt. Man kann dann das Diagnosegerät (und das Behandlungsgerät) in zwei Teile unterteilen, die mit den beiden Enden eines solchen durchgehenden Arbeitskanales verbunden sind, wie in Figur 11 dargestellt.

In das in Figur 11 links gelegene Ende des Arbeitskanales 32 ist ein erster monofiler dünner Lichtleiter 158 mit sphärischer Stirnfläche eingesetzt, der Licht von einer Halogenlampe 160 über eine Sammellinse 162 erhält. Das von der den Arbeitskanal 32 umgebenden Gewebefläche reflektierte Licht wird von einem ähnlich ausgebildeten Lichtleiter 164 aufgefangen, und das von diesem abgegebene Licht wird über eine Linse 166 und ein optisches Filter 168 auf einen Lichtdetektor 170 gegeben. Das Ausgangssignal des Lichtdetektors 170 wird wieder als Maß für die Gewebeschädigung genommen.

Die Enden der Lichtleiter 158 und 164 sowie die mit diesen zusammenarbeitenden Komponenten sind in einem Gehäuse 172 untergebracht. Ein dünner Distanzstab 174 ist vom Ende eines der Lichtleiter getragen und hält die Enden der Lichtleiter im Arbeitskanal 32 auf vorgegebenem Abstand.

Es versteht sich, daß man anstelle des Farbfilters 168 und des Lichtdetektors 170 auch wieder einen Bildwandler vorsehen kann, dessen Ausgangssignale auf eine Einheit zur Bildverarbeitung und Bildauswertung gegeben wird.

Das in Verbindung mit Figur 11 geschilderte Transmissionsprinzip läßt sich auch auf die Therapie anwenden: In diesem Falle entspricht dann der Lichtleiter 158 einer dünnen Kanüle, die mit einer Quelle für Behandlungsfluid verbunden ist, während der Lichtleiter 164 einer Kanüle entspricht, die mit einer Absaugeinrichtung verbunden ist.

Bei einer weiteren, nicht gezeigten Ausführungsform der Erfindung kann man auf der einen Seite des Zahnes ein erstes Handstück für optische Gewebekontrolle anbringen, welches eine im Arbeitskanal angeordnete Optik hat, und am zweiten Ende des Arbeitskanales ein Handstück zur optischen Kontrolle des Gewebes vorsehen, welches eine außerhalb des Arbeitskanales liegende Optik hat. Diese können abwechselnd als Licht bereitstellendes Handstück und Licht entgegennehmendes Handstück verwendet werden und über einen Umschalter wahlweise mit der Lichtquelle oder einem Lichtdetektor oder Bildwandler verbunden werden.

Figur 12 zeigt ein reines Behandlungsgerät, welches dazu dient, Behandlungsflüssigkeit dem kranken Gewebebereich 24 zuzuführen und verbrauchte Behandlungsflüssigkeit von dort wieder abzuziehen. Im wesentlichen entspricht das in Figur 12 gezeigte Behandlungs-Handstück dem kombinierten Diagnose- und Behandlungshandstück gemäß Figur 4 unter Weglassung der der Messung des Gewebezustandes dienenden Handstückkomponenten.

Das Magnetventil 62 ist nun als 3/2-Ventil ausgebildet, und dessen zweiter Eingang steht mit einem aus Kunststoff gespritzten Balg-Vorratsbehälter 176 über eine lösbare Steckverbindung 178 in Verbindung, in welchem ein weiteres Behandlungsmedium enthalten ist. Dieses

Behandlungsmedium, welches auch höhere Viskosität aufweisen kann, wird dadurch aus dem Vorratsbehälter 176 herausgedrückt, daß der Arzt auf die freie Stirnfläche des Vorratsbehälters 176 drückt. Dabei zeigt ihm eine durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 gesteuerte LED 180 an, wann das Magnetventil 62 in derjenigen Stellung steht, in welcher der Vorratsbehälter 176 mit dem Inneren des Arbeitsabschnittes 42 verbunden ist.

Durch das Konfektionieren des Behandlungsmediums in Kunststoff-Vorratsbehältern 176 wird es möglich, eine größere Anzahl unterschiedlicher Behandlungsmedien rasch aufeinanderfolgend anzuwenden. Der Totraum zwischen Vorratsbehälter 176 und der Applikationsstelle ist nur gering.

Das Steckverbinderteil 178 ist auf Übermaß gefertigt und zunächst am Ende verschlossen. Durch Abschneiden seines Endabschnittes wird es auf die jeweils benötigte Länge gebracht, wodurch zugleich der Vorratsbehälter geöffnet wird.

In Abwandlung des Ausführungsbeispieles nach Figur 12 kann man das Ausbringen des Behandlungsmediums aus dem Vorratsbehälter 176 auch durch einen durch die Steuer- und Auswerteeinheit 88 gesteuerten Motor bewerkstelligen, z.B. einen Druckluft- oder Hydraulikmotor, der über ein weiteres Magnetventil mit dem Ausgang der Förderpumpe 76 verbindbar ist.

Wie aus Figur 13 ersichtlich, kann man das am Vorratsbehälter 176 befindliche Steckverbinderteil 182 der Steckverbindung 178 so ausbilden, daß es auch direkt in den Arbeitskanal 32 paßt, wobei ein konischer Übergangsabschnitt 184 des Steckverbinderteils 182 für die

Abdichtung sorgt.

In Abwandlung kann man eine Spritze verwenden, welche mit einem flüssigen Behandlungsmedium gefüllt ist. Durch Drücken des Stempels der Spritze läßt sich dann Behandlungsmedium in den Arbeitskanal 32 einspeisen.

Ist der kranke Gewebebereich 24 sehr nahe bei der Zahnoberfläche angeordnet und ist die Schädigung des Gewebes schon so stark, daß ein erheblicher Leckpfad zur Zahnoberfläche gebildet wird, treten durch das kranke Gewebe bei Flüssigkeitsbeaufschlagung des Arbeitskanales 32 größere Flüssigkeitsmengen zur Zahnoberfläche hin aus. Um zu verhindern, daß diese Flüssigkeitsmengen auch auf den benachbarten Zahn einwirken und in den Mund des Patienten gelangen, kann man gemäß Figur 15 zwischen die beiden Zähne ein Saugteil 200 einschieben, wobei gegebenenfalls durch einen Keil 202 der Zahnabstand vorübergehend vergrößert wird. Der Saugteil 200 ist ein aus Gummi oder Kunststoff gefertigtes Hohlteil, welches über einen Anschlußstutzen 204 mit einer Saugleitung 206 verbunden ist. In der in der Zeichnung links gelegenen Hauptfläche ist das Saugteil 200 mit einer Saugöffnung 208 versehen, welche neben den kranken Gewebebereich 24 gestellt wird.

Zur Behandlung von oberflächennahen Gewebedefekten eines Zahnes kann man eine Behandlungskappe 210 vorsehen (vgl. Figur 15), die ähnlich wie ein Saugnapf ausgebildet ist und eine kegelstumpfförmige Begrenzungswand 212 aufweist, die unter elastischer Verformung mit ihrem Rand eine Dichtstelle zur Zahnoberfläche darstellt. An die obere Kappenwand 214 ist ein Anschlußstutzen 216 angeformt, der beispielsweise mit dem Steckverbinderteil 182 des in Figur 13 gezeigten Vorratsbehälters 176 verbindbar ist.

Auf diese Weise kann man an der Zahnoberfläche liegende Gewebedefekte mit den verschiedenen weiter oben genannten Behandlungsflüssigkeiten behandeln, um die Gewebeoberfläche für eine Remineralisierung vorzubereiten und dann zu remineralisieren bzw. zu reinfiltrieren.

Alternativ kann das durch die Geometrien der Behandlungskappe, des Anschlußstutzens und der Zuleitungen definierte, darin beinhaltete Flüssigkeitsvolumen oszillierend angeregt und die Dämpfung dieser Oszillation durch die Kontaktfläche zur fraglichen Zahnhartsubstanzoberfläche bestimmt werden. Stehen kariöse Zahnhartsubstanzvolumen, insbesondere Dentinkariesvolumen, mit dem adaptierten oszillierenden Flüssigkeitsvolumen in Verbindung, so resultiert darauf eine höhere Bedämpfung als bei gesundem Zahnhartgewebe, insbesondere bei einem intakten Zahnschmelzmantel.

Mit dieser Methode lassen sich auch etwaige versteckte Kariesläsionen im okklusalen Fissurenbereich quantifizierbar erfassen. Selbstverständlich können die o.g. Markersubstrate und Behandlungsmedien auch in dieser Anwendung analog zum Einsatz kommen.

Figur 16 zeigt ein Bohrer-Handstück 218, in welches der in Figur 2 gezeigte Kernbohrer 30 eingesetzt wird. Das Handstück 218 hat einen Tiefenanschlag 220, der in der jeweils eingestellten Lage durch eine Fixierschraube 222 arretiert wird. Der Tiefenanschlag 220 wird gemäß der durch Röntgenbilder zuvor ermittelten Groblage des erkrankten Gewebebereiches 24 eingestellt.

Der Tiefenanschlag 220 ist mittels einer Fixierschraube 222 auf einem Ringteil 224 einstellbar angebracht, das drehbar auf dem Werkzeug-Lagergehäuse 226 des Handstückes

218 sitzt und durch eine Fixierschraube 228 arretiert ist. Auf diese Weise kann man die Orientierung eines Griffteiles 230 des Handstückes 218 so wählen, wie dies für das Arbeiten des Zahnarztes am bequemsten ist, und die Lage des Tiefenanschlages 220 so wählen, wie dies im Hinblick auf sichere Abstützung am zu behandelnden Zahn am günstigsten ist.

Die vorstehenden Ausführungsbeispiele wurden im Zusammenhang mit gasförmigen und flüssigen Diagnose- und Behandlungsmedien eräutert.

In einen wie oben beschrieben erzeugten Arbeitskanal 32 kann man jedoch auch festes Behandlungsmedium geben, z.B. ein in Figur 17 gezeigtes, insgesamt mit 232 bezeichnetes Behandlungsröhrchen. Dieses hat einen hohlzylindrischen Hauptkörper 234, der z.B. aus porösem gesintertem Material bestehen kann. In die Poren des Sintermateriales und/oder in das Innere des Hauptkörpers 234 ist ein pulverförmiges Behandlungsmedium 235 (z.B. ein Salz oder harzgebundene Wirkstoffe) eingefüllt.

Das Behandlungsröhrchen 232 hat ferner einen Kopfabschnitt 236, der leicht kegelig ist und vorzugsweise in der Mitte mit einer Ansenkung 238 versehen ist.

Zum Gebrauch wird das Behandlungsröhrchen 232 in den Arbeitskanal 32 geschoben und stark in diesen hineingedrückt, so daß der auf seiner Umfangsfläche kegelige Kopfabschnitt 236 eine Dichtstelle mit dem Rand des Arbeitskanales herstellt.

Im Laufe der Zeit füllt sich das Behandlungsröhrchen 234 dann mit Gewebeflüssigkeit, wodurch das in ihm enthaltene Behandlungsmedium, insbesondere ein Fluoride

freisetzendes Salz langsam aufgelöst wird.

Die Freigabe des Behandlungsmediums kann man noch dadurch modifizieren, daß man dieses harzgebunden in das Behandlungsröhrchen 232 gibt, wobei die Harzmaterialien so gewählt sind, daß eine über Wochen und Monate gestreckte Wirkstoffabgabe erfolgt.

Wird eine noch sichere Abdichtung des Arbeitskanales 32 nach außen gewünscht, kann man diesen gemäß dem Kopfabschnitt 236 des Behandlungsröhrchens 232 ansenken und den Kopfabschnitt 236 in diese Ansenkung einkleben.

Zum wieder Entfernen des Behandlungsröhrchens 232 wird dann der Kopfabschnitt 236 abgebohrt, wozu ein entsprechender Bohrer an der Ansenkung 238 angesetzt wird.

Das Behandlungsröhrchen 232 kann auch aus einem gewebeverträglichen vorzugsweise porösen Material hergestellt sein, welches im Zahn auch über die Behandlungszeit hinaus verbleibt.

Für eine Langzeit-Überwachung und Langzeit-Therapie nicht freiliegender Läsionen ist es vorteilhaft, den Arbeitskanal 32 offen zu halten. Hierzu kann man in den Arbeitskanal 32 einen Schalungskörper 240 einsetzen, wie Figur 18 zeigt. Dieser ist eine dünnwandiges Röhrchen aus Glas oder Metall, in welches Gewebe nicht hineinwachsen kann. Ein kegeliger Kopfabschnitt 242 stellt wieder eine gute Abdichtung des äußeren Endes des Arbeitskanales 32 sicher. Das Ende des Schalungsröhrchens ist durch einen Gewindestopfen 244 verschlossen. Die Länge des Schalungsröhrchens ist durch Ablängen so bemessen, daß es vor dem kranken Gewebebereich 24 endet.

Durch Abnehmen des Gewindestopfens 244 besteht langfristig ein Zugang zum kranken Gewebereich 24. Nach Beendigung der Therapie wird das Schalungsröhrchen gezogen oder es verbleibt endgültig .

Dann wird zumindest das Ende des Arbeitskanales 32 durch eine Füllmasse geschlossen.

Feste Restaurationskörper zum Ausfüllen des Arbeitskanales 32 können Präzisionspaßkörper z.B. aus Keramik oder Kunststoff (Inserts) sein. Sie verschließen eine behandelte Läsion. Die Abdichtung erfolgt mit einem Fügematerial, z.B. einem Zement oder einem Kunststoff zum temporären oder dauerhaften Verschluß des Arbeitskanales.

Auch beim Reinfiltrieren ist es wichtig, daß durch die Arbeitsspitze 42 das Ende des Arbeitskanales 32 dicht abgeschlossen ist, damit das Reinfiltrations-Material unter Druck, ggf. auch Druck-Wechselbelastungen oder unter Schall- oder Ultraschalleinwirkung, in den Arbeitskanal eingespeist werden kann und die defekte Gewebestruktur und anschließend auch den Arbeitskanal selbst blasenfrei ausfüllt.

Nach der Reinfiltration besteht die "Füllung", die den Raum des zuvor erkrankten Zahngewebes bzw. darin enthaltener Poren oder Kavitäten wenigstens teilweise und vorzugsweise im Bereich der Kavitätenränder einnimmt, aus einem Mehrphasen-Gradientenmaterial umfassend teilweise erhaltene Bestandteile der Zahnhartgewebe, in diese reinfiltrierte Materialien, und Kavitationen verschließende Materialien, z.B. gefüllte Kunststoffe.

Das Prinzip der Reinfiltration und der Wiederauffüllung des Defektes mit wenigstens für die Zeit der Einbringung

in das Defektvolumen über den Arbeitskanal plastisch verformbarem Material, ggf. unter zusätzlicher Verwendung eines konfektionierten Präzisionspaßkörpers, welcher gemäß der bekannten Form des Arbeitskanales (vorgegeben durch den Bohrer zum Erzeugen desselben) z.B. aus Kunststoff oder Keramik oder Metall gefertigt ist, erfolgt durch Einspeisen einer aushärtbaren Flüssigkeit in den Arbeitskanal 32. Das hierzu verwendete Behandlungsgerät kann gleich oder ähnlich ausgebildet sein, wie die in den Figuren 4 und 5 gezeigten Geräte, wobei ggf. diejenigen Geräteteile weggelassen werden können, die der Bestimmung von Stärke und Abmessung der Läsion dienen.

In Figur 19 ist ein Exkavationsgerät wiedergegeben, das dazu dient, einen durch einen Bohrer erzeugten Arbeitskanal 32 im Bereich einer durch Remineralisierung nicht mehr heilbaren Läsion radial aufzuweiten. Das ingesamt mit 246 bezeichnete Exkavationswerkzeug hat einen hohlzylindrischen Werkzeugschaft 248, an dessen Ende ein rinnenförmiges Schneidwerkzeug über ein Gelenk 252 verschwenkbar angebracht ist. Das Schneidwerkzeug hat grob gesprochen die Form einer halbzylindrischen Rinne, die an ihren Längsrändern mit einer Schneidkante 254 versehen ist. Das Schneidwerkzeug 250 stellt in der in Figur 19 gezeigten Ruhestellung eine Verlängerung der unteren Hälfte des Werkzeugschaftes 248 dar und ist durch eine angelenkte Betätigungsstange 256 aus dem lichten Profil des Werkzeugschaftes 248 herausklappbar. Eine derartige herausgeklappte Stellung des Schneidwerkzeuges 250 ist in Figur 19 durch gestrichelte Linien dargestellt.

Dreht man den Werkzeugschaft 248 bei zunehmend aus der Ruhestellung herausgeklapptem Schneidwerkzeug 250, so räumt die Schneidkante 254 Gewebe um den Arbeitskanal 32 herum aus. Durch gleichzeitiges axiales Verschieben und

Drehen des Exkavationswerkzeuges 246 kann man Rücksprünge in dem dem Arbeitskanal 32 benachbarten Gewebe erzeugen, die zylindrische oder kugelförmige oder sonstige rotationssymmetrische Gestalt haben. Auf diese Weise kann man dem Arbeitskanal 32 benachbarte, stark geschädigte Gewebebereiche entfernen.

In Figur 20 ist ein abgewandeltes Exkavationswerkzeug 246 wiedergegeben, bei welchem der Werkzeugschaft 248 mit einem abgewinkelten Schnitt 258 versehen ist, so daß man einen in Umfangsrichtung gekrümmten Wandabschnitt 260 erhält. Dieser ist bei seinem freien Ende wiederum mit einer Schneidkante 254 versehen. Der Wandabschnitt 260 ist mit einer radial nach innen eingeprägten Rampenfläche 262 versehen, die mit einer drehbar im Inneren des Endes des Werkzeugschaftes 248 angeordneten Nockenscheibe 264 zusammenarbeitet. An letzterer ist eine Stellwelle 266 befestigt. Vorzugsweise sind im Ende des Werkzeugschaftes 248 zwei Wandabschnitte 260 symmetrisch zur Schaftachse vorgesehen, die durch die Nockenscheibe 264 beide gleichsinnig betätigt werden.

In einer Ruhekonfiguration liegen die Wandabschnitte 260 wieder in der lichten Kontur des Werkzeugschaftes 248, und durch Drehen der Stellwelle 266 können sie progressiv über die Außenkontur des Werkzeugschaftes 248 ausgefahren werden. Durch Drehen des Werkzeugschaftes 248, Verstellen der Nockenscheibe 264 und ggf. axiales Verlagern des Werkzeugschaftes 248 können wieder den Arbeitskanal 32 umgebende Gewebebereiche ausgeräumt werden.

Bei einem weiter abgewandelten Exkavationswerkzeug, wie es in Figur 21 bei 246 dargestellt ist, ist durch den Werkzeugschaft 248 ein verformbarer Schlauchkörper 268 hindurchgeführt. Dieser ist mit einer Druckmittelquelle

270 verbunden, wie in Figur 21 schematisch angedeutet. Der Schlauchkörper 268 steht in axialer Richtung über den Werkzeugschaft 248 über und trägt in diesem Bereich eine Frässchicht 272, die z.B. durch ein Gelege aus scharfe Längskanten aufweisenden Metallspänen sein kann. Alternativ kann die Frässchicht aus einem Rippenstreckmetallmaterial bestehen oder eine Schicht aus geometrisch unregelmäßig ausgebildete Schneiden vorgebenden Partikeln, z.B. Industriediamanten, aufweisen.

Eine Frässchicht, die aus einem Gelege aus Metallspänen oder aus einem Metallgitter wie Rippenstrickmetall besteht, kann auch zusätzlich noch Partikel enthalten, die unregelmäßige Schneiden vorgeben.

Ferner kann das Gelege aus Metallspänen auch so ausgebildet sein, daß es nach Expansion in der Läsion im Sinne einer Igelstruktur radiale Porositäten in das benachbarte Gewebematerial der Läsion eindrückt, durch welche später Behandlungsmaterialien auch in weiter von der Kavitätenoberfläche entfernte Gewebevolumina hinter bzw. unterhalb der Wandflächen der Kavitation, also in die Oberflächenrandstrukturen eindiffundieren können.

Anstelle des oben beschriebenen Schlauchkörpers kann auch wenigstens das Ende des Werkzeugschaftes als Rohr aus einem Metall, z.B. aus Nitinol (Nickel/Titan-Legierung) ausgebildet sein.

Nitinol hat die Eigenschaft, daß aus ihm gefertigte Werkzeuge ihre Gestalt mit Temperaturänderungen ändern (thermisch induzierte Expansion). Man kann somit ein vorgekühltes und damit kollabiertes Instrument in den Arbeitskanal einführen, wo es dann durch Erwärmung expandiert wird und seine geometrisch definierten Schneiden oder auf

ihm angebrachte nicht geometrisch definierte Schneiden (z.B. Schneidkanten von Diamantbesatz) entfaltet. Das Wiederherausziehen des Werkzeuges aus dem Arbeitskanal nach Durchführung der Arbeit kann unter mechanischem Zusammendrücken des Arbeitsabschnittes durch Zusammenarbeiten mit der Wand des Arbeitskanales erfolgen. Ein solches Kollabieren kann durch die Formgebung des Werkzeuges, z.B. eine kegelstumpfförmige Anlauffläche des Arbeitsabschnittes zum Schaftabschnitt hin, erleichtert werden. Gegebenenfalls kann auch durch Wiederabkühlen das Werkzeug wieder kollabiert werden.

Der Schlauchkörper 268 kann auch aus einem elastisch oder plastisch verformbaren Material bestehen, z.B. Gummi, einem elastomeren Kunststoffmaterial, oder auch einem weichen Metallmaterial. Im letztgenannten Falle wird das durch die Druckbeaufschlagung aufgeweitete Metallmaterial beim Herausziehen des Werkzeuges aus dem Arbeitskanal wieder plastisch in radialer Einwärtsrichtung verformt, wenn der aufgeweitete Abschnitt des Schlauchkörpers 268 wieder aus der erzeugten Kavität in den Arbeitskanal 32 zurückgezogen wird.

Figur 22 zeigt eine abgewandelte Dichtstelle zwischen einem Arbeitsabschnitt 42 eines Diagnose- oder Behandlungsgerätes und einem in einem Zahn erzeugten Arbeitskanal 32. Der Arbeitsabschnitt 42 ist an seinem vom freien Ende abgelegenen Ende durch eine kegelförmige Dichtschulter 274 begrenzt. Auf den Arbeitsabschnitt 42 ist ein zylindrisches Dichtelement 276 aufgeschoben, welches durch ein Stück Sililkonschlauch gebildet sein kann. Beim axialen Hineinbewegen des Arbeitsabschnittes 42 in den Arbeitskanal 32 kommt die in Figur 22 rechts gelegene Stirnfläche des Dichtelementes 276 in Anlage an die Oberfläche des Zahnes 10, der in Figur 21 gestrichelt angedeutet ist.

Beim weiteren Einschieben des Arbeitsabschnittes 42 wird das Dichtelement 276 auf dem Arbeitsabschnitt 42 in Figur 22 nach links bewegt und sein von der Zahnoberfläche abgelegener Endabschnitt gleitet unter radialer Aufweitung auf die kegelförmige Dichtschulter 274, wie aus Figur 22 ersichtlich.

In Figur 23 ist ein Ultraschall-Bohrgerät insgesamt mit 278 bezeichnet, welches ebenfalls dazu dient, in einem Zahn einen kleinen Durchmesser aufweisenden Arbeitskanal zu erzeugen.

In einem griffähnlichen Gehäuse 280 ist ein Ultraschallgenerator 282 angeordnet, der über einen Resonanz-Umlenkring 284 auf ein hohlzylindrisches Werkzeug 286 arbeitet.

Dem Innenraum des Werkzeuges 286 wird von einer Druckflasche 288 her ein abrasives Arbeitsmedium zugeführt, welches z.B. eine wässrige Suspension abrasiver Schleifpartikel sein kann, wie sie weiter oben als ein Beispiel für eine Behandlungsflüssigkeit erläutert wurde. Dieses Arbeitsmedium tritt durch das offene Ende des Werkzeuges aus.

Das in Figur 23 gezeigte Bohrgerät 278 erzeugt einen gut maßhaltigen Arbeitskanal 32 unter Vermeidung zusätzlicher mechanischer Gewebebeschädigung in der Umgebung des Arbeitskanales 32. Auch können dadurch nicht rotationssymmetrische Arbeitskanäle erzeugt werden.

Figuren 24 und 25 zeigen ein weiter abgewandeltes insgesamt mit 290 bezeichnetes Exkavationswerkzeug. Es ist aus einem zylindrischen Rohrstück aus Nitinol (Nickel/Titan-Material) hergestellt, welches in einem in Figur 24 links gelegenen Abschnitt unverändert ist und einen Werkzeugschaft 292

vorgibt, während ein vorderer Arbeitsabschnitt 294 mit einem zwei um 180° versetzten wendelförmigen Schlitzen versehen wurde. Die zwischen diesen Schlitzen verbleibenden wendelförmigen Bänder 296, 298 sind am Ende längs einer Mantellinie abgeschnitten und angeschärft, so daß man dort jeweils eine axiale Schneide 300 erhält.

Wird das in Figur 24 gezeigte Exkavationswerkzeug 290 vom Werkzeugschaft her gesehen entgegen dem Uhrzeigersinne gedreht, so laufen die Schneideenden der Bänder 296, 298 ohne größeren Widerstand über die Wand eines zuvor erzeugten Arbeitskanales. Dreht man das Exkavationswerkzeug 290 in entgegengesetzter Richtung, so werden die Bänder 296, 298 durch die Reibungskräfte und Eingriff der jeweiligen Schneide 300 mit Gewebematerial in radialer Richtung aufgeweitet. Die Schneiden 300 lösen dann Gewebeteile von der Wand des Arbeitskanales ab. Durch kontinuierliches Drehen kann man mit dem in Figur 24 gezeigten Exkavationswerkzeug 290 vom Arbeitskanal zurückspringende rotationssymmetrische Ausräumungen vornehmen.

Schlitzt man das Nitinol-Rohr nur einmal, so daß nur ein wendelförmiges Band erhalten wird, das am freien Ende wie oben beschrieben eine Schneide aufweist, so kann man durch pendelnde Bewegung des Exkavationswerkzeuges vom Arbeitskanal einseitig zurückspringende Gewebebereiche ausräumen.

In den Figuren 26 bis 29 sind Druckverlaufskurven wiedergegeben, wie sie an unterschiedlich stark geschädigten Zähnen in zum kranken Gewebebereich führenden Arbeitskanälen gemessen wurden. Man erkennt aus den verschiedenen Meßdiagrammen, daß sich wenig geschädigte Zahnhartgewebe, mäßig geschädigte und möglicherweise noch durch Remineralisierung heilbare Zahnhartgewebe und stark

geschädigte und nur noch durch Füllung behandelbare Zahnhartgewebe deutlich im Druckverlauf unterscheiden.

Das in Figur 30 dargestellte Arbeitsgerät kann gleichzeitig zum Bohren eines Arbeitskanales, zu Diagnose- und ggf. zur Behandlung verwendet werden.

Der Arbeitsabschnitt 42 umfaßt ein außenliegendes rohrförmiges Bohrwerkzeug 42a, welches mechanisch an einen Ultraschallschwinger 302 angekoppelt ist, der durch eine Versorgungseinheit 304 gespeist wird. Innerhalb des rohrförmigen Bohrwerkzeuges 42a ist ein Leitrohr 42b angeordnet. Dieses begrenzt zusammen mit dem Bohrwerkzeug 42a einen Ringraum, der mit einer steuerbaren Schleifmittelquelle 306 verbunden ist, die einen Vorratsbehälter und eine Pumpe für Schleifmittel enthaltende Arbeitsflüssigkeit umfassen kann.

Die Schleifmittelflüssigkeit kann durch die Ringfläche zwischen Bohrwerkzeug 42a und Leitrohr 42b und zusätzlich über in der Mantelfläche des Bohrwerkzeuges 42a vorgesehene Öffnungen 308 austreten.

Das Innere des Leitrohres 42b ist über das Magnetventil 62 und das Magnetventil 72 mit der Saugpumpe 80 verbindbar, um verbrauchte Schleifmittel enthaltende Arbeitsflüssigkeit abzuziehen.

Man erkennt, daß man mit dem in Figur 30 gezeigten Gerät durch Ultraschalleinwirkung (unterstützt durch Schleifmittel) wohldefinierte Arbeitskanäle in einem Zahn erzeugen kann, gleichzeitig aber das Gerät auch laufend zu Diagnosezwecken und nach Abschluß der Diagnose auch zur Behandlung verwenden kann.

In Abwandlung kann man das Leitrohr 42b ebenfalls an den Ultraschallschwinger 302 oder einen gesonderten Ultraschallschwinger (nicht gezeigt) ankoppeln, um das Fördern von viskosen und/oder Partikel enthaltenden Medien durch das dünne Leitrohr selbst und/oder durch den Ringraum zwischen Bohrwerkzeug 42a und Leitrohr 42b zu begünstigen.

Obenstehend wurden bei der Beschreibung der Diagnosemedien und der Behandlungsmedien nur diejenigen Bestandteile detailliert erläutert, welche für die Funktion in besonderer Weise wichtig sind. Es versteht sich, daß man darüber hinaus die Diagnosemedien und die Behandlungsmedien zusätzlich bezüglich ihrer hydrophoben/hydrophilen Eigenschaften durch entsprechende Zusätze einstellen kann und insbesondere auch bezüglich ihrer Viskosität einstellen kann. Entsprechend inerte Verdickungsmittel sind dem Fachmann bekannt.

Obenstehend wurde die Erfindung aus der Sicht der Medizintechnik erläutert. Aus der Sicht des Arztes stellt sie sich wie folgt dar:

Prädilektionsstellen für Initialkariesläsionen sind das okklusale Fissurenrelief, der Zahnhalsbereich sowie die Approximalflächen (Zahnoberflächen im Kontaktbereich zu Nachbarzähnen) von Zähnen. Im Vergleich zu den ersten beiden Prädilektionsstellen, die der klinischen Inspektion durch den Zahnarzt direkt zugänglich sind, können Approximalkariesläsionen optisch (Auge) und taktil (Sonde) in der Regel nicht oder nur bei bereits sehr großer Ausdehnung diagnostiziert werden. Üblicherweise bedingt deren Diagnostik intraorale Röntgenmundfilmaufnahmen der betroffenen Zähne.

Die Auswertung von Röntgenaufnahmen im Hinblick auf

eindeutige Diagnosefindungen oder auf reproduzierbare Therapieentscheidungen bei Approximalkariesläsionen ist insbesondere bei kleineren oder mittleren Läsionen aufgrund der Ausdehnung und der Struktur der Karies, welche durch den Aufbau der Zähne und die Struktur der Zahnhartgewebe sowie die Form ds Approximalbereiches determiniert ist, sehr eingeschränkt: Die Zahnschmelzkappe besteht zu über 90 Vol.% aus mineralischem Kalziumphosphat oder Apatit, einem kleinen Teil von direkt an die Kristalle gebundenem Wasser sowie einem sehr kleinen Teil <2 Vol.% an organischem Gewebe. Im Approximalbereich, an der Kariesprädilektionsstelle unterhalb des Zahnäquators ist diese ca. 1,0 mm bis 1,5 mm dick. Daran ins Innere des Zahnes angrenzend besteht der Zahn aus Zahnbein (Dentin), welches zu ca. 45 Vol.% aus mineralischem Material, zu ca. 30 Vol.% aus organischem Gewebe und zu ca. 25 Vol.% aus vorwiegend in radiärer Richtung verlaufenden Dentinkanälchen enthaltenem Wasser aufgebaut ist.

Bei der röntgenologischen Durchstrahlung eines Zahnes von bukkal (Röntgenstrahlenquelle) nach oral (Filmebene) sind die Absorptionsstrecken für die Strahlenenergie von einer tangentialen Punktabsorption bis hin zur Durchstrahlung einer maximalen Strecke im Bereich der Zahnmitte unterschiedlich lang. Soweit Dentinbereiche durchstrahlt werden, wird auch der Zahnschmelzmantel mit mehr als doppelt so hohem Anteil an hoch absorbierendem mineralischem Material doppelt (sowohl in den zur Strahlenquelle wie zum Film gerichteten Zahnvolumina) durchstrahlt.

Für eine zur Zahnmitte hin gerichtete, unterhalb des Approximalkontaktes lokalisierte Karies bedeutet dies folgendes: Sind ausschließlich Schmelzvolumina von der

Karies betroffen, so ist der mineralische Anteil des kariös veränderten Zahnschmelzvolumens gegenüber dem benachbarten, gesunden Zahnschmelzvolumen reduziert, jedoch nicht auf Null, da aufgrund der prismenartigen Schmelzstruktur sonst zuvor das Dentin erreicht sein müßte. Bei einer solchen Initialkaries ist die Schmelzoberfläche aufgrund ihrer geringeren Löslichkeit sehr lange im Sinne einer durchlässigen Membran intakt, worunter Zonen höherer Entkalkung, jedoch mit reversibel veränderter Struktur vorhanden sind. Im Röntgenbild, in dem eine Überlagerung der Absorptionseffekte entlang der gesamten Absorptionsstrecken (Abbildung der bukkooralen dritten Ebene auf ein zweidimensionales Röntgenbild) stattfindet, sind die Absorptionsunterschiede, welche durch die sehr stark unterschiedlichen Absorptionsstrecken bedingt sind, in den meisten Fällen gegenüber denjenigen, welche auf den lokalisiert, im Sinne einer Schmelzkaries, veränderten Mineralgehalten beruhen, dominant. Als Ergebnis dieses physikalischen Effektes können selektive Schmelzapproximalkariesläsionen in den seltensten Fällen röntgenologisch zuverlässig diagnostiziert werden.

Noch problematischer werden diese strukturell im gesunden Zahnaufbau begründeten Überstrahlungseffekte bei Dentinkariesläsionen, da gesundes Dentin einen Mineralgehalt in der Größenordnung von kariös verändertem Zahnschmelz aufweist, und die durch die Karies verursachten Mineralgradienten aufgrund des vergleichsweise geringen Gesamtmineralgehaltes von gesundem Dentin sowie der Überlagerung von bukkal und oral der Läsion lokalisierten gesunden Dentinanteilen und vor allem gesundem Zahnschmelz kaum röntgenologisch sichtbare Absorptionsunterschiede verursachen. Dies erklärt die klinische Erfahrung, daß in der Regel nur mittlere oder größere Dentinkariesläsio-

nen mit einer fraglichen Zuverlässigkeit röntgenologisch diagnostiziert werden können.

Aufgrund der o.g. Struktur einer Initialkaries, in der der Mineralgehalt im Sinne eines von den benachbarten gesunden Zahnhartgeweben zum Läsionsmittelpunkt gerichteten, reduzierten Gradienten verändert ist, kann diese Läsion nach Elimination des bakterienbedingt sauren Mediums in der unmittelbaren Umgebung der betroffenen äußeren Zahnoberfläche remineralisieren und somit ausheilen. Dies ist im Bereich der Prädilektionsstellen des okklusalen Fissurenreliefs und des Zahnhalses, aufgrund deren Zugänglichkeit und der für ein definiertes Läsionsvolumen vergleichsweise großen Oberfläche derselben, relativ einfach. So wird das Belassen von kariösen Zahnhalsläsionen, weitgehend unabhängig von deren Flächenausdehnung, bei gleichzeitiger Anwendung moderner Prophylaxekonzepte in der modernen Literatur, übereinstimmend als Therapievariante der ersten Wahl diskutiert. Zahnhalsfüllungen sind demgegenüber ausgesprochen invasiv und von geringer Prognose gekennzeichnet - Indikationen für Zahnhalsfüllungen begründen sich zumeist alleine auf ästhetischen Ansprüchen.

Im Approximalbereich läßt sich die ursächliche Plaque jedoch nur schwer vollständig entfernen, andererseits können Fluoride, welche die Löslichkeit von mineralischem Zahnhartgewebe im sauren Milieu reduzieren und selbst bei pH-Werten unterhalb von pH 5,5 das physiologische De-/Remineralisationsgleichgewicht der Zahnhartgewebe mit dem Speichel zugunsten der Remineralisation verschieben, nicht in die Approximalbereiche oder gar in die Läsionsvolumina appliziert werden. Stagnationen oder Remineralisationen von Approximalläsionen sind daher im Vergleich zu Zahnhalsläsionen eher selten.

Im weiteren kann eine theoretisch angestrebte Remineralisation in den meisten Fällen klinisch, aufgrund der bereits bei der Diagnostik beschriebenen Limitationen der Zugänglichkeit des Approximalbereiches und der Röntgendiagnostik, nicht kontrolliert werden.

Aus diesen Gründen muß der Zahnarzt heute bei Verdacht auf eine Kariesläsion den Defekt durch Präparation einer Kavität durch die Okklusalfläche im Bereich der Randleiste eröffnen. Alleine zur Darstellung der etwa birnenförmig unterminierten, kariösen Läsion muß in den meisten Fällen mehr gesundes Zahnhartgewebe geopfert werden als das Volumen der eigentlichen Karies. Für den Therapieentscheid zugunsten der Präparation einer Zugangskavität hat der Zahnarzt kaum reproduzierbare Kriterien, in vielen Fällen wird er eine Läsion antreffen, die er möglicherweise noch hätte ohne Füllung remineralisieren können oder eine etablierte Kavität, welche ein viel größeres Volumen hat als nach der Röntgendiagnostik angenommen.

Bei der eigentlichen mechanischen Kariesentfernung ist das Kriterium des Zahnarztes bis heute die Oberflächenhärte, wobei diese selbst im gesunden Dentin inter- und intraindividuell sehr stark variieren kann und in kariös verändertem Dentin im Sinne einer dreidimensionalen Gradientenstruktur verändert ist. In fast allen Fällen bleibt nach klinischer "Kariesentfernung" histologisch Karies zurück, und es werden viele "kariöse" Bereiche entfernt, die der Grundstruktur des Dentins bei reduziertem mineralischem Gehalt ähnlich sind und sehrwahrscheinlich hätten remineralisieren können.

Der iatrogen geschaffene Defekt nach Darstellung und Entfernung einer Primärläsion wird üblicherweise aufgrund der notwendigen Entfernung unterminierter, bruch-

gefährdeter, jedoch gesunder Zahnschmelzareale im Bereich des Kavitätenrandes weiter extendiert. Darüber hinaus wird weiteres gesundes Dentin- und Schmelzvolumen entfernt, um die Limitationen der herkömmlichen und modernen Füllungsmaterialien oder deren Verarbeitungstechniken auszugleichen, z.B. im Hinblick auf einzuhaltende Mindestschichtstärken, geeignete Kavitätenrandwinkel, Elimination von Sollbruchstellen oder zur Realisation vorgegebener Einschubrichtungen laborgefertigter Restaurationen etc.

Gegen Ende dieses üblichen Vorgehens wurde ein Vielfaches des ursprünglichen Läsionsvolumens an gesunder Zahnhartsubstanz geopfert und diese mit Restaurationsmaterialien ersetzt, welche üblicherweise nur eine Haltbarkeit von einigen Jahre, selten einem Jahrzehnt, aufweisen. Ausgehend von Randimperfektionen kann es bei solchen Restaurationen nicht selten zu Sekundärkaries kommen, welche oft noch schwieriger zu diagnostizieren ist. Bei einer neuen Restauration wird aus Retentionsgründen meist noch mehr Volumen an gesunder Restzahnsubstanz geopfert als bei der Primärversorgung usw., bis kaum mehr gesunde Zahnhartsubstanz übrig ist oder die Zahnpulpa aufgrund der Präparationsmaßnahmen irreversibel geschädigt ist.

Entscheidend für die Diagnostik und ggf. Therapie einer Karies ist die Beurteilung deren Lokalisation und insbesondere Struktur, im wesentlichen im Hinblick auf den Grad der Demineralisation der betroffenen Zahnhartgewebe und der eventuellen Zerstörung organischer Gewebsanteile. Von wesentlicher Bedeutung ist die Beurteilung des Zustandes des "natürlichen Zuganges" (zur Zahnoberfläche durchlässig gewordenes Gewebe) zur Kariesläsion nach den o.g. Kriterien. Zielgröße hierbei ist die Penetrationsfähigkeit von wässrigen Flüssigkeiten durch

diesen Karieszugang, da hierdurch nach Speichelzutritt bzw. bakterieller Infektion die aktive Läsion unterhalten wird bzw. hierdurch eventuelle Remieralisationsvorgänge stattfinden müssen. Da sowohl die Demineralisations- als auch die Remineralisationsvorgänge auf konzentrationsgefällebedingten Diffusionsvorgängen, vorwiegend durch die Kariesstrukturen bzw. die dadurch verursachten Hohlräume beruhen, werden erfindungsgemäß zur Diagnostik die Diffusionsgrößen und die Penetrationsfähigkeit der betroffenen Strukturen erfaßt. Dadurch kann zwischen vorwiegend reversiblen Demineralisationen mit geringem Anteil offener Porosität und weitgehend intakten Grundstrukturen oder irreversiblen Entmineralisationen bzw. Strukturänderungen mit Kavitationen differenziert werden, was einen wesentlichen Einfluß auf eine kausale erfindungsgemäße Therapie hat.

Bei klinisch oder röntgenologisch bestehendem Verdacht auf eine Approximalkaries oder zur Restauration gesicherter Kariesläsionen wird erfindungsgemäß ein zu dem "natürlichen" Karieszugang weiterer, iatrogener Zugang (Arbeitskanal) von etwa 0,6 mm bis 0,8 mm Querschnitt zur Läsion geschaffen. Dieser kann sich bis zum Zentrum oder bis in zugangsnahe oder zugangsferne Randgebiete des Defektes erstrecken. Die Läsion wird also durch den Arbeitskanal am Rand tangiert oder bis in zentrumnahe Bereiche oder durchgehend penetriert. Am günstigsten wird der Zugang so gelegt, daß die Strecke durch gesundes Zahnhartgewebe, von der Außenseite des Zahnes zum vermuteten Zentrum des Defektes, möglichst kurz gehalten wird.

Bewährt haben sich neben okklusalen Zugängen, beispielsweise ausgehend von einer Vertiefung im Fissurengrund des Kauflächenreliefs, Arbeitskanäle, die von der Oralfläche der Zähne, im Seitenzahngebiet alternativ von

der Bukkalfläche der Zähne, selten von der Approximalfläche (approximal-zervikal) der Zähne, ihren Ursprung nehmen.

Diese Zugänge unterscheiden sich von herkömmlichen Zugangskavitäten dadurch, daß sie nicht den gesamten Approximalkontaktbereich kastenförmig eröffnen oder, nicht ausgehend von der Okklusalfläche, durch die Randleiste erfolgen und vor allem nicht, wie bei herkömmlichen Präparationen oder auch sogenannten Tunnelpräparationen erforderlich, den "natürlichen Karieszuggang" in die Präparation mit einbeziehen. Dieser "natürliche Karieszugang" wird also, zumindest vor hydrodynamischer Diagnostik und ggf. erfolgender Remineralisation, nicht mechanisch bearbeitet sondern bleibt dabei erfindungsgemäß unberührt.

Die Arbeitskanäle können mit herkömmlichen rotierenden Diamant- oder Hartmetallinstrumenten gestaltet werden. Besonders eignen sich oszillierende Instrumente unter Zuhilfenahme eines abrasiven Schleifmediums, welches die Instrumente umspült. Es können volle oder hohle röhrenartige Präparationsinstrumente verwendet werden. Röhrenförmige Präparationsinstrumente lassen sich wesentlich präziser führen und haben den weiteren Vorteil, daß Zahnmaterial im Zentrum des Rohres verbleibt und für diagnostische Beurteilungen außerhalb des Zahnes oder der Mundhöhle zugänglich ist. Beispielsweise kann dieses Material mit substratspezifischen oder bakterienspezifischen Farblösungen angefärbt werden. Inbesondere eignet sich beispielsweise eine 0,5%ige basische Fuchsinlösung in Propylenglycol zur spezifischen Anfärbung kariös veränderten Dentins. Es können jedoch auch Bakterienkulturen aus den entnommenen Geweben angelegt werden, welche möglicherweise Anhaltspunkte für das generelle Kariesrisiko des Patienten ergeben, oder auch

histologische Untersuchungen vorgenommen werden. Diese Art der Probenentnahme erlaubt ferner erstmals ein Kariesmonitoring im Laufe der Recallbehandlungen von hoher Sensitivität und hoher Spezifität.

Die Positionierung des Präparationsinstrumentes ergibt sich aus der Winkelstellung von dessen Längsachse zur betroffenen Zahnform und dem vermuteten Mittelpunkt der Läsion. Die Penetrationstiefe in bukko-oraler oder labio-oraler Richtung ergibt sich ebenfalls aus dem vermuteten Mittelpunkt und der vermuteten Ausdehnung der Läsion, wobei zur Orientierung die Lage des Approximalkontaktes, unterhalb dessen die Prädilektionsstelle und der "natürliche" Karieszugang liegen, herangezogen werden. Diese Relation zwischen klinisch sichtbarem Approximalkontakt und "natürlichem" Karieszugang wird auch zur zervikal-okklusalen Abschätzung der Lagebeziehungen zwischen dem zur Präparation der iatrogenen Zugangskavität verwendeten Instrument und der Zahnoberfläche herangezogen. Zur Vereinfachung der bukko-oralen oder labio-oralen Abschätzung der Penetrationstiefe wird am Handstück, welches das Präparationsinstrument trägt, eine okklusal über die Zahnkrone reichend oder auf Kontakt zur Zahnaußenfläche justierbare, zum Präparationsinstrument etwa längsparallel verstellbare Tiefenlehre angebracht. Die Befestigung der Tiefenlehre am Präparationshandstück erfolgt vorteilhaft durch Aufstecken eines etwa drehbaren, vorzugsweise etwa oval gestalteten, Halteringes auf den Kopf des Handstückes. Die Penetrationstiefe kann danach als Differenz der über die Tiefenlehre, in Relation zu einem markanten Punkt der Zahnkontur, abzulesenden oder in Kontaktbeziehung voreingestellten Wegstrecken, nach Aufsetzen des Präparationsinstrumentes an die Zahnaußenfläche und jedem beliebigen Punkt der Penetration, erfaßt wer-

den. In kritischen Fällen können auch zur Zahnlängsachse oder zu einer senkrecht zum Zahnbogen verlaufenden, bukko-oralen Ebene exzentrische Röntgenaufnahmen, vorzugsweise mit im Defekt justiertem röntgenopakem Präparationsinstrument oder analogen Instrumentenlehren, gefertigt werden, was zur Evaluation der Lagebeziehung mit verwendet werden kann. In den meisten Fällen kann die Position des Instrumentes während der Präparation sehr einfach im Durchlicht abgeschätzt werden.

Die Untersuchung des somit gestalteten Arbeitskanales oder über diesen der Läsion kann auf unterschiedlichste Weise erfolgen. Es können die iatrogene Zugangskavität (Arbeitskanal), der "natürliche Karieszugang", eventuelle kariesbedingte Hohlräume oder etwa Restaurationsrandbereiche, mit einer in den Zugang einbringbaren licht- und/oder videokanaltragenden Optik, inspiziert werden, wobei diese endoskopartige Videooptik sowohl starr als auch elastisch sein kann. Vorzugsweise eignen sich linsentragende optische Systeme, welche einen möglichst breiten Beurteilungswinkel, bezogen auf die Längsachse des eingebrachten Optikanteiles, erlauben. Es können aber via Arbeitskanal in den Defekt auch Substrate eingebracht werden, die bestimmte Gewebezustände (z.B. Karies oder destruierte Kollagenfasern) oder Bakterien oder Hohlräume oder bestimmte Gewebsstrukturen selektiv markieren oder für bestimmte Funktionszustände dieser Strukturen, z.B. im Hinblick auf die Diffusionsfähigkeit oder die Bakterienvitalität oder bezüglich Stoffwechselleistungen oder Gewebevitalität bzw. -mortalität, spezifische Marker sind. Solche Substrate können beispielsweise Farbstoffe oder Röntgenkontrastmittel oder Ultraschallkontrastmittel oder Infrarot- oder Ultraviolettkontrastmittel oder lichtwellenlängenspezifische Kontrastmittel oder Fluoreszenzsubstrate oder deren Vorstufen (welche durch Stoff-

wechselleistung der Bakterien zu Fluoreszenzfarbstoffen werden) oder Kontrastmittel zur Eigenfrequenzanalyse oder Radionukleide etc. sein. Diese können auch identisch mit einem in diese Kavität einzubringenden provisorischen oder definitiven Füllstoff oder einem anderen Therapeutikum oder Diagnostikum sein oder in diesem enthalten sein. Hierdurch können die Nachteile der eingangs beschriebenen Röntgenuntersuchung im Hinblick auf das Absorptionsverhalten kariös veränderten Zahnhartgewebes teilweise oder weitgehend kompensiert werden, oder es sind metrische Auswertungen möglich, oder es sind Zuordnungen zu Strukturmerkmalen, z.B. Porositäten, möglich, oder es sind je nach Ausgestaltung selektiver, z.B. hydrophiler oder hydrophober Trägersubstanzen für diese Substrate, die Differenzierung von Strukturmerkmalen oder Funktionszuständen möglich, oder es können Schichtaufnahmen des Defektes erfolgen, oder es können Aufnahmen in unüblichen, z.B. senkrecht zur Zahnlängsachse, angeordneten, okklusal-zervikalen (Quer-)Ebenen erfolgen, oder es können andere diagnostische Verfahren eingesetzt werden. Ganz besonders vorteilhaft ist dabei der mögliche Verzicht auf Röntgenstrahlen, z.B. zugunsten von Durchleuchtungen mit sichtbarem Licht, ultraviolettem Licht, infrarotem Licht oder Laserlicht. In einer weiteren Abwandlung werden aus diesem Licht auf die Markersubstrate oder deren Stoffwechselprodukte (z.B. durch Bakterienstoffwechsel) abgestimmte Lichtfrequenzfilter und/oder korrelierende Beobachtungsfilter verwendet. Dadurch können vergleichsweise lichtschwache Licht- oder Fluoreszenzeffekte für den Beobachter leichter erkennbar werden. Je nach Füllmenge der standardisierten iatrogenen Zugangskavität und der Läsion können in vielen Fällen auch die Größe oder Struktur des Defektes näher bestimmt werden.

Die obenstehenden Substrate können, gleichzeitig mit dem innerhalb des Kavitätenvolumens teilweise sauren Mileu, im Sinne einer Säure-Base-Reaktion reagieren, dieses Milieu etwa neutralisieren und dadurch die Voraussetzung für die Progredienz einer Karies zeitweise einschränken und/oder ein die Porositäten oder teilweise die Kavitäten oder insbesondere die Diffusionsquerschnitte verlegendes Salz ausbilden.

Weiterhin können etwa gewebespezifische oder strukturspezifische oder oberflächenspezifische oder stoffwechselspezifische oder bakterienspezifische Substrate so ausgewählt werden, daß sie bevorzugt an diesen Geweben, Strukturen, Oberflächen oder Bakterien anhaften oder in diesen akkumuliert werden. Durch geeignete Auswahl dieser Substrate, gemäß dem gewünschten Effekt bzw. der gewünschten An- bzw. Einlagerung oder durch chemische Verbindung dieser Substrate mit osmotisch oder chemisch wirksamen Substanzen bzw. selektiv energieabsorbierenden Substanzen, können diese Gewebe, Strukturen, Oberflächen oder Bakterien markiert und z.B. durch osmosebedingt akkumuliertes Wasser (Zerplatzen von Bakterien) oder durch chemische Reaktion mit einem via Arbeitskanal eingebrachten Reagenz (z.B. durch spezifisch induzierte Gasbildung innerhalb von Bakterien) oder durch selektive Energieabsorption, beispielsweise von energiereicher Strahlung (z.B. Licht) oder mechanischer (z.B. Ultraschallschwingungen), thermischen etc. Energie, vorzugsweise selektiv zerstört werden.

Selbstverständlich können derartige Substrate auch zur Initialdiagnostik eines noch nicht mit einem Arbeitskanal versehenen Zahnes eingesetzt werden, um etwa zusätzlich zu einer herkömmlichen klinischen oder röntgenologischen Diagnostik, die Integrität einer fraglich

kariösen approximalen Zahnoberfläche und die etwaige Notwendigkeit einer weiterführenden Diagnostik via eines Arbeitskanales, abzuklären.

Auch kann die Sensibilität (Reaktion auf thermische Reize) oder die Vitalität der Kronenpulpa (z.B. Laserdopplerinterferometrie) und ggf. bei mehrwurzligen Zähnen, der Wurzelpulpa, mittels einem oder mehrerer Arbeitskanäle, durch die verringerte Zahnhartsubstanzschichtstärke zwischen den internen Oberflächen des Arbeitskanales und dem Pulpenkavum, genauer erfaßt werden. Mehrere Arbeitskanäle zu einer vermuteten Läsion sind auch aus jedem anderen Grund als zur Bestimmung der Pulpasensibilität oder Vitalität, zum Beispiel aus Gründen einer einfacheren Diagnostik, günstigeren Remineralisation oder einfacheren Reinfiltration, möglich.

Weitere diagnostische Anhaltspunkte ergeben sich durch die erstmals mögliche elektrische Widerstandsmessung zwischen der Approximalläsion und einer Hautelektrode. Die durch den Arbeitskanal schrittweise vorgeschobene Meßsonde hat einen röhrenartigen Querschnitt mit zentraler, stetig allseitig luftumspülter, Meßsonde. Diese bislang auf den Fissurenbereich beschränkte Methode ist ausgesprochen sensitiv und liefert erstmals für die Kariesverlaufsdiagnose verwendbare reproduzierbare Meßwerte, auf welchen ein zuverlässiger Therapieentscheid begründet werden kann.

Die höchste Sensitivität und Spezifität in der differenzierenden Diagnostik oder Verlaufsdiagnostik von Approximalkariesläsionen wird jedoch durch das erfindungsgemäße "hydrodynamische Diagnoseverfahren" erreicht:

Wie obenstehend ausgeführt, kann zwischen vorwiegend

reversiblen Demineralisationen mit geringem Anteil offener Porosität und weitgehend intakten Grundstrukturen oder irreversiblen Entmineralisationen bzw. Strukturänderungen mit Kavitationen differenziert werden, indem ein etwa röhrenförmiger Tubus in den Arbeitskanal eingeführt und, z.B. durch Einklemmen eines Silikonschlauchabschnittes zwischen die äußere Zahnoberfläche und dem beispielsweise außerhalb des Zugangs divergenten konischen Tubus, abgedichtet wird, oder der Tubus vorzugsweise über Dichtlippen von außen auf oder über den iatrogenen Zugang aufgesetzt wird. Dieser Tubus ist vorzugsweise ein auswechselbarer Bestandteil eines Handstückes und ist in einem von 0° bzw. 180° verschiedenen Winkel, besonders bewährt ca. 60°, zur Handstücklängsachse geneigt. Es können auch plastisch oder elastisch wenigstens teilweise verformbare Tuben verwendet werden. Über die Zuleitungen im Handstück bzw. die zugehörende Infrastruktur des Gerätes wird nun eine Flüssigkeit, ein Gel oder eine Paste oder ein Gas, via Zugang in den Defekt, eingebracht und in Abhängigkeit von den vorhandenen Strukturen sowie den Strukturen im Bereich des "natürlichen Zuganges" ggf. unter Druck gesetzt, was durch Einsatz geeigneter Drucksensoren und computergestützter Datenauswertung meßbar ist. Andererseits kann auch ein definiertes geschlossenes Vakuum über den Tubus angebracht werden und der zeitliche Verlauf eines effektiv erzeugten Vakuums gemessen werden. Dieses geschlossene Vakuum wird in seiner Höhe durch die potentielle Gefahr einer Aspiration von Odontoblasten an der Innenseite der Prädentinschicht im Pulpenkavum in die begrenzenden Dentinkanälchen limitiert. Diese maximale Vakuumgrößen variieren stark, je nach Zustand und Struktur des Dentins sowie der kaum meßbaren Dentinschichtstärke zwischen Läsion und darunter liegendem Pulpenhohlraum. Es haben sich maximale Druckabsenkungen

<800 mbar, besonders <300 mbar, besonders <100 mbar bewährt.

Es kommt nur dann zu einem signifikanten Aufbau eines Druck- oder Vakuumgradienten, bzw. die Füllmenge ist nur dann limitiert, wenn der "natürliche" Karieszugang keinen wesentlichen Struktureinbruch aufweist. Solche Läsionen können nach Reinigung der Zahnoberflächen, ggf. Desinfektion des Arbeitskanales bzw. ggf. von Läsionsanteilen und z.B. durch Unterstützung mittels Fluoridapplikation oder unter Anwendung von durch Zusätze von Kalzium oder Phosphaten modifizierten Fluoridpräparaten, induziert stagnieren oder induziert remineralisieren.

Alternativ dazu kann das Röhrchen, etwa ein Metallröhrchen oder ein Kunststoffröhrchen oder ein Glasröhrchen oder ein Keramikröhrchen oder ein Röhrchen aus einem beliebigen anderen Material, z.B. einer Polymerkeramik oder ein nicht kreisrundes röhrenartiges Gebilde aus diesen Materialien, dauerhaft in den iatrogenen Zugang etwa eingeklebt oder einzementiert werden, was die angeschliffenen Zahnflächen versiegelt und die Fügebereiche abdichtet. Weiterhin vereinfacht die definierbare Eingangsgeometrie dieses etwa röhrenartigen, in den Zahn eingeklebten Gebildes, ggf. unter Zuhilfenahme eines etwaigen konfektionierten Dichtringes, den dichten Anschluß des Füllröhrchens oder ähnlichem des Handstücks. Wichtig ist, daß in diesem Fall eine lösbare aber dichte Verbindung zwischen dem in den Zahn eingeklebten Gebilde und dem am Handstück befestigten Gebilde hergestellt werden kann (Dichtring, übergestülpter Schlauch, Dichtlippe etc.).

Die eingebrachten Flüssigkeiten sind nicht komprimierbar und sehr einfach bezüglich Hydrophobie (z.B. Silikonöl)

oder Hydrophilie (z.B. Wasser) einstellbar bzw. vorauswählbar. Auch können Lösungen, Suspensionen, Emulsionen oder Dispersionen bis hin zu partikelgefüllten (z.B. wässrige feinstdisperse thixotrope Siliziumdioxid- oder Aluminiumoxiddispersionen) oder nichtpartikelgefüllten Gelen hergestellt werden, welche ebenfalls in die Kavität eingebracht werden können. Unter variierenden positiven Druckverhältnissen wird ein ggf. eintretender Überdruckaufbau (0,1 bis 8 bar, bevorzugt 0,1 bis 5 bar) gemessen und/oder eine definierte Durchflußmenge bei o.g. Druckbeaufschlagung gemessen und/oder ein Durchtritt durch den natürlichen kariösen Zugang, ggf. unter Zuhilfenahme der o.g. Markersubstrate, z.B. Farbstoffe etc. registriert. Eine induzierte Remineralisation kann versucht werden, bei, via Arbeitskanal, z.B. unter Verwendung wässriger Lösungen, aufbaubaren positiven Druckänderungen >2bar oder bei einem Leakage dieser wässrigen Lösungen, durch den "natürlichen" Karieszugang von weniger als 0,1 mm/20 s (bei +2 bar Druckdifferenz) oder bei ausgeschlossenem sichtbarem Leakage der Markersubstrate oder deren Trägermaterialien durch den "natürlichen" Karieszugang, z.B. in den Approximalraum. Diese Substrate oder Farbstoffe können gleichzeitig Adhäsive (z.B. carboxylgruppenhaltige Lösungen, modifizierte Polyacrylsäurelösungen, Lösungsgemische beinhaltende Acrylatmono- oder Polymere oder lösungsmittel-(z.B. aceton-)haltige Acrylatmonomerlösungen oder -polymerlösungen etc.) oder Ätzlösungen (z.B. organische oder anorganische Säurelösungen) oder desinfizierende Lösungen (z.B. Chlorhexidinlösungen) oder säureneutralisierende Lösungen sein, welche das Dentin oder den Schmelz gleichzeitig im Sinne einer chemischen Umstrukturierung der Gewebeoberflächen konditionieren.

Praktisch hat es sich bewährt, das Füllröhrchen nicht

bis auf den Boden des iatrogenen Zugangs aufzusetzen oder seine Öffnung nicht nur frontal oder lateral auszugestalten sondern beide Öffnungen zu kombinieren oder schräge frontale Öffnungen im Hinblick auf die Röhrenlängsachse zu gestalten.

Alternativ zu den Druckgradienten kann auch die Durchflußmenge bei eingeprägtem Druck untersucht werden (Wandern von Luftblasen bei definiertem, röhrenartigem Zugang = bekanntes Volumeninkrement).

Alternativ zu Druckgradienten oder zusammen mit diesen wird ein in der Läsion eventuell aufbaubares Vakuum sowie, unter definierten Saugleistungen, dessen zeitliches Verhalten beurteilt.

Somit kann erstmals der "natürliche" Karieszugang, im Hinblick auf seine Struktur, seine Diffusionsgrößen und somit auf dessen Remineralisationspotential im Sinne der eventuell möglichen Ausheilung einer Karies, beurteilt werden.

Vorzugsweise kann durch das Füllröhrchen nicht nur die Flüssigkeit aus einem angeschlossenen Vorratsbehälter in den iatrogenen Zugang und damit in die Läsion eingebracht werden, sondern es kann durch den gleichen Zugang, vorzugsweise durch das gleiche Röhrchen, abgesaugt werden in einen anderen Entsorgungsbehälter oder in eine angebrachte zahnärztliche Absaugvorrichtung. Dadurch wird die Inspektion eines Defektes, vor dessen diagnostischer Beurteilung mittels Videoanalyse, Druckgradienten etc., erleichtert.

Auch können damit Druck-Saug-Wechselzyklen im Sinne eines Pumpeffektes mit z.B. regel- oder unregelmäßigen

Spül-(Druck-) oder Saugzyklen durchgeführt werden, wodurch Debris, ggf. gelöste Hartsubstanzpräzipitate und in ihrer Struktur teilweise oder weitgehend oder vollständig zerstörte organische Gewebe bzw. Gewebereste oder Bakterien etc., aus dem Defekt eliminiert werden (=hydrodynamische Aufbereitung). Durch diese Wechselzyklen können Bakterienzellwände zerstört werden oder ggf. hartsubstanzabtragswirksame Kavitationseffekte erzeugt werden.

Weiterhin werden bevorzugt, zur Auflösung demineralisierter Geweberückstände oder destruierter organischer Gewebereste, geeignete Lösungen oder Lösungsgemische eingesetzt, z.B. wässrige Natriumhypochloridlösungen in Konzentrationen unter 6 %, bevorzugt unter 3 %, besonders bevorzugt um 1 % und/oder wässrige Kalziumchelatbildner, z.B. EDTA-Lösungen unter 50 %, bevorzugt um 20 %, und/oder N-Monochlor-DL-2-Aminbutyrat-haltige Lösungen und/oder aminosäurehaltige Lösungen. Diese oder die o.g. Wirksubstanzen (Markersubstrate, Farbstoffe, Substanzen zur Schmelz- oder Dentinkonditionierung etc.) können dem Vorratsbehälter beigemischt werden, oder es können verschiedene Vorratsbehälter mit Umschaltungen verwendet werden, oder es können konzentrierte Lösungen bei definierten Mischverhältnissen, z.B. etwa in Patronenform, im Handstück oder an anderer Stelle angebracht werden und mit der zugeführten Flüssigkeit aus dem oder den Vorratsbehältern vermischt werden. Es ist auch möglich, den Tubus gleichzeitig als (vorzugsweise Einmal-)Vorratsbehälter für bestimmte Flüssigkeiten auszubilden, wobei das Auspressen dieser Flüssigkeit über den im Handstück aufbaubaren Luftdruck oder Flüssigkeitsdruck indirekt, z.B. über einen Stempel in dem Tubus, erfolgt. Dieses Prinzip eignet sich insbesondere zur Infiltration von z.B. härtenden Füllungsmaterialien im Rahmen der o.g.

Reinfiltration, da damit Reinigungsprobleme im Handstück umgangen werden können. Ferner hat sich bewährt, durch das gleiche Füllröhrchen des Handstückes auch Gase zu fördern, im wesentlichen Druckluft zahnärztlicher Qualität, zum Trocknen der Zugangskavitäten bzw. des Defektes. Dies kann jedoch auch mit einer separaten Quelle und einem separaten Füllröhrchen, welches z.B. auf herkömmliche zahnärztliche Druckluftquellen aufgesetzt wird, erfolgen.

Soweit die hydrodynamische (Druckaufbau, Vakuumaufbau, zeitliche Verläufe von Druck und Vakuum, definierte, weitgehend endliche Füllmengen, fluiddynamische Widerstände) und/oder ggf. unterstützend die chemische (hydrophile oder hydrophobe Flüssigkeiten oder Gele oder strukturensitive bzw. strukturspezifische oder gewebssensitive bzw. gewebsspezifische Markersubstrate und/oder Kontrastmittel etc.) und/oder die physikalische (z.B. elektrische Widerstands- oder Impedanzmessung) und/oder die optische (Endoskop-)Diagnostik die Möglichkeit für eine, ggf. durch therapeutische Maßnahmen unterstützte, induzierte Remineralisation ergibt, wird wie folgt verfahren:

Über die zunehmende Penetration im Rahmen der Präparation des Arbeitskanales, insbesondere nachdem die Schmelzkappe durchbohrt ist, werden mehrfach hydrodynamische Messungen vorgenommen, bis der Defekt tangiert oder penetriert ist. Meist genügen zwei bis drei Messungen, um eine individuelle defektspezifische Eichung vorzunehmen, deren Werte dann auf Signifikanzen untersucht werden können, oder man erkennt dies in den meisten Fällen sehr einfach, da z.B. ab einer bestimmten Penetration in den Defekt, sofern dessen "natürlicher" Zugang strukturell stark verändert ist und keine Diffusionsbarriere mehr darstellt, kein Druckaufbau mehr möglich ist. Solche

Werte können auch bei mehreren zu behandelnden Läsionen, in nicht mehrere Jahre auseinanderliegenden Behandlungssitzungen, an einem Patienten zur Beurteilung von anderen Zähnen in diesem Gebiß, zum Teil verwendet werden.

Sofern die hydrodynamische Diagnostik mit Flüssigkeitssäulen eine gegenüber dem durch den dichten Verschluß des iatrogenen Zugangs des Defektes endliche Füllmenge mit signifikantem Druckanstieg ergibt oder die Füllmenge über einen definierten Zeitraum von z.B. unter 1 min kaum zunimmt, ist die Struktur der Karies wahrscheinlich vorwiegend durch Mineralisationsgradienten, mit im Vergleich zu intakten Zahnhartgeweben nicht grundsätzlich veränderten Strukturmerkmalen, insbesonder sätzlich veränderten Strukturmerkmalen, insbesondere mit weitgehend intakten organischen Strukturen, gekennzeichnet; möglicherweise ist die Schmelzoberfläche nur in Form einer membranartigen, weitgehend geschlossenen, Oberflächenschicht versehen und der Defekt damit sehr wahrscheinlich remineralisierbar.

Alternativ zum beschriebenen Handstück können auch etwa manuell bedienbare spritzenartige Instrumente verwendet werden, wobei das ausgepreßte Volumen registriert und die Druckdifferenz manuell entlastet wird, oder die Wegdifferenz einer bewegten Luftblase, in z.B. zylindrischem Querschnitt, gemessen wird.

Ggf. muß zur Untersuchung auf Druckmaxima der "natürliche Defektzugang" oberflächlich gereinigt oder z.B. durch Einbringen eines Holzkeiles von der Approximaloberfläche des Nachbarzahnes, separiert werden. In diesem Fall ermöglicht die Verwendung einer Ätzlösung zur Untersuchung der Druckgradienten eine Konditionierung der defektbildenden demineralisierten Zahnhartgewebe bzw. der begrenzenden

intakten Zahnhartgewebe und schafft so einen verbesserten Diffusionsquerschnitt zur Eindiffusion von Speichel und z.B. therapeutischen Wirkstofffen, wie z.B. den üblichen in der Zahnheilkunde verwendeten Fluoridpräparaten. Es können jedoch auch die Qualität der Diffusionsbarriere, z.B. durch Verlegung von Porositäten, beeinflussende Adhäsive verwendet werden. Gleichzeitig werden die im Defekt lokalisierten Bakterien und ggf. smear layer-Schichten wirksam abgetötet bzw. entfernt. Es bietet sich an, die Druckwerte und ggf. Flüssigkeitsfüllmengen und/oder die endoskopischen Bilder und/oder weitere Befunde zu dokumentieren, um im Verlauf der Kontrolle des Erfolgs der Remineralisationsbehandlung oder ggf. induzierten Remineralisation während des Monitorings Vergleichsgrößen zu haben und somit Trends der Re- oder weiterer Demineralisation bevorzugt ohne weiteres Röntgenbild reproduzierbar zu erkennen.

Nach Spülung oder Absaugen sowie ggf. Trocknung der iatrogenen Zugangskavität und ggf. benachbarter Defektvolumina wird in den Defekt vorzugsweise ein Röhrchen aus den o.g. Materialien so eingesetzt, daß das Zentrum der Läsion via Röhrchen mit der Zahnaußenfläche verbunden ist. Dieses Röhrchen versiegelt dabei die bei der Präparation des iatrogenen Zugangs angeschnittenen gesunden Zahnhartsubstanzoberflächen. Es empfiehlt sich, vor Einsetzen des Röhrchens die dieses begrenzenden Zahnschmelzoberflächen mittels Säureätzung mikroretentiv umzustrukturieren und die äußeren Röhrchenoberflächen durch Säureätzung oder andersartige Vorbehandlung, z.B. Silikatisierung, für einen Verbund, ggf. unter zusätzlicher Verwendung von Haftvermittlern, wie z.B. Silanen, mit einem Fügepolymerkomposit vorzubereiten, mit welchem das Röhrchen adhäsiv in die iatrogene Zugangskavität eingesetzt wird. Eventuelle Überstände des Röhrchens

über die äußere Zahnoberfläche werden vorzugsweise entfernt. Üblicherweise wird jedoch auf das definitive oder temporäre Einbringen eines Röhrchens verzichtet und der Arbeitskanal direkt genutzt. Anschließend wird ein, vorzugsweise durch Kalzium- oder Phosphatzusätze modifiziertes, Fluoridpräparat, beispielsweise mittels eines Tubus, unter positivem Druck in den Defekt und ggf. die Zugangskavität eingebracht. Bevorzugt werden wässrige Fluoridlösungen verwendet, welche unter Druck im o.g. Bereich für eine gewisse Zeit belassen werden. Der Druck wird bevorzugt oberhalb des zur Diagnostik verwendeten Druckmaximums angelegt, um so Fluoride in das Volumen der Läsion, via forcierter Diffusion, in das in den jeweiligen veränderten Zahnhartgeweben enthaltene oder gebundene Wasser einzuperfundieren. Vor oder mit oder nach dem Einbringen dieser Lösungen können ferner die Adhäsion von Plaque verringernde (z.B. Delmopinol-Lösung, Triclosan-Lösungen, Lösungsgemische etc.) oder die Vitalität bzw. die Stoffwechselleistungen der Plaque beeinträchtigende Lösungen, Gele oder (z.B. lösungsmittelhaltige) Lacke, via Arbeitskanal, in das Volumen der Läsion und/oder den "natürlichen Defektzugang" und/oder den Arbeitskanal eingetragen werden.

Gleichzeitig wird die Plaque auf der korrespondierenden Zahnoberfläche durch supra- und subgingivale Zahnreinigung entfernt, eventuelle Retentionsnischen für approximale Plaque beseitigt und der Patient bezüglich individueller Mundhygienemaßnahmen instruiert. Letztlich wird der Zugang, falls nicht, wie oben ausgeführt, bereits ein Röhrchen eingeklebt wurde, nun durch Einkleben eines solchen versiegelt und das Röhrchen oder, falls kein solches eingebracht ist, der Arbeitskanal, mit einem möglichst leicht zu entfernenden, aber dennoch möglichst bakteriendichten, plastischen und vorzugsweise erhärten-

den oder härtbaren Material(ien), wie z.B. Gips, Kunststoff, Silikon, Polymerkomposit, Verbundwerkstoffen etc. oder unter Verwendung von geometrisch definierten, etwa stopfenähnlichen Formteilen oder Kombinationen von Formteilen und plastischen Materialien, verschlossen. Ein provisorischer Verschluß kann auch mit wirkstoff-, z.B. fluorid- oder chlorhexidinfreisetzenden Verschlußmaterialien, im Sinne eines Depots erfolgen.

Sofern Röhrchen eingebracht sind, können diese am Durchtrittsende zur äußeren Zahnoberfläche, auch mit einem Verschlußmechanismus, z.B. einem Innengewinde mit passender selbstabdichtender Schraube oder unter Verwendung zusätzlicher Dichtungen, reversibel verschlossen werden.

Unter Umständen empfiehlt sich zusätzlich eine externe konventionelle Chlorhexidin- oder Fluoridapplikation mit auf den Zahnhartsubstanzen oder auf den Verschluß des iatrogenen Zugangs oder in der Gegend des "natürlichen" Karieszugangs anhaftenden Chlorhexidin- oder Fluoridlacken.

Dieser Verschluß kann nach einem durch das individuelle Kariesrisiko und die Mundhygiene des Patienten bestimmten Zeitraum von einigen Wochen bis einigen Monaten wieder eröffnet werden und der Defekt analog der initialen Diagnostik neu evaluiert werden. Die Beurteilung erfolgt nach den gleichen Kriterien wie initial, wobei die Baseline-Daten der Initialbehandlung nun zum Vergleich herangezogen werden können. Ggf. ist die Wirkstoff-, z.B. Fluoridbehandlung zu wiederholen. Falls die Möglichkeit zur induzierten Remineralisation jedoch nicht mehr gegeben scheint, so kann der Defekt durch den gleichen Zugang, ohne weitere präparative Maßnahmen, reinfiltriert werden. Selbstverständlich steht die Behandlung mit konventionel-

len Füllungsmaßnahmen zu jeder Zeit ohne Nachteile offen. In Zweifelsfällen möglicher Remineralisation oder bereits notwendiger Reinfiltration kann daher in vielen Fällen zunächst die Remineralisation versucht werden.

Je nach individueller Situation ist es zur Optimierung der Remineralisation für gewisse Zeiträume vorteilhaft, die Öffnung des iatrogenen Zugangs oder des eingeklebten Röhrchens nicht temporär zu verschließen, um einen ausreichenden Zutritt von Speichel zu ermöglichen. In diesem Fall ist der Zugang jedoch vorzugsweise täglich, z.B. mit kompatiblen Bürstchen oder durch Spülungen, zu reinigen und dem Wachstum vitaler Bakterien durch regelmäßige Anwendung chemischer Wirksubstanzen, z.B. von Chlorhexidin oder der o.g. Antiadhäsiva etc., vorzubeugen.

Kann trotz Abdichtung des iatrogenen Zustangs kein Druckgradient aufgebaut werden, oder fließt die eingebrachte Lösung zum "natürlichen" kariösen Zugang wieder hinaus, so wird der Defekt durch Spülungen oder Saugvorgänge oder Spül/Saug-Wechselpumpvorgänge, ggf. unter Zuhilfenahme der die Auflösung bzw. den Abtrag unterstützenden Lösungen oder Ätzlösungen, aufbereitet (hydrodynamische Aufbereitung). Solche Lösungen oder Gemische verschiedener Lösungen können insbesondere den, ggf. selektiven, Abtrag von in ihrer Struktur zerstörten organischen Zahngeweben oder Geweberesten (z.B. Natriumhypochloridlösungen etc.) oder von stark entkalkten Hartsubstanzvolumina (z.B. EDTA-Lösungen, anorganiscshe oder organische Säurelösungen), ermöglichen bzw. unterstützen. Zur Erzeugung effizienterer Druck-Saug-Wellen kann der "natürliche Defektzugang", z.B. durch Anbringen eines Matrizenbandes, vorübergehend verschlossen oder, umgekehrt durch Separation der benachbarten Zähne, z.B. durch Einbringen eines Keiles in den Zahnzwischenraumbereich, der "natürliche

Defektzugang" von der nachbarzahnoberfläche abgehoben und dadurch ggf. eröffnet werden. In die betroffenen Zahnzwischenräume eingebrachte Keile, z.B. Holzkeile etc., helfen auch, eine Aspiration der Weichgewebe oder Blutzutritt, beispielsweise aus der interdentalen Zahnfleischpapille, bei der Behandlumg zu vermeiden. Die Entlüftung der Defektstrukturen beim Eintrag von Wirksubstanzen erfolgt über den "natürlichen Defektzugang". Eine Kontrolle der Defektzustände bzw. von Behandlungsfortschritten ist jederzeit über eine endoskopische Untersuchung oder über den Eintrag spezifischer oder struktursensitiver Markersubstanzen möglich. Nach hydrodynamisch und/oder chemischer und/oder ggf. unterstützender mechanischer (z.B. unter Verwendung von via Arbeitskanal in den Defekt vorgeschobenen, etwa endoskopartigen, mikromechanischen Instrumente mit geometrisch definierten oder undefinierten Schneiden, z.B. im Defektvolumen durch Flüssigkeitseintrag expandierbare, etwa ballonartige, schneidentragende Instrumente) Aufbereitung des Defektes werden die defektbegrenzenden Oberflächen, z.B. durch Ätzlösungen, wie z.B. saure wässrige Lösungen, umstrukturiert und konditioniert (Priming). Dabei darf eine etwaige angelegte Druckabsenkung (Vakuum) eine kritische Größe von etwa 800 mbar nicht überschreiten, um etwaige Aspirationen der Odontoblastenschicht, welche innerhalb des Pulpenhohlraumes an die Prädentinzone angrenzt, zu vermeiden.

Weiterhin können den zur hydrodynamischen Aufbereitung verwendeten Lösungen, z.B. zur Grobdepuration des Defektes oder zu dessen unterstützender mechanischer Präparation, zusätzlich Partikel, wie z.B. Glaspartikel, Kalziumphosphatpartikel, Hydroxyxlapatit- oder Fluorapatitpartikel, Kalziumfluoridpartikel, Salzpartikel, Carbonatpartikel, Flußspatpartikel, Keramikpartikel, Kunststoffpartikel

oder Kompositpartikel, mit einer mittleren Korngröße von <100 µm, bevorzugt <50 µm, wesentlich bevorzugt <20 µm und ganz bevorzugt <10µm, in die die entsprechenden Oberflächen beaufschlagende bzw. infiltrierende Flüssigkeit, im Sinne einer Suspension oder Dispersion, beigemengt werden, um durch zusätzlich resultierende mikromechanische Aufbereitungsmaßnahmen oder Erosionseffekte diesen Prozeß zu unterstützen bzw. zu beschleunigen.

Anschließend können die defektbildenden Volumina sowie deren angrenzende Strukturen, soweit erforderlich, mit Druckluft getrocknet werden.

Falls erforderlich, wird die Nachbarzahnoberfläche, zum Schutz einer Kontamination, durch den "natürlichen Zugang", z.B. durch Einbringen eines Separationsstreifens (z.B. Acetatstreifens) oder etwa einer Matrize, in den betroffenen Zahnzwischenraumbereich isoliert. Danach erfolgt eine Reinfiltration der defektbegrenzenden Strukturen (Bridging) sowie der eigentlichen Defektvolumina (Refilling) durch Einbringen geeigneter Adhäsive und/oder Füllmaterialien durch den iatrogenen Zugang (Arbeitskanal), bis zum Verschluß des "natürlichen" und des iatrogenen Zugangs. Während der Reinfiltration bzw. dem Refilling werden, ggf. in diesen Strukturen enthaltene Restvolumina an Flüssigkeiten sowie Luft, vor der Front reinfiltrierten Materials hergeschoben und durch den "natürlichen Zugang" ausgepreßt; Überschüsse an reinfiltrierbarem Material können über die betroffene approximale Zahnkontur sehr leicht entfernt werden.

Besonders die Interpenetration von hydrophobem Füllmaterial erlaubt bei gerichtetem Fluß, daß dieses Material die Flüssigkeit vor sich herschiebt, und wässrige Flüssigkeiten oder ggf. Überschüsse an niederviskösere Infil-

trationsmaterialien oder Adhäsiven, soweit diese die zu reinfiltrierenden Oberflächen nicht unmittelbar benetzen, über natürlichen Kariszugang ausgepreßt werden. Als Reinfiltrations- oder Füllmaterialien eignen sich alle durch solche Zugangskavitäten einbringbare plastische und erhärtende oder härtbare Materialien, insbesondere thixotrope Materialien, vorzugsweise Kunststoffe, Monomere, Polymere oder partikelgefüllte Polymerkomposits, wie z.B. Acrylatkunststoffe oder siliziumorganische Materialien, oder Kompomere oder Zemente, wie z.B. Glasionomerzemente etc.. Unter Umständen werden verschiedene Materialarten, ggf. unterschiedlicher hydrophiler bzw. hydrophober Eigenschaften, unterschiedlicher Viskosität und unterschiedlichen Füllgrads, vorzugsweise nacheinander eingetragen. Auch sind Kombinationen von Reinfiltrationsmaterialien oder Füllungsmaterialien mit Primersubstanzen und/oder den obenstehenden Wirksubstanzen, wie z.B. Chlorhexidin oder Fluoride etc., möglich. Nicht zuletzt eignen sich zur Reinfiltration auch in Lösungsmitteln, z.B. Aceton, gelöste Harze, insbesondere Polymerharze oder teilgefüllte Polymerharze.

Die ehemals das Kariesvolumen bildende Struktur bzw. diese Strukturen müssen dabei in herkömmlichem mechanischem Sinne nicht unbedingt vollständig entfernt werden sondern bilden eine Art Schwammstruktur, welche im Sinne einer Leitstruktur für die einzubringenden Materialien (re)infiltriert wird, und bleiben als Gerüst der Versorgung somit erhalten. Gleichzeitig resultiert diese Grenzflächendurchdringung in für mechanische Belastungen günstigen Gradientenstrukturen und ist das morphologische Substrat hoher Grenzflächenhaftwerte.

Im Bereich der "natürlichen" und der iatrogenen Zugangskavität wird mindestens die hohe Qualität einer adhäsiv

verankerten Kompositfüllung erzielt, wobei sich die kleinen Volumina an reinfiltriertem Material günstig auf die im Zuge des Phasenwechsels der Füllmaterialien, häufig induzierten, materialinhärenten Residualspannungen auswirken und somit qualitätserhöhend wirksam sind.

Sofern in den reinfiltrierten oder wieder aufgefüllten ursprünglichen Defektvolumina noch ggf. vitale Bakterien enthalten sind, werden diese bei dem gerichteten Einfluß entweder über den "natürlichen Zugang" eliminiert oder als Bestandteil in die Grenzflächenstrukturen bzw. die Füllung integriert, wonach sie, aufgrund der Isolation von Substrat, keine Überlebenschance haben und auch keine degradativen Stoffwechselleistungen vollbringen können.

Ein gerichteter Fluß des Materials während der Reinfiltration bzw. dem Refilling kann durch Aufbringen einer zusätzlichen Vakuumsglocke auf den betroffenen Approximalbereich, welche z.B. mittels Dichtlippen, teilweise oder vollständig zu diesem Raum hin, abgedichtet wird, zusätzlich verbessert werden.

Nach vollständiger Reinfiltration der defektbegrenzenden Oberflächen bzw. nach Auffüllen des ursprünglichen Defektes des "natürlichen" Zugangs und des Arbeitskanales sowie der Entfernung von etwaigen Überschüssen aus dem Approximalbereich, werden diese Oberflächen geglättet und das reinfiltrierte Material lichtkatalytisch ausgehärtet. Selbstverständlich sind auch etwa autokatalytische, dual katalytische Duroplasten oder etwa thermoplastisch verarbeitbare Polymermatrizes verwendbar.

Bei größeren Füllvolumina kann das Auffüllen des Defektes auch schichtweise, vom ursprünglichen "kariösen" Zugang beginnend, bis zum letztendlichen Verschluß des Arbeits-

kanals, erfolgen, wobei die initialen Volumina an reinfiltriertem bzw. eingefülltem Material, soweit wenigstens teilweise lichtkatalytisch polymerisierbare Polymersysteme verwendet sind, zusätzlich oder ausschließlich mit, via iatrogenem Zugang in den Defekt eingebrachten, Lichtsonden und/oder transdental polymerisiert werden. Nacharbeiten sind in den meisten Fällen nicht erforderlich.

Bei pulpennahen Defekten können über die mögliche Druckbeaufschlagung auch für die Pulpa wirksame Substanzen eininfiltriert werden, wie z.B. Bone Morphogenetic Proteins (BMP) oder wässrige Kalziumhydroxidlösungen, zur Induktion einer Hartgewebsbildung, oder Kalium- oder Strontiumlösungen, z.B. zur Herabsetzung der Sensibilität des Zahnes.

Wesentliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Fülltechniken bestehen in einer weitgehenden schmerzfreien Präparation, einer erheblichen Schonung gesunder Zahnhartgewebe, einer wesentlichen Vereinfachung der üblichen Arbeitsschritte der Adhäsivtechnik, z.B. durch möglichen Verzicht auf Kofferdam, einer höheren Qualität des adhäsiven bakteriendichten Verschlusses, einer möglichen therapeutisch nutzbaren, durch Druckgradienten kontrollierbaren Infiltration von Wirkstoffen, z.B. entgegen dem nach peripher verlaufenden Flüssigkeitsausstrom aus den Dentinkanälchen.

Passend zu den initial zur Präparation des iatrogenen Zugangs verwendeten Präparationsinstrumenten können diese gleichzeitig entweder als in den Defekt temporär oder definitiv einzubringende röhrchenartige Tuben oder volumenvolle Präzisionspaßkörper verwendet werden, oder es können solche Röhrchen oder Paßkörper formgleich aus geeigneten Materialien, wie z.B. Metallen, Keramiken,

Kunststoffen oder Verbundwerkstoffen, z.B. in einem Set, bereitgestellt und zum Verschluß der Zugangskavität, unter Verwendung des reinfiltrierten aufgefüllten Materials, im Sinne von Fügematerialien herangezogen werden.

Derartige hydrodynamische oder chemische Diagnoseverfahren und Instrumente können auch, z.B. über im Sinne von saugglockenartigen Instrumenten mit zirkulären Dichtlippen, vorzugsweise in verschiedenen Größenabstufungen, zur Diagnostik von sensiblen Zahnoberflächen im Zahnhalsbereich und zur Differenzierung besonders kritischer Oberflächenareale an einem Zahnhalsbereich verwendet werden. Im gleichen Zuge mit der Diagnostik können anschließend, sehr einfach und vergleichsweise sehr wirksam, kontrollierte Druckinfiltrationen von die Sensibilität herabsetzenden Substraten, wie z.B. wässrigen Kalium- oder Strontiumlösungen, vorgenommen werden.

Auch können durch Zugabe von Partikeln, wie z.B. Glaspartikeln, Kalziumphosphatpartikeln, Hydroxylapatit- oder Fluorapatitpartikeln, Kaliziumfluoridpartikeln, Keramikpartikeln, Kunststoffpartikeln oder Kompositpartikeln mit einer mittleren Korngröße <50 μm, bevorzugt <20 μm, wesentlich bevorzugt <10 μm und ganz besonders bevorzugt <2 μm, in die die entsprechenden Oberflächen beaufschlagende bzw. infiltrierende Flüssigkeit - im Sinne einer Suspension oder Dispersion - die oberflächlichen, teilweise eröffneten Dentinkanälchen, wenigstens teilweise im Sinne einer Verminderung des Diffusionsquerschnittes, mechanisch verlegt werden.

Weiterhin können den Lösungen in dieser Anwendung andere, z.B. die Plaquevitalität oder das Plaqueadsorptionsverhalten beeinträchtigende oder die Remineralisation fördernde Wirksubstanzen, wie z.B. Chlorhexidin oder Fluo-

ride etc., beigemengt werden (siehe obenstehend detailliert aufgelistete Wirksubstanzen).

Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen im Zusammenhang mit der Versiegelung von Rißbildungen in Zähnen oder Zahnersatz. Dazu werden die Rißflankenoberflächen vorzugsweise hydrodynamisch konditioniert und die Risse anschließend, wenigstens teilweise im Sinne einer "hydrodynamischen" adhäsiven Versiegelung, reinfiltriert.

Die beschriebene Vorrichtung bzw. die geschilderten Verfahren funktionieren im gleichen Sinne auch bei bestehendem Zahnersatz. Soweit dieser aus Metall gefertigt ist, ist eine röntgenologische Untersuchung auf evtl. Sekundärkaries, aufgrund der Absorption von Röntgenstrahlen, in der Restauration nicht möglich. Zur Beurteilung der Qualität der Restauration bzw. der an diese angrenzenden Zahnoberflächen, insbesondere im Randbereich derselben, wird an der fraglichen Stelle ein röhrenartiger iatrogener Zugang (Arbeitskanal) zur Penetration der Restauration präpariert. Anschließend erfolgt eine hydrodynamische oder chemische Diagnostik und/oder eine Therapie, z.B. im Sinne einer hydrodynamischen oder chemischen oder mikromechanischen Aufbereitung der Defekte, mit anschließender Reinfiltration und temporärem oder definitivem Verschluß des iatrogenen Zugangs. Die Möglichkeit zu einem konventionellen Ersatz der Restauration, im Rahmen einer herkömmlichen Neuanfertigung der Restauration, bleibt unbenommen.

Beschreibung eines Behandlungsablaufes:

Die Beschreibung, wie bei einem Verdacht auf Approximalkaries zweckmäßigerweise zur Diagnose und Behandlung vorgegangen wird, erfolgt gemäß einem Flußdiagramm,

wie es sich aus Figur 31 ergibt.

Üblicherweise ergibt sich ein Verdacht auf Approximalläsionen während einer zahnärztlichen Routineuntersuchung, selten klinisch, in der Regel nach röntgenologischer Untersuchung. Soweit die Läsion bereits so groß ist, daß okklusale Zahnflächen eingebrochen sind oder ein anderer großflächiger okklusaler Zugang, z.B. im Rahmen einer insuffizienten Primärfüllung, besteht, ist die Diagnosefindung meist unproblematisch, und es erfolgt eine konventionelle Füllungstherapie.

In den übrigen Fällen gibt das Röntgenbild u.U. Information darüber, ob oder wie weit die Zahnbeinvolumina von der Läsion betroffen sind. Es obliegt dem Zahnarzt, nach einer Vielzahl an beurteilbaren Kriterien, betreffend den Patienten, seine Gebißsituation, sein Kariesriskiko, seine Mundhygiene, seine Compliance etc., zu entscheiden, ob für eine gewisse Zeit eine Kontrolle des Defektes nach herkömmlichen Methoden und im Zusammenhang mit konventioneller Prophylaxe erfolgen soll oder ob, wie es aufgrund der eingangs beschriebenen Limitationen konventioneller Diagnoseverfahren, in der Mehrzahl der Fälle notwendig sein wird, eine weiterführende erfindungsgemäße Diagnostik und ggf. Therapie erforderlich ist.

Erfindungsgemäß wird gemäß der oben beschriebenen Orientierung eine röhrenartige Zugangskavität so präpariert, daß ein möglichst kurzer zahnhartsubstanzschonender, gut erreichbarer, ästhetisch nicht störender und einfach sowie bakteriendicht wieder verschließbarer, vorzugsweise nicht in einer Zone hoher okklusaler Kaubelastung lokalisierter Arbeitskanal zum Defekt schaffen wird.

Es erfolgt danach eine kurze Durchspülung, ggf. unter Umspülung von im Schall- oder Ultraschallbereich oszillierenden in den Arbeitskanal eingebrachten Instrumenten, Absaugung oder Saug-Druck-Spülung sowie ggf. eine Trocknung des Defektes sowie des Arbeitskanals und eine evtl. endoskopische Inspektion. Danach wird das Handstück mit einem Tubus versehen, dieser in den Arbeitskanal eingeführt und abgedichtet, um mittels hydrodynamischer und/oder chemischer Diagnostik (Markersubstrate) die Struktur der Läsion sowie die Diffusionsgrößen und/oder die Permeabilität des "Natürlichen Karieszugangs" zu beurteilen.

Bei reversiblen Veränderungen der läsionsbildenden Strukturen sowie geringer Permeabilität des "natürlichen Zugangs" empfiehlt sich, das adhäsive Einbringen eines Zugangsröhrchens in den iatrogenen Zugang, welcher, so bedingt öffenbar dicht verschlossen werden kann. Somit sind alle präparativ angeschnittenen Zahnflächen dauerhaft versiegelt, und der Defekt hat einen therapeutisch nutzbaren bleibenden Zugang.

Die diagnostisch erhobenen Daten werden als spätere Kontrollgrößen dokumentiert. Danach wird ein wässriges Fluoridpräparat via Arbeitskanal in die Läsion einperfundiert und der dafür erforderlich Druck ggf. eine Zeitlang gehalten, oder es werden z.B. langsam wasserlösliche Depotfluoridsubstrate eingebracht und der Zugang danach bakteriendicht verschlossen.

Anschließend erfolgen konventionelle Prophylaxemaßnahmen und nach einer gewissen Zeit eine Reevaluation der Läsion nach gleichem Vorgehen unter Verwendung des Arbeitskanals, wobei die im Rahmen der ursprünglichen Diagnostik erhobenen Daten als Vergleichsgrößen zur Abschätzung eines

Behandlungserfolges verwendet werden. Ggf. wird die Behandlung wiederholt.

Soweit irreversible Strukturschädigungen im Bereich der Läsion oder hohe Permeabilität bzw. uneingeschränkte Diffusion durch den "natürlichen Karieszugang" initial diagnostiziert werden oder sich im Laufe von Kontrolluntersuchungen nach induzierter Remineralisation ergeben, wird der Defekt hydrodynamisch und/oder chemisch und/oder mikromechanisch und/oder mechanisch und/oder durch Einwirkung von fluid- oder schleifmittelumspülten im Schall- oder Ultraschallbereich oszillierenden Instrumenten, ggf. mit zentraler Absaugung durch das Instrument, unterstützt aufbereitet und die defektbegrenzenden Oberflächen nachträglich im Sinne eines Priming konditioniert. Eine regelmäßig mögliche endoskopische Kontrolle erleichtert die Kontrolle dieser Aufbereitungsmaßnahmen.

Anschließend werden die defektbegrenzenden Strukturen sowie der Defekt selbst, ggf. mehrstufig, reinfiltriert (Bridging) bzw. aufgefüllt (Refilling). Es folgen konventionelle Prophylaxemaßnahmen sowie herkömmliche Nachuntersuchungen. Selbstverständlich können, falls jemals erforderlich, ohne jeden durch die erfindungsgemäßen Behandlungen verursachten zusätzlichen Schaden, zu jeder Zeit konventionelle Zahnfüllungen in die betroffenen Zahnoberflächen eingebracht werden.

Patentansprüche

==========

1. Gerät zur Bestimmung der Remineralisierungsfähigkeit von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, gekennzeichnet durch eine Meßeinrichtung (46, 60, 86, 88; 104, 114, 116, 86, 88; 130-140, 88; 144-148, 88; 150-154, 88; 156, 86, 88; 158-174), zum lokalen Messen mindestens einer der nachstehenden physikalischen, chemischen oder biologischen Gewebeeigenschaften: Porosität, Härte, Lichtabsorption und Lichtreflexion, Schallabsorption und Schallreflexion, Zellstruktur, elektrische Leitfähigkeit, chemische Veränderungen im Gewebegerüst, chemische Veränderungen von im Gewebegerüst enthaltener Flüssigkeit, Befall mit Bakterien.

2. Gerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Meßkopf (40) mit einem stabförmigen, vorzugsweise zylindrischen Sondenabschnitt (42) aufweist, welcher ein auf die physikalischen, chemischen oder biologischen Eigenschaften ansprechendes Meßelement (46, 60; 104, 116; 130, 134, 138; 144, 148; 150-154; 156; 158-170) umfaßt.

3. Gerät nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch einen Stellungsgeber (48-52) für die Axialstellung des Sondenabschnittes (42) bezüglich einer Begrenzungsfläche des Gewebes.

4. Gerät nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenstellungsgeber (48-52) ein mit der Gewebeoberfläche zusammenarbeitendes Eingangsteil (48) aufweist, welches axial verschiebbar auf dem Sondenab-

schnitt (42) angeordnet ist und über eine Feder (50) an einen feststehenden Geräteabschnitt abgestützt ist, welcher ein Kraft- oder Verformungssensor (52) zugeordnet ist.

5. Gerät nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch eine Auswerteeinheit (88), welche mit dem Ausgangssignal des Sondenstellungsgebers (48-52) und dem Ausgangssignal des Meßelementes beaufschlagt ist und die Ausgangssignale des letzteren, die für unterschiedliche Stellung des Sondenabschnittes (42) erhalten werden, miteinander vergleicht, wozu die jeweils für die verschiedenen Sondenstellungen erhaltenen Meßsignale in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Sondenstellungsgebers (48-52) abgespeichert werden.

6. Gerät nach einem der Ansprüche 2-5, wobei das Meßelement eine bezogen auf die Achse des Sondenabschnittes (42) radiale Meßachse aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenabschnitt (42) drehbar (118-122) auf dem Meßkopf (40) angeordnet ist.

7. Gerät nach einem der Ansprüche 2-6, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) an einem Griffteil (36) angebracht ist, wobei er vorzugsweise um dessen Längsachse drehbar ist.

8. Gerät nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsachse des Griffteiles (36) und die Achse des Meßkopfes (40) gegeneinander geneigt sind und vorzugsweise einen Winkel zwischen etwa 30° und etwa 90°, nochmals vorzugsweise von etwa 60° einschließen.

9. Gerät nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Griffteil (36) über eine Drehkupplung (99) mit einem Versorgungskabel (101) verbunden ist.

10. Gerät nach einem der Ansprüche 1-9, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung ein auf das Gewebe einwirkendes erstes Sensorteil (104; 130, 138; 144; 150-54; 158, 160) und ein die Antwort des Gewebes auf den Reiz ermittelndes zweites Sensorteil (116; 130, 134; 148; 150-154; 164-170) aufweist und daß Mittel zur Einstellung der Stärke der vom ersten Sensorteil erzeugten Einwirkung vorgesehen sind.

11. Gerät nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellmittel eine vom Griffteil (36) getragene Eingabeeinrichtung (94) umfassen.

12. Gerät nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellmittel eine Programmsteuerung (88) umfassen.

13. Gerät nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Programmsteuerung so arbeitet, daß das einwirkende Sensorteil (104; 130, 138; 144; 150-54; 158, 160) so erregt wird, daß am registrierenden Sensorteil (116; 130, 134; 148; 150-154; 164-170) ein vorgegebenes Ausgangssignal erhalten wird.

14. Gerät nach einem der Ansprüche 2-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) ein Dichtelement (54) aufweist, welches mit einem Abschnitt der Gewebeoberfläche zusammenarbeitet und daß der Meßkopf (40) mit einer unter von Normaldruck verschiedenem Druck stehenden Fluidquelle (76; 80) in Verbindung steht und die Meßeinrichtung die Fluid-Leckage durch das zu untersuchende Gewebe mißt.

15. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet,

daß das Fluid ein Gas ist und daß der Meßkopf (40) über ein Schaltventil (62), welches eine Schließstellung aufweist, mit der Fluidquelle (76; 80) verbindbar ist und an den Meßraum, welcher durch den Meßkopf (40) und das Gewebe begrenzt wird, ein Druckmesser (60) angeschlossen ist.

16. Gerät nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) einen mit dem Meßraum verbundenen Druckspeicher (58) aufweist.

17. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß das Diagnosefluid eine Flüssigkeit ist und daß in der von der Fluidquelle (76) zum Meßkopf (40) führenden Versorgungsleitung ein Strommesser (66) angeordnet ist.

18. Gerät nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchflußmesser (66) ein Kapillarrohr und Mittel zum Einspeisen von Gasblasen in das stromabseitige Ende des Kapillarrohres aufweist.

19. Gerät nach einem der Ansprüche 14-18 in Verbindung mit Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Dichtelement (54) von der freien Stirnfläche des Eingangsteiles (48) des Sondenstellungsgebers (48-52) getragen ist.

20. Gerät nach einem der Ansprüche 14-18 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Sondenabschnitt (42) ein am Ende geschlossenes (44) zylindrisches Rohr ist, welches in seiner Umfangswand mindestens eine Fluid-Durchtrittsöffnung aufweist.

21. Gerät nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet,

daß der Sondenabschnitt (42) an seinem vom freien Ende abgelegenen Ende eine sich in radialer Richtung erweiternde, vorzugsweise kegelförmige Schulter (274) aufweist und daß ein Dichtschlauch (276) auf der Außenseite des Sondenabschnittes (42) angeordnet ist und mit seinem vom freien Ende des Sondenabschnittes (42) abgelegenen Ende auf die Dichtschulter (274) unter Aufweitung aufschiebbar ist.

22. Gerät nach einem der Ansprüche 14-21, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) über ein Umschaltventil (72) alternierend mit einer Überdruck-Fluidquelle (76) und einer Unterdruck-Fluidquelle (80) verbindbar ist.

23. Gerät nach Anspruch 22 in Verbindung mit Anspruch 17, gekennzeichnet durch Mittel (102) zum Auffangen des aus dem Meßkopf (40) abgesaugten Flüssigkeitsvolumens.

24. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine ausfahrbare Meßspitze (104) aufweist.

25. Gerät nach Anspruch 24 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspitze (104) von einem Hebel (108) getragen ist, der durch einen in Längsrichtung des Sondenabschnittes (42) verlaufenden Betätigungsstab (112) so verschwenkbar ist, daß die Meßspitze (104) mit radialer Bewegungskomponente durch ein Fenster (106) des Sondenabschnittes (42) bewegt wird.

26. Gerät nach Anspruch 24 in Verbindung mit Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßspitze von einem biegbaren Übertragungselement (124) getragen ist,

welches in einer Führung (126) des Sondengehäuses (128) so geführt ist, daß das Übertragungselement (124) mit radialer Richtungskomponente aus dem Sondengehäuse (128) austritt.

27. Gerät nach Anspruch 25 oder 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Betätigungsstab (112) durch einen Stellmotor (114) bewegt wird, dessen Abtriebskraft einstellbar (74) ist.

28. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine Lichtquelle (138), eine Optik (130, 132) und einen Bildwandler (134) umfaßt.

29. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (40) eine Meßlichtquelle (160), gegebenenfalls eine Optik und mindestens ein Farbfilter (168) sowie einen Lichtdetektor (170) umfaßt.

30. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Schwinger (144), einen auf den Schwinger arbeitenden Generator (146) und Mittel (148) zum Messen der Bedämpfung des Schwingers aufweist.

31. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung einen Schwinger (144), einen auf den Schwinger (144) arbeitenden intermittierend betriebenen Generator (146) und einen Empfänger (144) für vom Gewebe reflektierte Schwingungen sowie Mittel (88) zum Auswerten der Intensität der reflektierten Schwingungen aufweist.

32. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekenn-

zeichnet, daß die Meßeinrichtung beabstandete Elektroden (150, 152) aufweist, welche mit einer Widerstands- oder Impedanzmeßeinheit (154) verbunden sind oder Teil eines Schwingkreises darstellen, welcher mit einer Frequenzmeßeinheit verbunden ist.

33. Gerät nach einem der Ansprüche 1-13, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßeinrichtung ein mikroporöses Teströhrchen (156) oder einen Hohlbohrer aufweist, dessen Innenraum mit einer Unterdruckquelle (80) verbindbar ist.

34. Gerät zur Unterstützung der Remineralisierung von Hartgewebe, insbesondere kariösem Zahngewebe, gekennzeichnet durch einen Arbeitskopf (40), welcher mit der Gewebeoberfläche zusammenarbeitende Dichtmittel (54) aufweist und mit mindestens einer Quelle (76; 176) für Behandlungsmedium in Verbindung steht.

35. Gerät nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitskopf (40) über ein Umschaltventil (72) intermittierend mit einer Quelle (76) für Behandlungsmedium und einer Absaugeinrichtung (80) verbindbar ist.

36. Gerät nach Anspruch 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitskopf (40) einen hohlen stabförmigen vorzugsweise zylindrischen Abgabeabschnitt (42) aufweist, der mit mindestens einer Durchtrittsöffnung für Behandlungsmedium versehen ist.

37. Gerät nach Anspruch 36, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgabeabschnitt (42) an seinem freien Ende verschlossen ist und die Durchtrittsöffnungen für das Behandlungsmedium in der Umfangswand des Abgabeabschnittes (46) ausgebildet sind.

38. Gerät nach einem der Ansprüche 34-37, gekennzeichnet durch einen Stellungsgeber (48-52) für die Axialstellung des Abgabeabschnittes (42) bezüglich der Gewebeoberfläche.

39. Gerät nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß der Axialstellungsgeber (48-52) ein mit der Gewebeoberfläche zusammenarbeitendes Eingangsteil (48) aufweist, welches axial verschiebbar auf der Außenfläche des Abgabeabschnittes (42) angeordnet ist und über eine Feder (50) an einem Gehäuse des Arbeitskopfes (40) abgestützt ist, wobei dieser Feder ein Kraft- oder Verformungssensor (52) zugeordnet ist.

40. Gerät nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangsteil (48) des Stellungsgebers (48-52) das Dichtmittel (54) trägt.

41. Gerät nach einem der Ansprüche 34-40, dadurch gekennzeichnet, daß der Arbeitskopf (40) an einem Griffteil (36) angebracht ist, vorzugsweise in um dessen Längsachse drehbarer Weise.

42. Gerät nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsachsen vom Griffteil (36) und Arbeitskopf (40) gegeneinander geneigt sind und vorzugsweise einen Winkel von etwa 30° bis etwa 90°, nochmals vorzugsweise von etwa 60° miteinander einschließen.

43. Gerät nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß das Griffteil (36) über eine Drehkupplung mit einem Versorgungskabel verbunden ist.

44. Gerät nach einem der Ansprüche 34-43, dadurch ge-

kennzeichnet, daß mindestens eine (176) der Quellen (76, 176) für Behandlungsmedium einen in den Arbeitskopf (40) oder in das diesen tragende Griffteil (36) eingesetzten Vorratsbehälter (176) aufweist.

45. Gerät nach einem der Ansprüche 34-44, gekennzeichnet durch ein Saugteil (200), welches vom Arbeitskopf beabstandet auf die Oberfläche des zu behandelnden Gewebes aufsetzbar ist und mit einer Saugeinrichtung (80) verbindbar ist.

46. Gerät zur Erzeugung eines Arbeitskanales in Hartgewebe, insbesondere Zahngewebe, in welchen ein Sondenabschnitt (42) einer Meßeinrichtung nach einem der Ansprüche 2-33 oder ein Abgabeabschnitt eines Behandlungsgerätes nach einem der Ansprüche 34-45 einführbar ist, gekennzeichnet durch ein Bohrwerkzeug (30), dessen Außendurchmesser dem Außendurchmesser von Sondenabschnitt (42) bzw. Abgabeabschnitt (42) entspricht und durch einen auf dieses Bohrwerkzeug (30) arbeitenden Bohrerantrieb (218).

47. Gerät nach Anspruch 46, dadurch gekennzeichnet, daß der Bohrerantrieb einen einstellbaren Tiefenanschlag (220) aufweist.

48. Gerät nach Anspruch 46 oder 47, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser des Bohrwerkzeuges (30) zwischen etwa 0,2 und etwa 1,0 mm beträgt, vorzugsweise zwischen etwa 0,5 und etwa 0,8 mm.

49. Gerät nach einem der Ansprüche 46-48, dadurch gekennzeichnet, daß das Bohrwerkzeug (30) hohl ist.

50. Gerät nach einem der Ansprüche 46-49, dadurch ge-

kennzeichnet, daß das Bohrwerkzeug (286) ein Ultraschallbohrwerkzeug ist und durch einen Ultraschallgenerator (282) in Richtung der Bohrwerkzeugsachse in Schwingungen versetzt wird.

51. Gerät nach Anspruch 50, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (288) zum Zuführen eines abrasiven Fluids zur Arbeitsfläche des Ultraschallbohrwerkzeuges (286).

52. Gerät nach einem der Ansprüche 46-51, gekennzeichnet durch ein Exkavationswerkzeug (246), welches mindestens eine in radialer Richtung einstellbare Schneidkante (254) aufweist.

53. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß die radial verstellbare Schneidkante (254) von einem rinnenförmigen Schneidwerkzeug (250) getragen ist, welches verschwenkbar von einem Werkzeugschaft (2468 getragen ist, dessen Außendurchmesser dem Außendurchmesser des Sondenabschnittes (42) im wesentlichen entspricht.

54. Gerät nach Anspruch 53, dadurch gekennzeichnet, daß der Krümmungsradius des rinnenförmigen Schneidwerkzeuges (250) dem Radius des Werkzeugschaftes (248) entspricht.

55. Gerät nach Anspruch 53 oder 54, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkzeugschaft (248) eine Mehrzahl, vorzugsweise zwei in Umfangsrichtung verteilter angelenkter Schneidwerkzeuge trägt.

56. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidkante von einem ausgeschnittenen Wandabschnitt (260; 296, 298) eines zylindrischen Werkzeugschaftes (248; 292) gebildet ist, der durch Reibschluß

oder durch strukturelle Mittel (260-264) radial nach außen bewegbar ist.

57. Gerät nach Anspruch 52, dadurch gekennzeichnet, daß die radial verstellbaren Schneidkanten auf einem aufblasbaren Tragkörper (268) angeordnet ist, der strömungsmitteldicht vom Ende eines rohrförmigen Werkzeugschaftes (248) getragen ist.

58. Gerät nach Anspruch 57, dadurch gekennzeichnet, daß der aufblasbare Tragkörper (268) mit einer eine Mehrzahl von Schneidkanten bildenden Frässchicht (272) umgeben ist, die z.B. durch eine Vielzahl von Hartkornpartikeln oder Diamantkörnern gebildet ist oder durch ein Gelege von scharfkantigen Metallspänen oder ein Metallgitter gebildet ist.

59. Diagnosemedium, insbesondere zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 1-33, dadurch gekennzeichnet, daß es eine auf kariöses Gewebe selektiv ansprechende Markiersubstanz enthält, die im Hinblick auf die gemessene Gewebeeigenschaft ausgewählt ist.

60. Diagnosemedium nach Anspruch 59, dadurch gekennzeichnet, daß die Markiersubstanz ein Färbemittel wie Fuchsin, eine Röntgenkontrastmittel, ein Radionukleid oder einen Elektrolyten umfaßt.

61. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es ein Antiseptikum wie Chlorhexidin enthält.

62. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 33-45, dadurch

gekennzeichnet, daß es ein Ätzmittel wie EDTA oder eine wässrige Phosphorsäurelösung enthält.

63. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es einen Primer, wie z.B. eine wässrige organische Säurelösung, enthält.

64. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es eine organische Gewebereste auflösende Substanz, wie z.B. Natriumhypochlorid, enthält.

65. Behandlungsmedium nach Anspruch 64, dadurch gekennzeichnet, daß es die organische Gewebereste auflösende Substanz in einer Menge von weniger als 6 Gewichtsprozent, vorzugsweise zwischen etwa 1 und etwa 3 Gewichtsprozent enthält.

66. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es eine flüssige härtbare oder eine vorübergehend in flüssigen Zustand bringbare vorübergehend in flüssigen Zustand bringbare Substanz enthält.
enthält.

67. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung in einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es inerte Partikel aufweist.

68. Behandlungsmedium nach Anspruch 67, dadurch gekennzeichnet, daß die Partikel Glaspartikel, Kalziumphosphatpartikel, Keramikpartikel, insbesondere Al_2O_3-Partikel, Hydroxylapatitpartikel, Fluorapatitpartikel,

Kalziumfluoridpartikel, Kunststoffpartikel, Kompositpartikel, Salzpartikel, Carbonatpartikel, Flußspatpartikel usw. oder Mischungen der vorgenannten Partikel umfassen.

69. Behandlungsmedium nach Anspruch 68, dadurch gekennzeichnet, daß die mittlere Korngröße der Partikel weniger als 50 µm, vorzugsweise weniger als 20 µm, nochmals vorzugsweise unter 10 µm bzw. 5 µm und besonders bevorzugt zwischen etwa 0,5 und etwa 2 µm beträgt.

70. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es pulpawirksame Komponenten umfaßt.

71. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es eine die Remineralisierung unterstützende, insbesondere fluoridabgebende Komponente umfaßt.

72. Behandlungsmedium, insbesondere zur Verwendung mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 34-45, dadurch gekennzeichnet, daß es mehrere der in den Ansprüchen 59-71 genannten Komponenten umfaßt.

73. Diagnose- oder Behandlungsmedium nach einem der Ansprüche 59-72, dadurch gekennzeichnet, daß es in einem verformbaren Behälter (176) enthalten ist, welcher einen Steckverbinderteil (178) mit öffenbarer Versiegelung aufweist.

74. Behandlungskörper zur Verwendung in einem Arbeitskanal (32), der mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 46-58 erzeugt wurde, dadurch gekennzeichnet,

daß ein Behandlungsmedium (239) von einem Grundkörper (234) gehalten ist, dessen Außendurchmesser dem Außendurchmesser des Bohrwerkzeuges (30) entspricht.

75. Behandlungskörper nach Anspruch 74, dadurch gekennzeichnet, daß der Grundkörper (234) aus einem porösen Material besteht, vorzugsweise einem Sintermaterial aus Keramik, Kalziumphosphat, Hydroxylapatit, Fluorapatit oder Kunststoff.

76. Behandlungskörper nach Anspruch 74 oder 75, dadurch gekennzeichnet, daß das Behandlungsmedium (239) einen mit einem Harzmaterial verbundenenen Wirkstoff aufweist, welches Harzmaterial seinerseits vom Grundkörper (234) getragen ist oder in diesen eingeschlossen ist oder den Grundkörper bildet.

77. Behandlungskörper zur Verwendung in einem Arbeitskanal (32), der mit einem Gerät nach einem der Ansprüche 46-58 erzeugt wurde, dadurch gekennzeichnet, daß er rohrförmige Gestalt hat, wobei sein Außendurchmesser dem Außendurchmesser des Bohrwerkzeuges (30) entspricht, und an seinem einen Ende einen lösbaren dichten Verschluß (244) aufweist.

78. Behandlungskörper nach Anspruch 77, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einem fluiddichten Material besteht.

79. Behandlungskörper nach Anspruch 77 oder 78, dadurch gekennzeichnet, daß er einen dem Verschluß (242) benachbarten kegeligen Kopfabschnitt (242) aufweist.

80. Behandlungskörper nach einem der Ansprüche 74-79, daduch gekennzeichnet, daß er aus einer zur dauer-

haften Eingliederung geeigneten Restaurationsmaterial hergestellt ist, z.B. Kunststoff, Metall, Keramik, einem Verbundwerkstoff, Polymerkeramik, einem Kompositwerkstoff, oder einem Kompomerwerkstoff.

81. Gerät nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Fluidquelle (76; 80) eine Überdruckquelle ist, welche Fluid mit einem Überdruck von 0,1 bis 0,8 bar, bevorzugt 0,1 bis 0,5 bar bereitstellt.

82. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 45, gekennzeichnet durch Mittel zum Beaufschlagen des Diagnose- oder Behandlungsmediums mit Schall oder Ultraschall.

83. Gerät nach Anspruch 82, gekennzeichnet durch ein mit Schall oder Ultraschall beaufschlagtes Zuführteil (42b) für das Diagnose- oder Behandlungsmedium, welches in einen Arbeitkanal (32) einführbar ist.

84. Gerät nach Anspruch 83, dadurch gekennzeichnet, daß das Zuführteil (42b) hohl ist und sein Innenraum mit einer Unterdruckquelle (80) verbindbar ist.

85. Gerät nach einem der Ansprüche 1 bis 45 oder 81 bis 83, dadurch gekennzeichnet daß das Arbeitsteil (42) ein oszillierendes Bohrwerkzeug (42a) aufweist, welches vorzugsweise durch Ultraqschall angetrieben ist.

86. Gerät nach Anspruch 83, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (306, 308) zum Umspülen des Bohrwerkzeuges (42b) mit vorzugsweise abrasivem Arbeitsmedium.

87. Diagnosemedium nach Anspruch 59 oder 60, dadurch gekennzeichnet, daß es inerte Partikel enthält,

wie sie für ein Behandlungsmedium in einem der Ansprüche 67 bis 69 angegeben sind.

88. Diagnosemedium nach einem der Ansprüche 59, 60 oder 87 oder Behandlungsmedium nach einem der Ansprüche 61 bis 73, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens ein Viskositäts-Einstellmittel enthält.

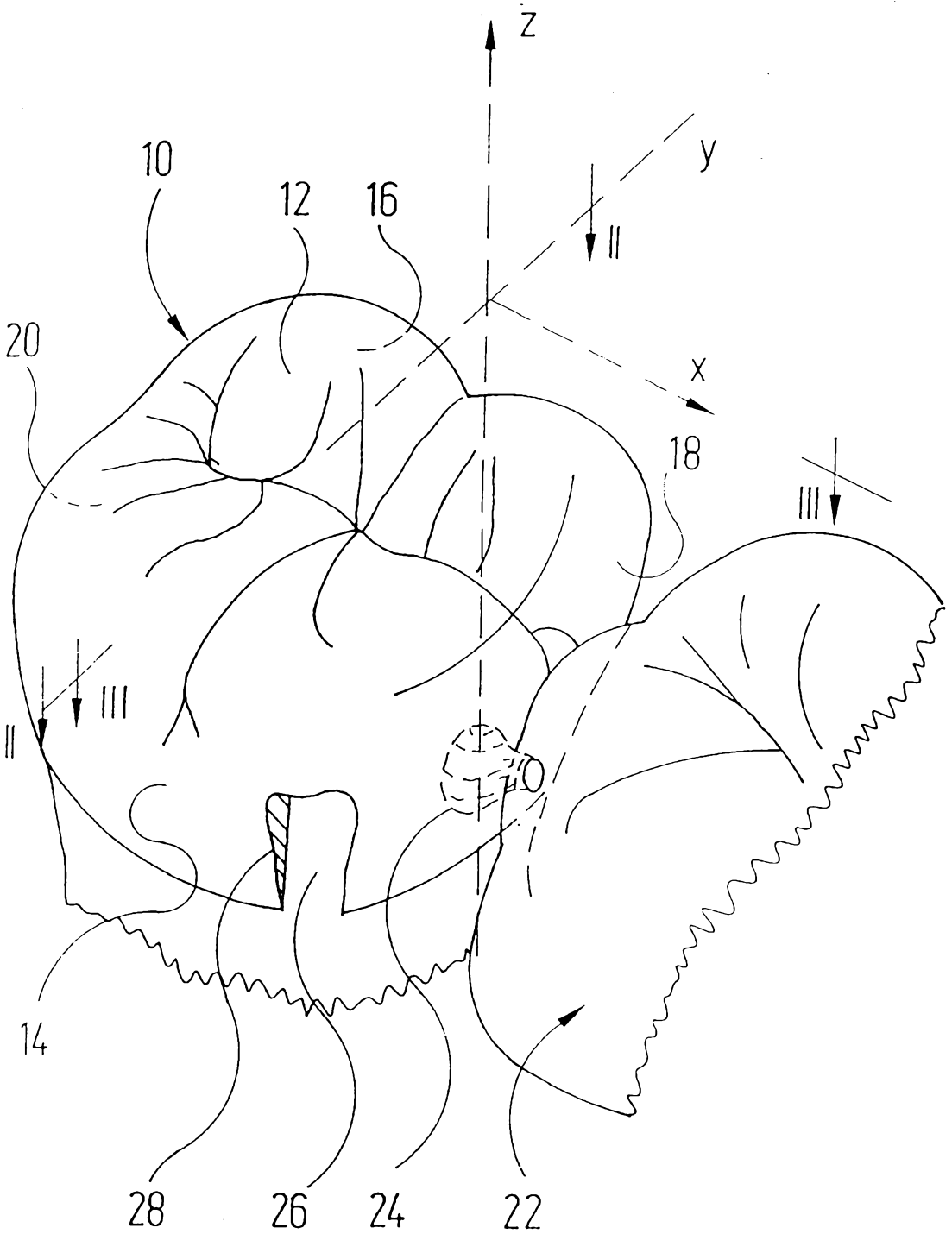


Fig. 1

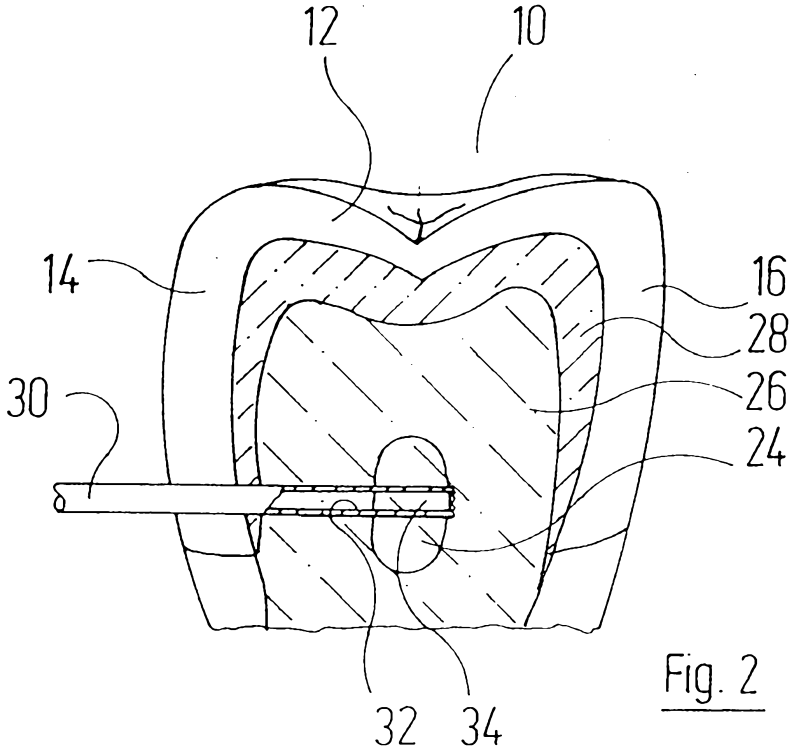


Fig. 2

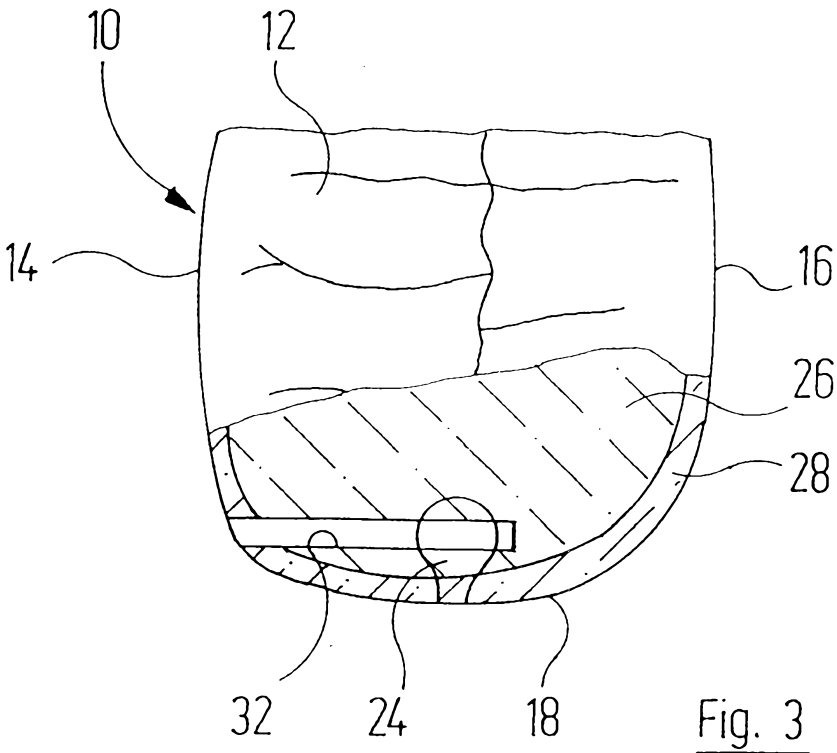


Fig. 3

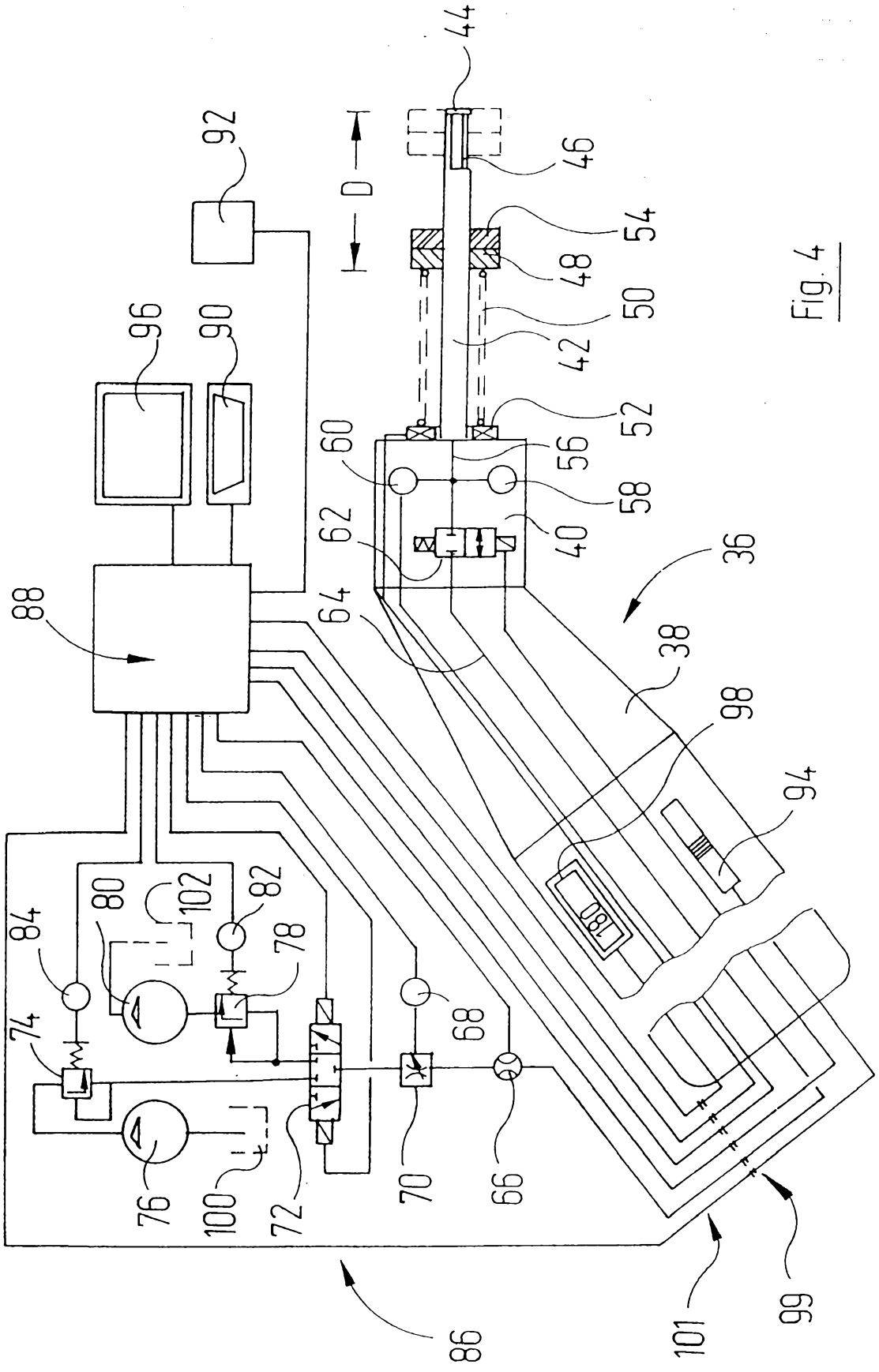

44
46
54
48
50
42
52
56
58
60
62
40
36
64
38
98
94
92
D
96
90
88
84
80
102
82
78
74
68
76
100
72
70
66
86
101
99

Fig. 4

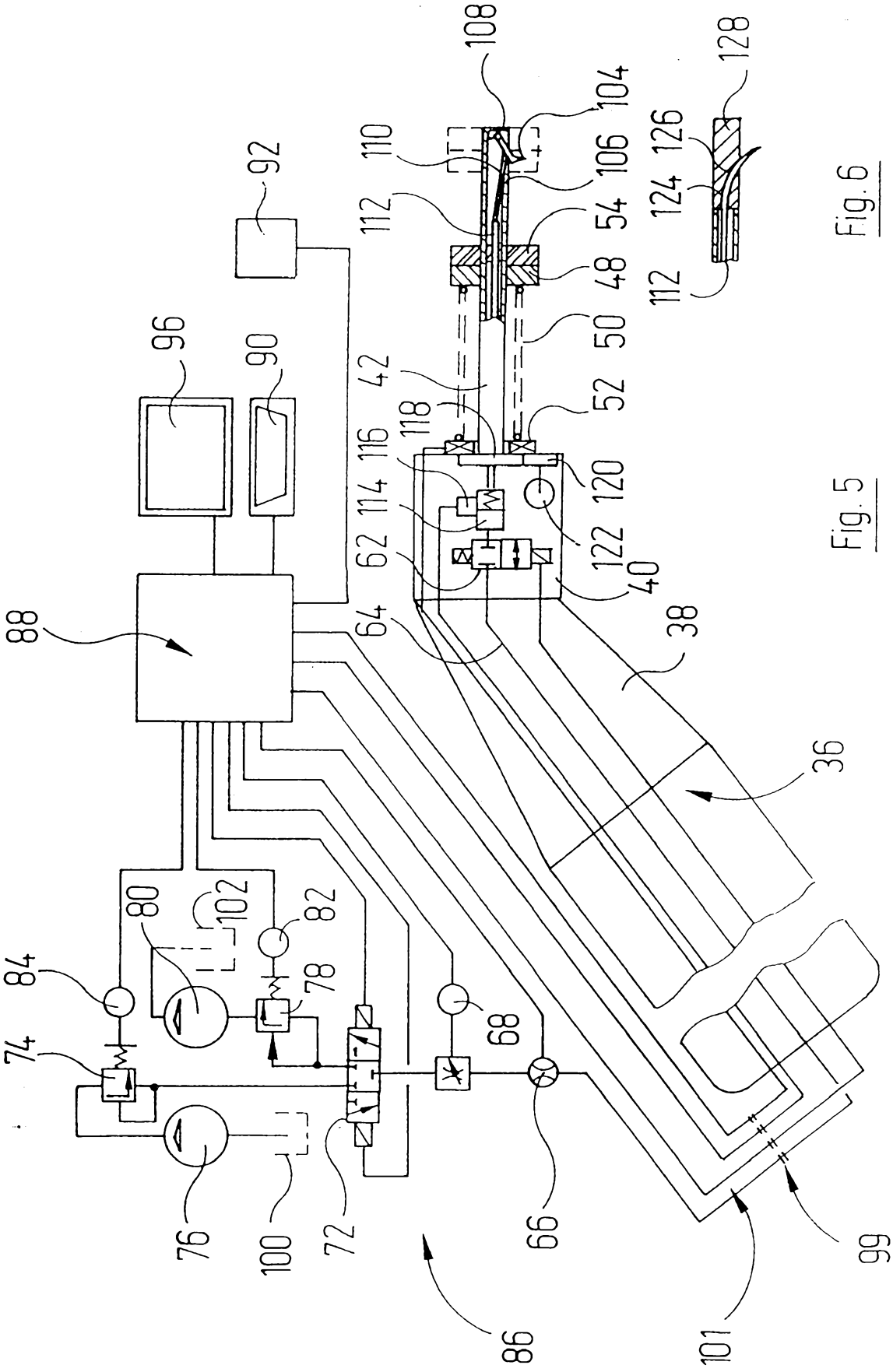

88
92
96
90
80
102
82
84
78
74
68
76
100
72
66
86
101
99
36
38
64
62
114
116
118
42
40
120
122
52
50
48
54
112
110
106
104
108
112
124
126
128

Fig. 5

Fig. 6

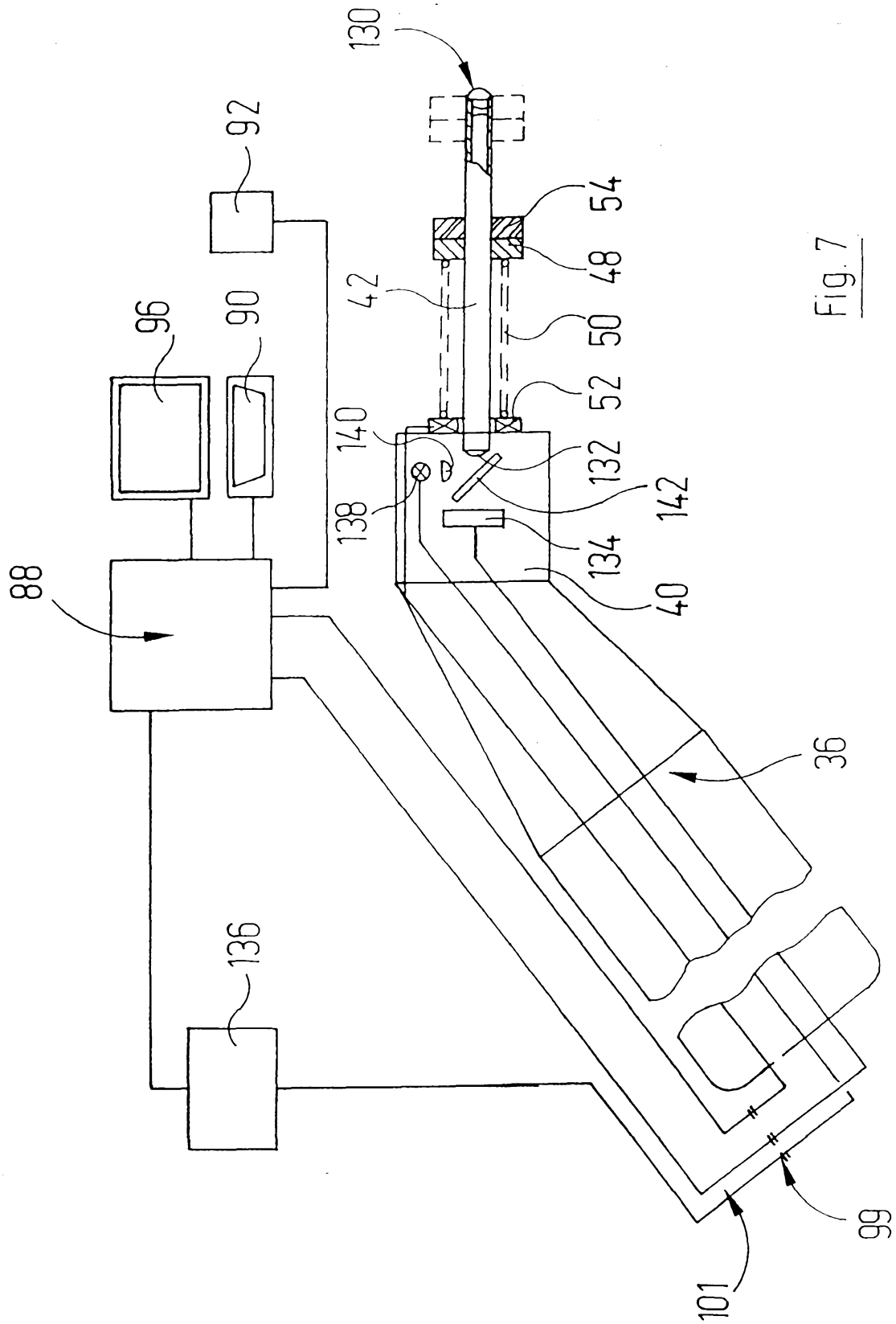


Fig. 7

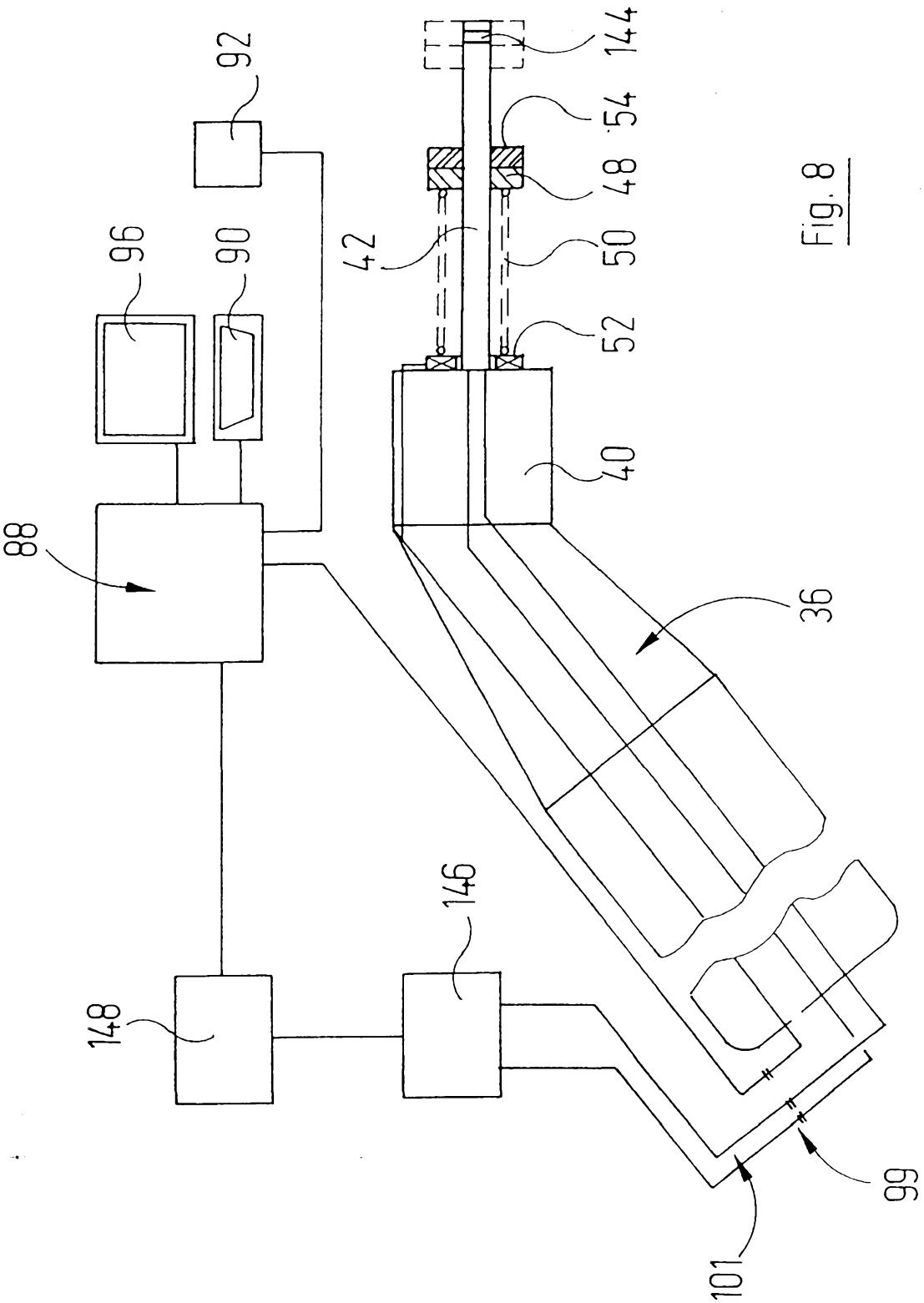


Fig. 8

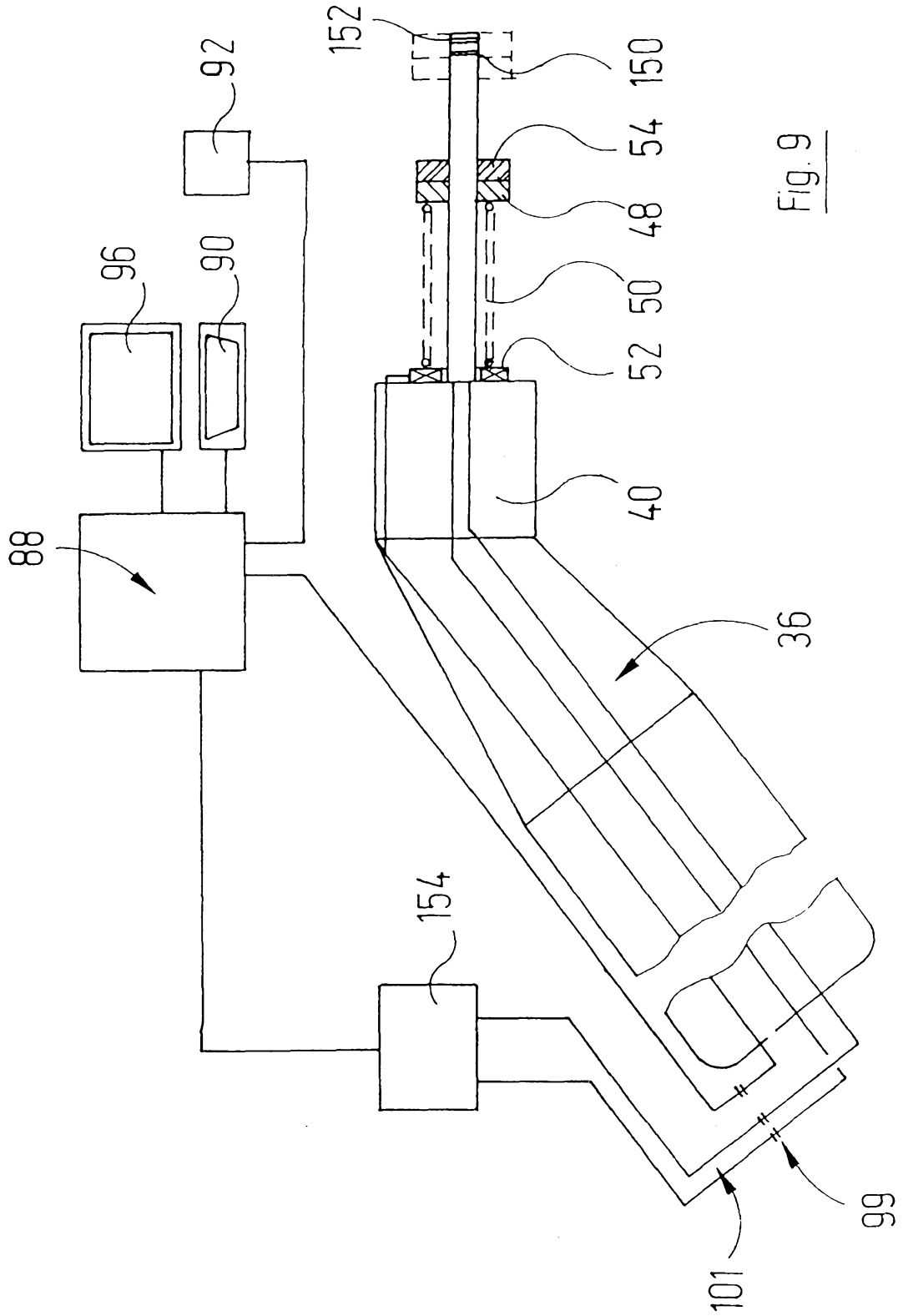


Fig. 9

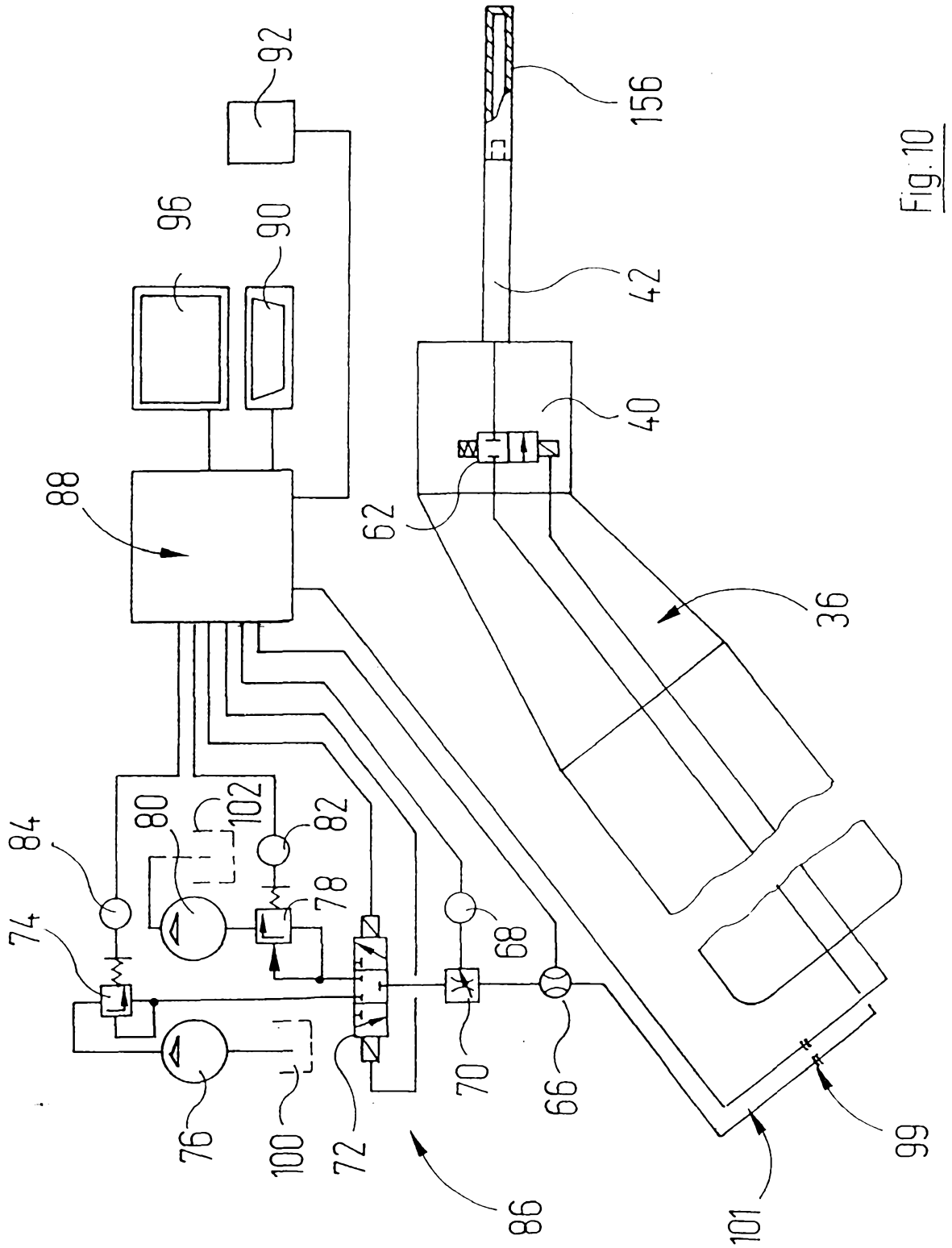

92
96
90
88
156
42
40
62
36
84
80
102
82
78
74
68
70
66
76
100
72
86
101
99

Fig. 10

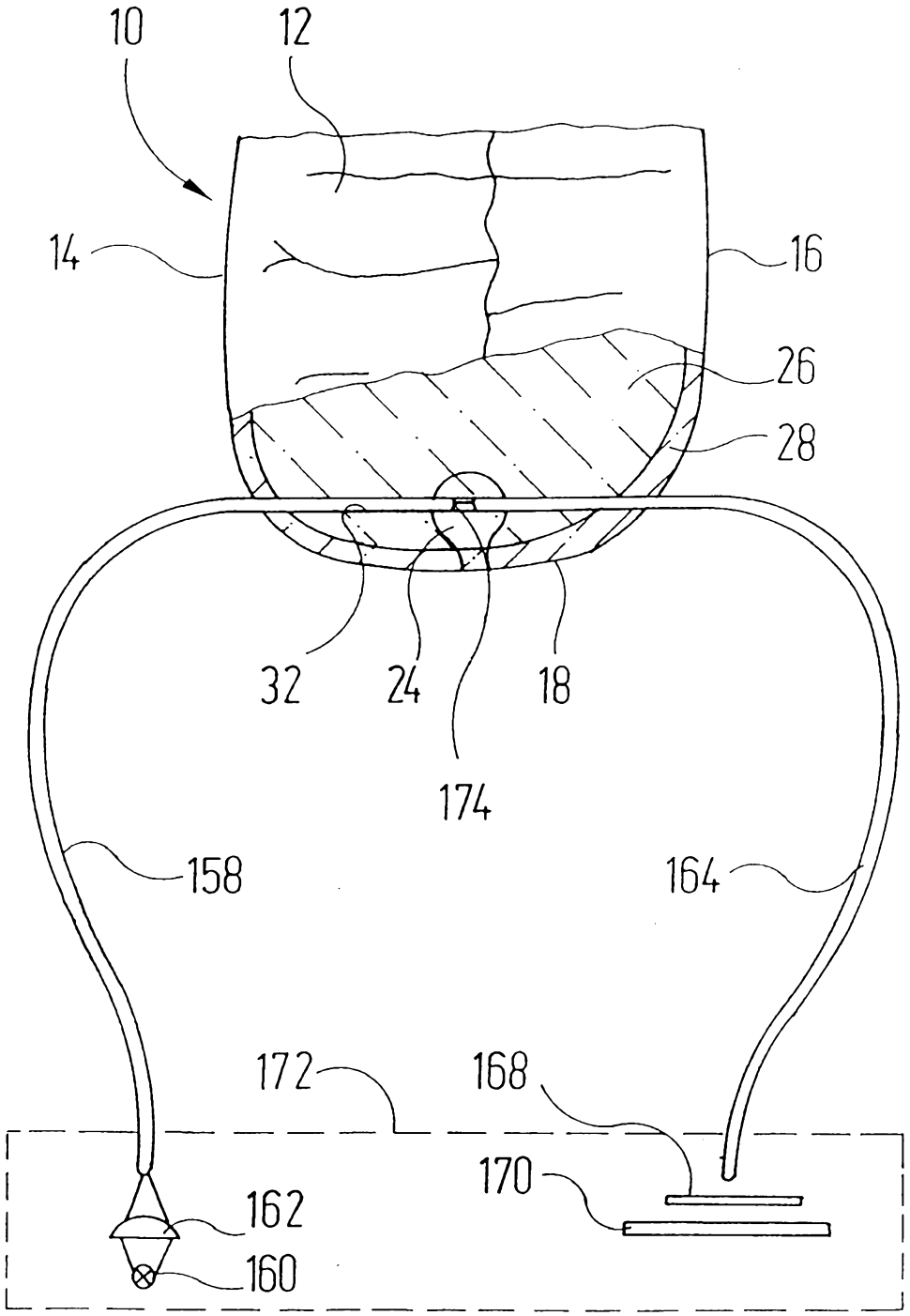


Fig. 11

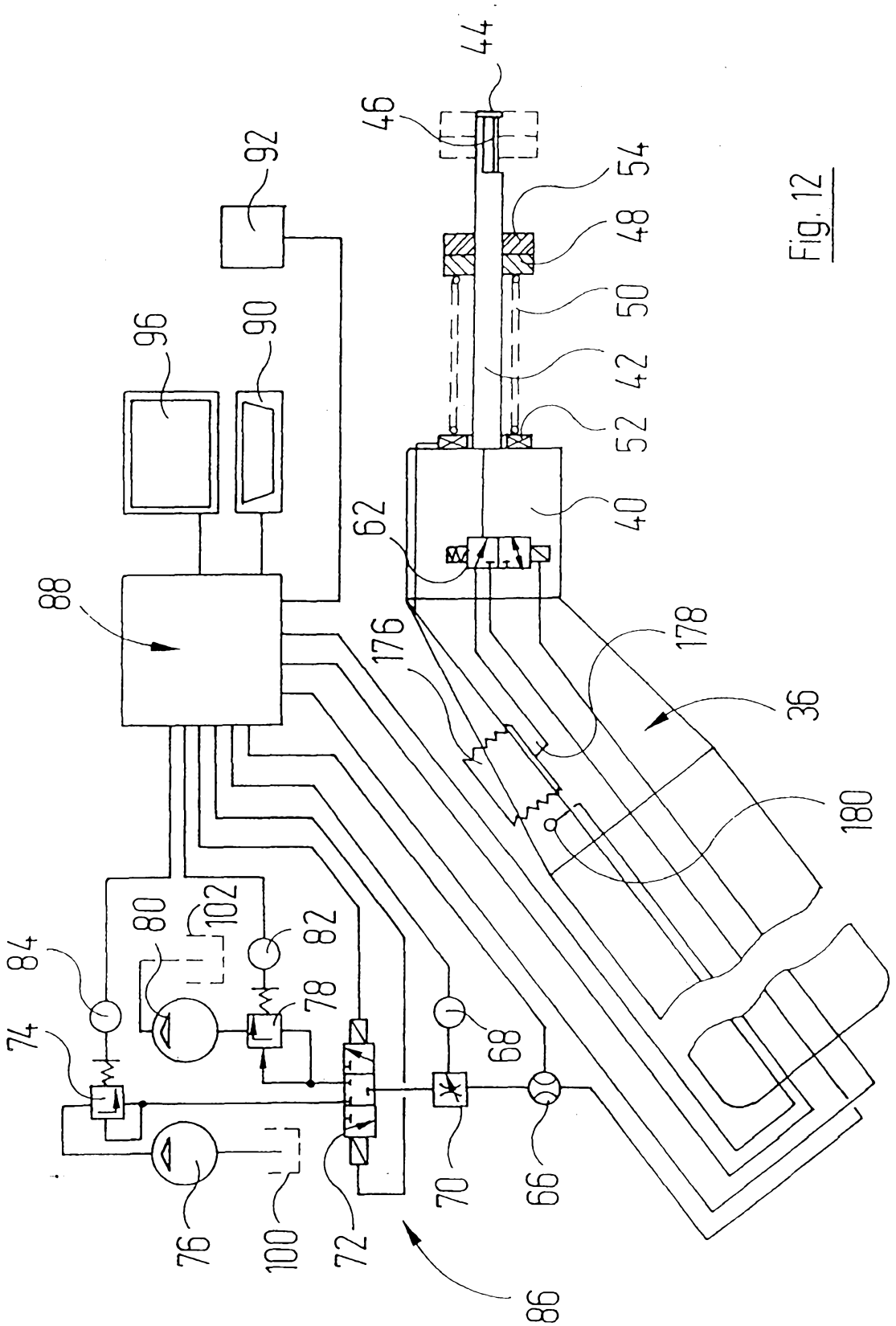

44
46
92
54
48
50
42
52
96
90
40
62
88
176
178
36
180
80
102
82
84
78
74
68
70
66
76
100
72
86

Fig. 12

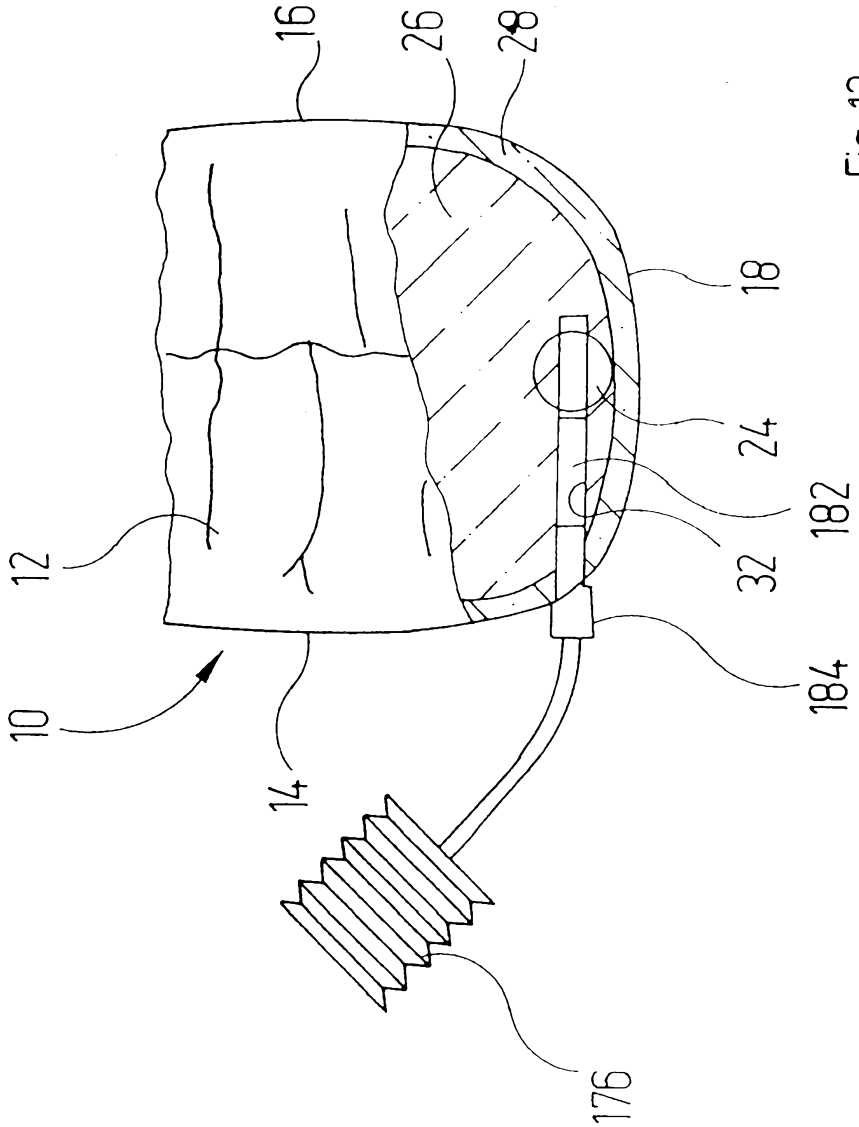


Fig. 13

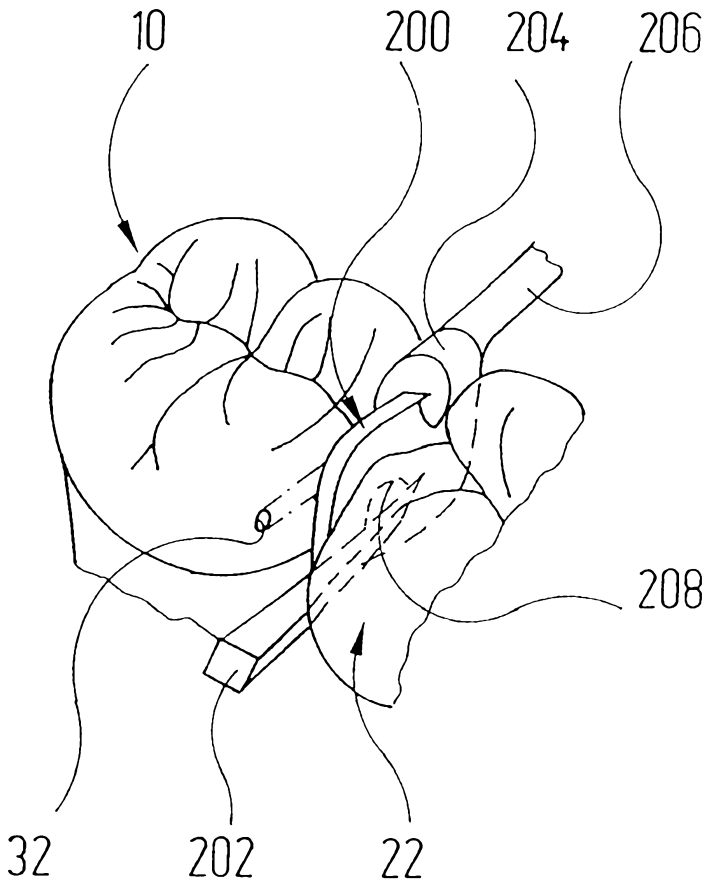


Fig. 14

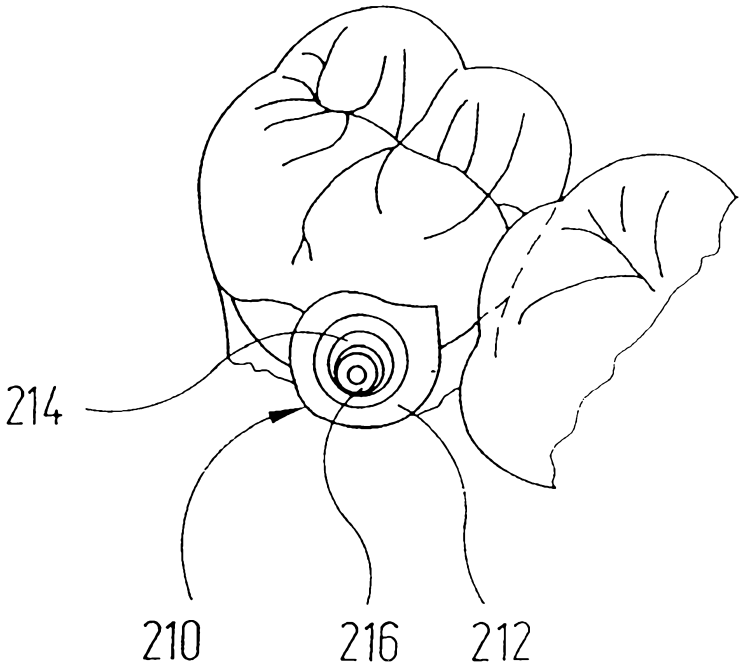


Fig. 15

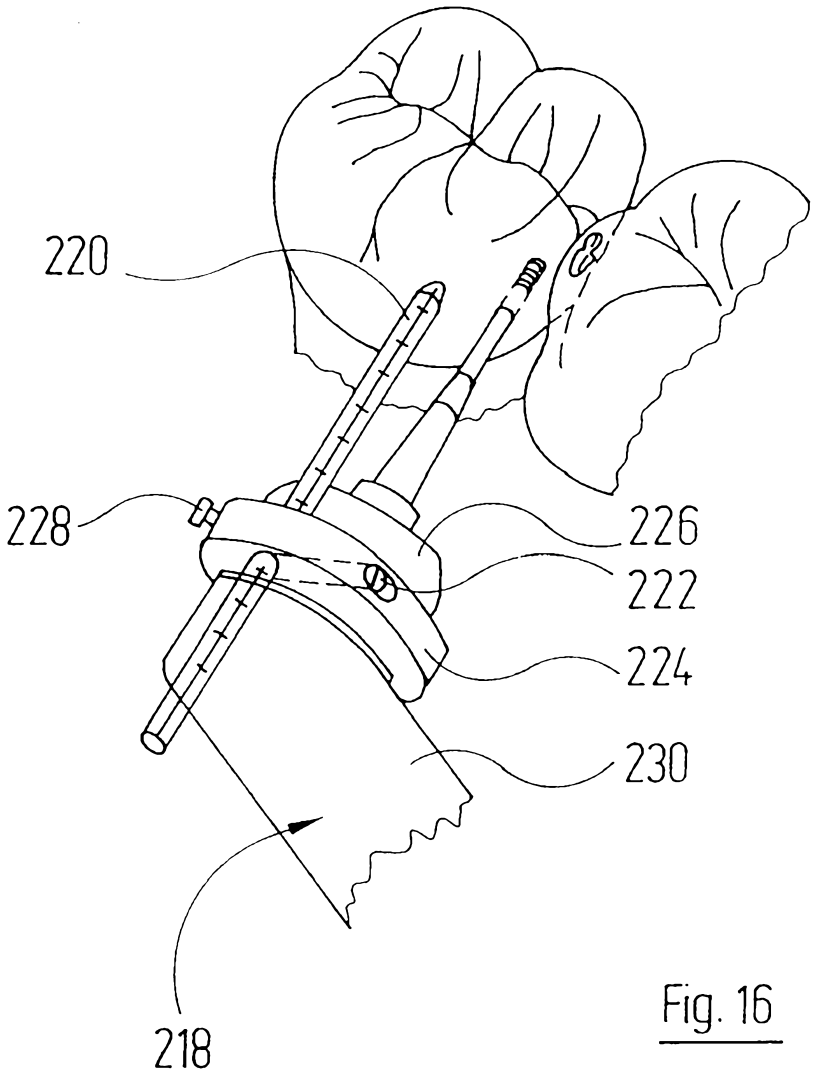


Fig. 16

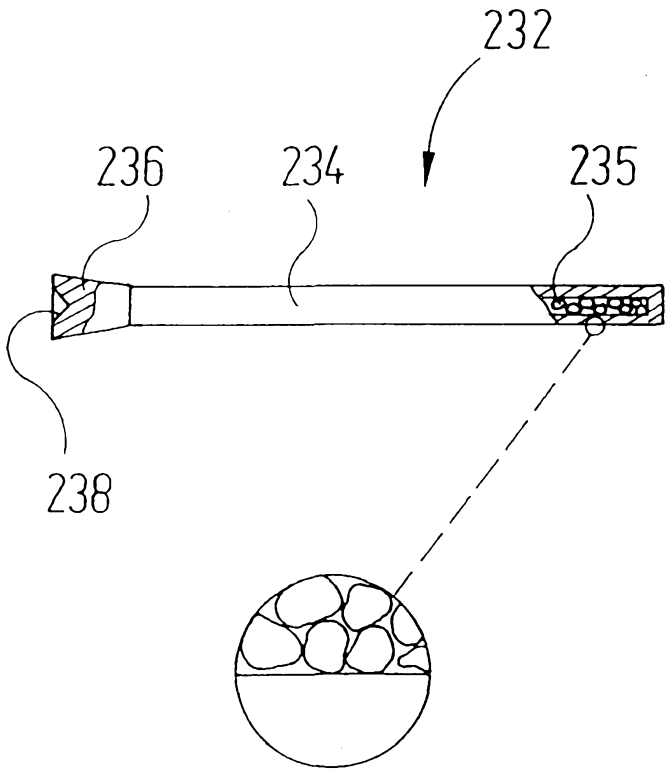


Fig. 17

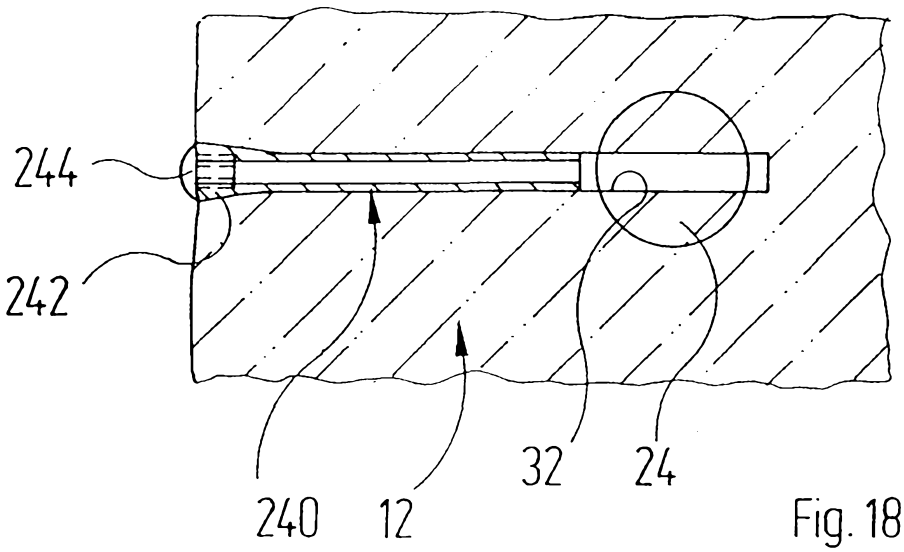


Fig. 18

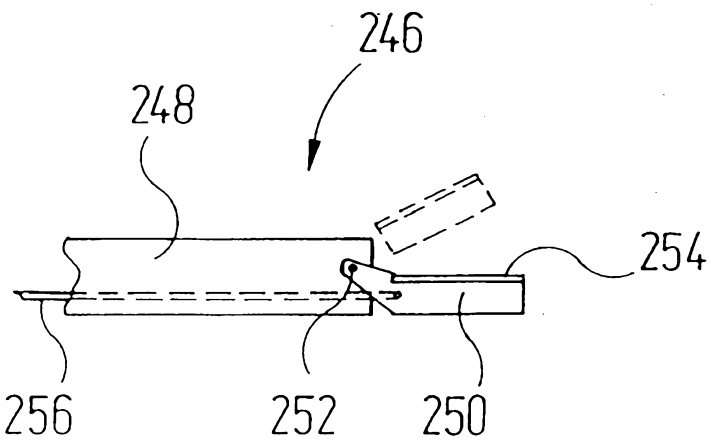


Fig. 19

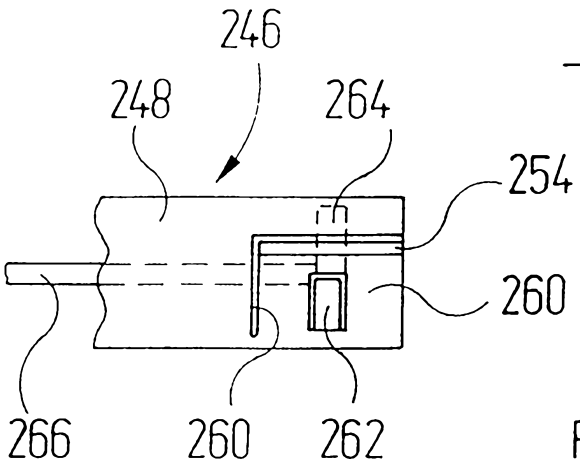


Fig. 20

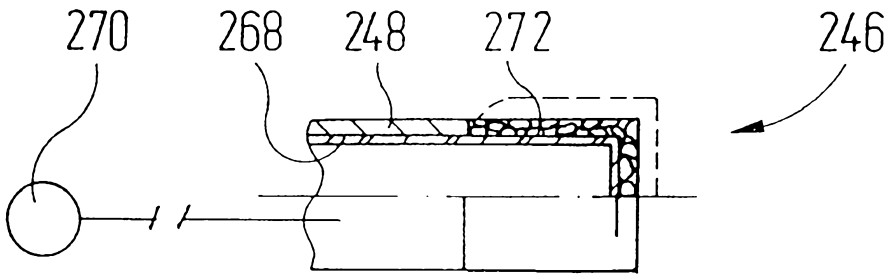


Fig. 21

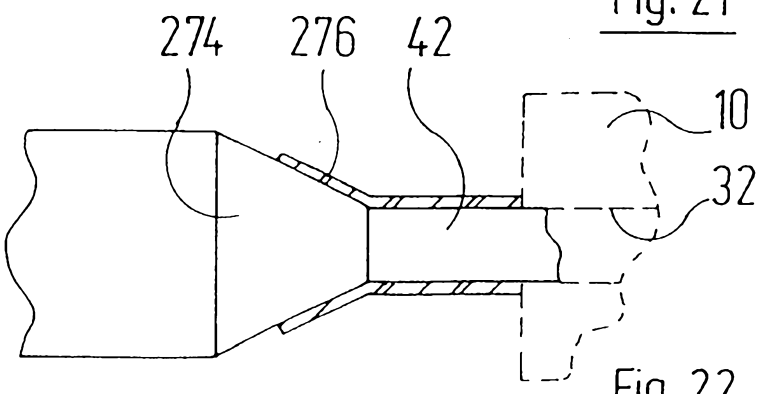


Fig. 22

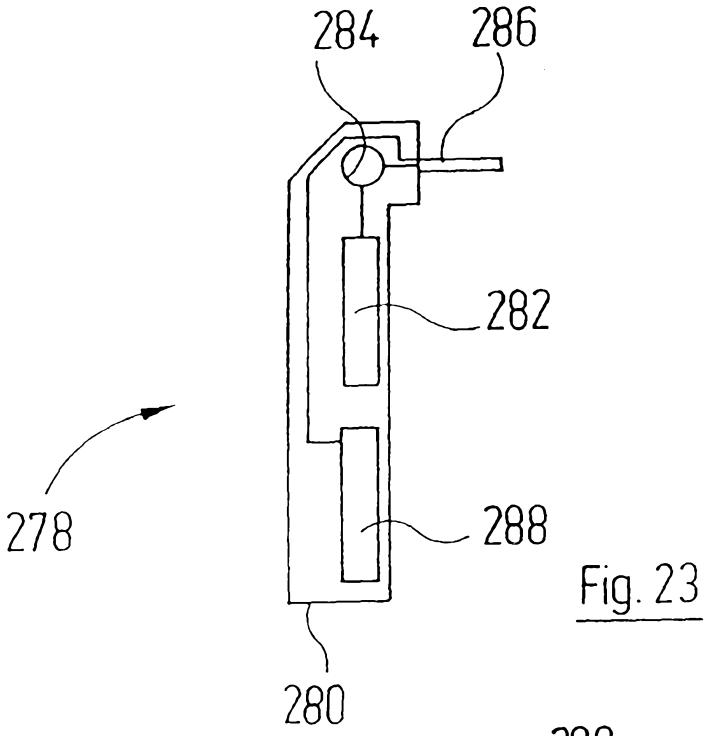


Fig. 23

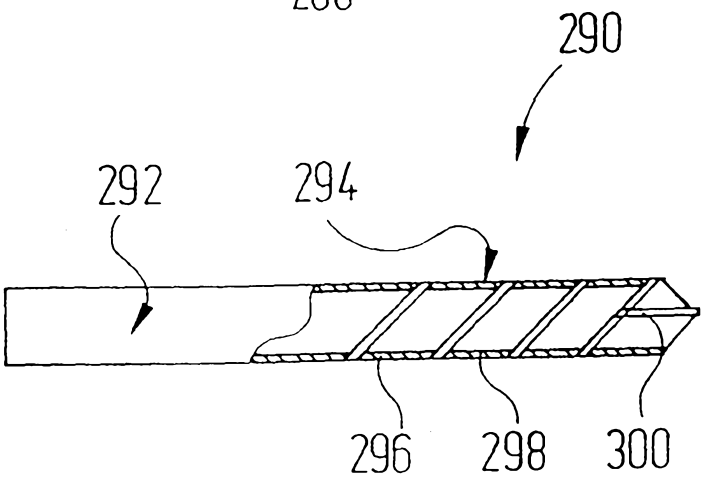


Fig. 24

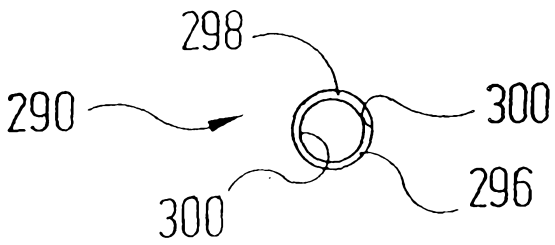
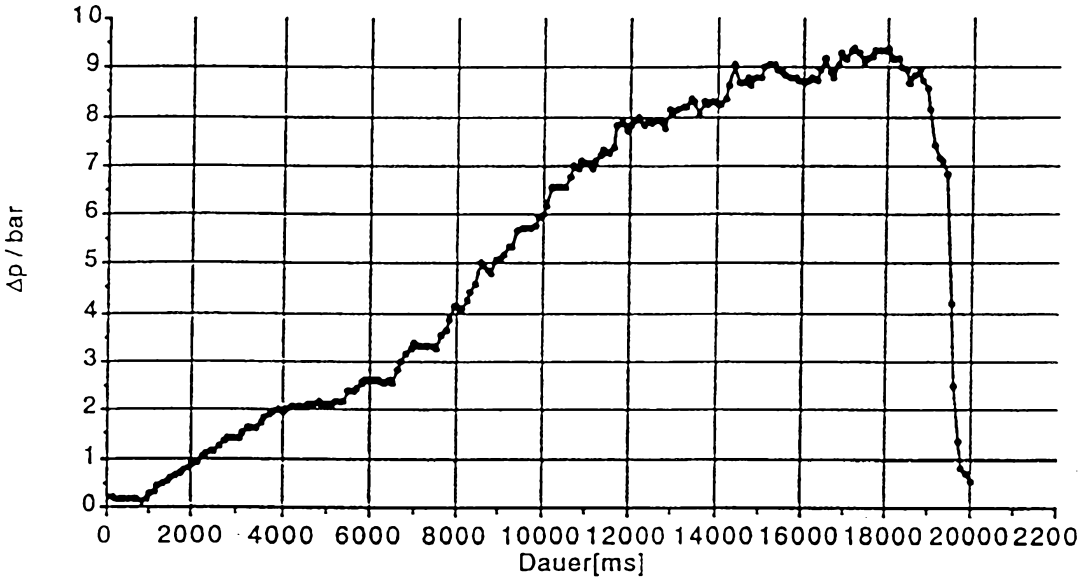


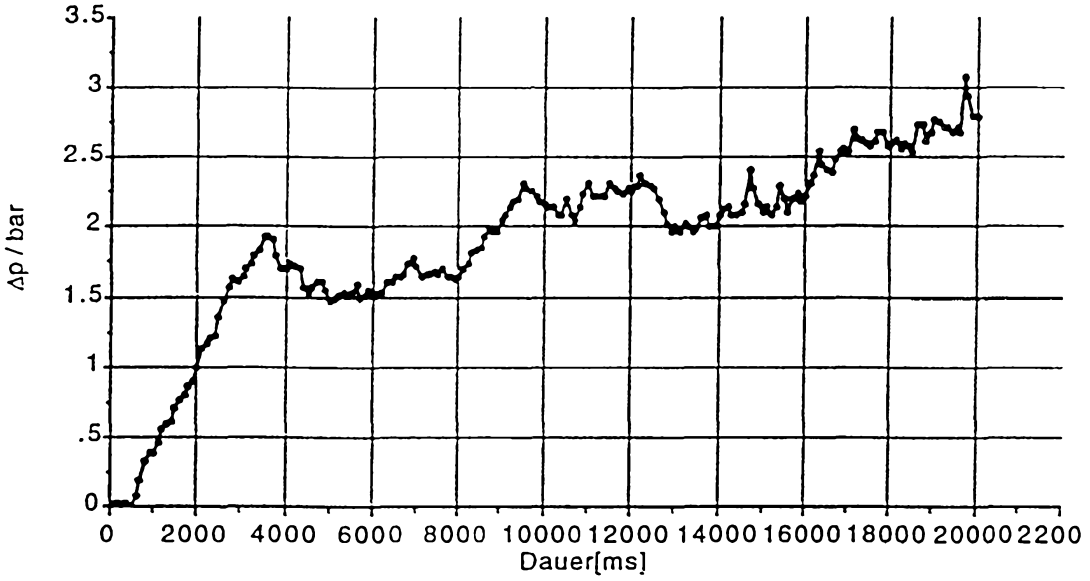
Fig. 25



Hydrodynamische Diagnostik einer vermuteten approximalen Primärkariesläsion:

Induzierbare hohe Druckdifferenz zwischen Arbeitskanal und vermuteter Approximalkariesläsion als Zeichen geringgradiger struktureller Zerstörung des fraglichen Zahnvolumenbereiches (Ende der Messung nach 18.000 ms).

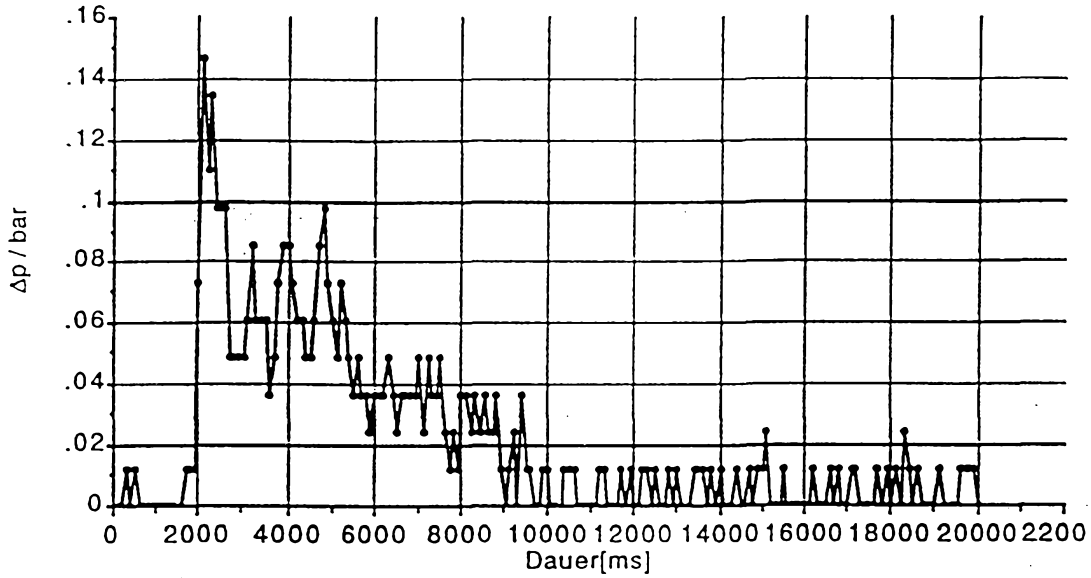
Fig. 26



Hydrodynamische Diagnostik einer vermuteten approximalen Primärkariesläsion:

Induzierbare mäßige Druckdifferenz zwischen Arbeitskanal und vermuteter Approximalkariesläsion als Zeichen mäßiger struktureller Zerstörung (Initialkaries) des fraglichen Zahnvolumenbereiches. Durch den Arbeitskanal wird ein geeignetes Behandlungsmedium in die Läsion einperfundiert und vorzugsweise eine Remineralisation zu induzieren versucht. Deren Erfolg kann einige Zeit nach dieser Behandlung in der gleichen Meßanordnung quantitativ kontrolliert werden.

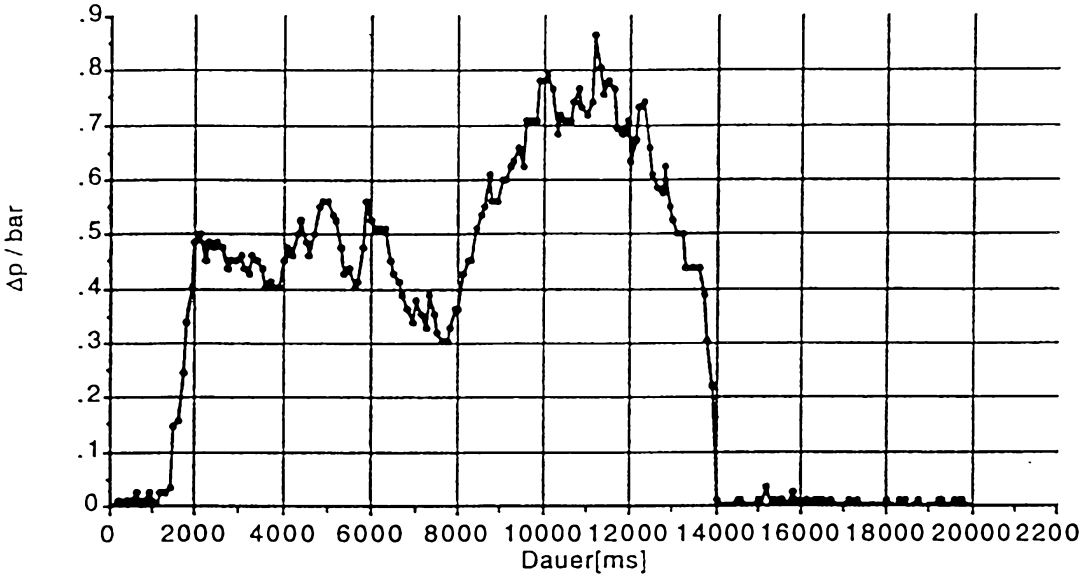
Fig. 27



Hydrodynamische Diagnostik einer vermuteten approximalen Primärkariesläsion:

Trotz hohem Volumenstrom kann keine Durckdifferenz zwischen Arbeitskanal und vermuteter Approximalkariesläsion induziert werden. Der natürliche Karieszugang ist im Sinne eine offenen Kavitation (etablierte Approximalkaries) eingebrochen; das Flüssigkeitsvolumen tritt durch den natürlichen Karieszugang in den Approximalraum aus. Durch den Arbeitskanal wird die Kariesläsion hydrodynamisch aufbereitet, die Grenzflächen chemisch konditioniert sowie das Defektvolumen und der Arbeitskanal mit einem geeigneten Füllmaterial definitiv verschlossen (reinfiltriert).

Fig. 28



Hydrodynamische Diagnostik einer vermuteten Sekundärkariesläsion unter einer bestehenden Krone:

Trotz hohem Volumenstrom kann keine Durckdifferenz zwischen Arbeitskanal, Krone und vermuteter Sekundärkariesläsion induziert werden (Ende der messung nach 14000ms). Der Randbereich der Krone ist im Sinne eine kariösen Kavitation eingebrochen. Durch den Arbeitskanal können die Kariesläsion hydrodynamisch aufbereitet, die Grenzflächen chemisch konditioniert sowie das Defektvolumen und der Arbeitskanal mit einem geeigneten Füllmaterial definitiv verschlossen (reinfiltriert) werden.

Fig. 29

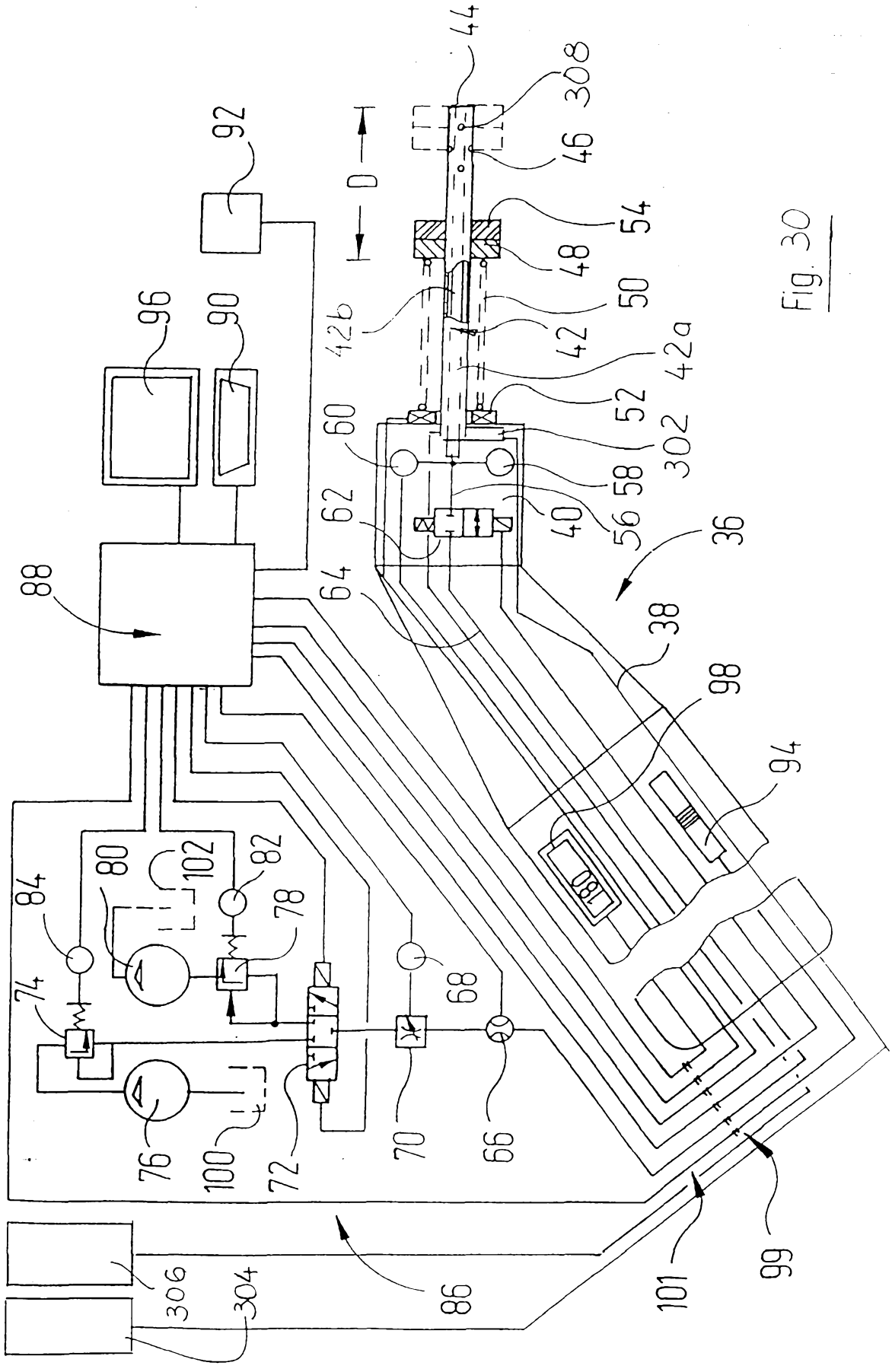

44
308
46
54
48
50
42
42a
52
302
60
58
62
40
56
36
64
38
98
94
180
88
92
D
96
90
42b
80
102
82
84
78
74
68
76
100
72
70
66
306
304
86
101
99

Fig. 30

Verfahrensablauf zur erfindungsgemäßen Behandlung von Approximalkaries

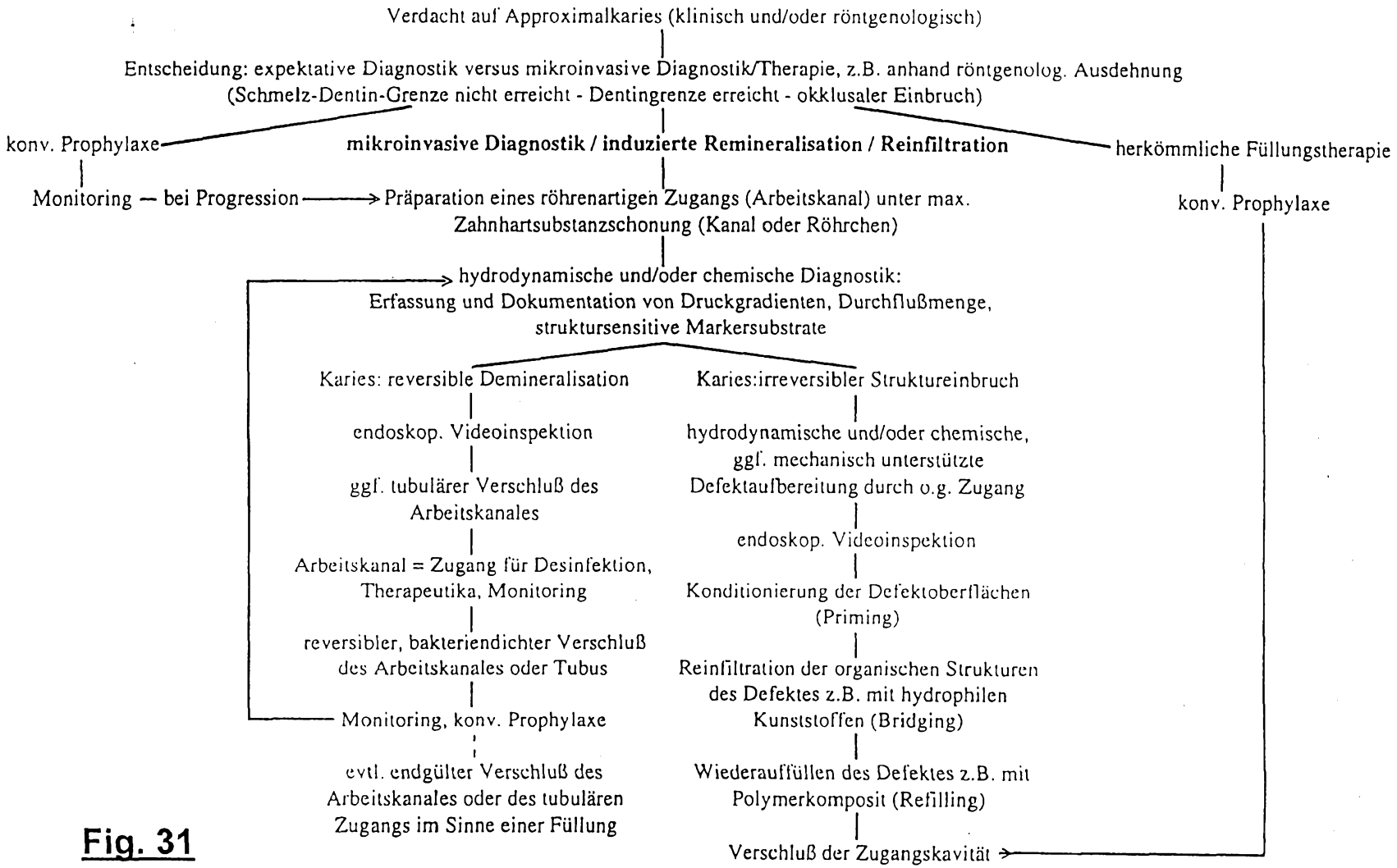


Fig. 31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/EP 98/02017

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 A61C19/04 A61C3/03

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 A61C A61B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 215 698 A (NUWAYSER ELIE S) 5 August 1980 see column 1, line 47-58 see column 4, line 7-25 see column 4, line 49-56 see column 6, line 7-11 see column 6, line 53-64 see figures	1,2,24, 32,34, 36,37, 44,61-72
A	---	14-23
X	WO 95 04506 A (PATEL BIPIN CHANDRA MULJIBHAI) 16 February 1995 see page 3, line 10-23 see page 4, line 9-22 see figure 2	1,10,30, 31,82,83
A	---	4,5
	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of box C.

[X] Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
4 September 1998	21/09/1998

Name and mailing address of the ISA	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Chabus, H

1

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter nal Application No
PCT/EP 98/02017

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication,where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 9204 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class B04, AN 92-031985 XP002076594 & SU 1 649 429 A (ODESS MEDICAL INST) , 15 May 1991 see abstract	1,28,29, 59,60, 73,87,88
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 8936 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class D21, AN 89-261605 XP002076595 & SU 1 439 507 A (OMSK MED INST) , 23 November 1988 see abstract	1,32
X	WO 95 22938 A (HAHN RAINER) 31 August 1995 see page 12, line 33 - page 13, line 2 see figures 1-3,12,16 see page 14, line 14-32 see page 16, line 12 - page 17, line 17 see page 18, line 22-33	46-51, 61-77,80
A		52-58, 78,79,85

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP 98/02017

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.

☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

..information on patent family members

Inter ..onal Application No
PCT/EP 98/02017

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4215698 A	05-08-1980	NONE	
WO 9504506 A	16-02-1995	EP 0713375 A	29-05-1996
		JP 9503932 T	22-04-1997
WO 9522938 A	31-08-1995	DE 4406323 A	07-09-1995
		AU 684341 B	11-12-1997
		AU 1812195 A	11-09-1995
		CA 2184289 A	31-08-1995
		EP 0746262 A	11-12-1996
		FI 963315 A	24-10-1996
		JP 9509344 T	22-09-1997

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter ›nales Aktenzeichen
PCT/EP 98/02017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 6 A61C19/04 A61C3/03

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 6 A61C A61B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 215 698 A (NUWAYSER ELIE S) 5. August 1980 siehe Spalte 1, Zeile 47-58 siehe Spalte 4, Zeile 7-25 siehe Spalte 4, Zeile 49-56 siehe Spalte 6, Zeile 7-11 siehe Spalte 6, Zeile 53-64 siehe Abbildungen	1,2,24, 32,34, 36,37, 44,61-72
A	---	14-23
X	WO 95 04506 A (PATEL BIPIN CHANDRA MULJIBHAI) 16. Februar 1995 siehe Seite 3, Zeile 10-23 siehe Seite 4, Zeile 9-22 siehe Abbildung 2	1,10,30, 31,82,83
A	---	4,5
	-/--	

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

[X] Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. September 1998	21/09/1998

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Chabus, H

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internales Aktenzeichen
PCT/EP 98/02017

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 9204 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class B04, AN 92-031985 XP002076594 & SU 1 649 429 A (ODESS MEDICAL INST) , 15. Mai 1991 siehe Zusammenfassung	1,28,29, 59,60, 73,87,88
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 8936 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class D21, AN 89-261605 XP002076595 & SU 1 439 507 A (OMSK MED INST) , 23. November 1988 siehe Zusammenfassung	1,32
X	WO 95 22938 A (HAHN RAINER) 31. August 1995 siehe Seite 12, Zeile 33 - Seite 13, Zeile 2 siehe Abbildungen 1-3,12,16 siehe Seite 14, Zeile 14-32 siehe Seite 16, Zeile 12 - Seite 17, Zeile 17 siehe Seite 18, Zeile 22-33	46-51, 61-77,80
A		52-58, 78,79,85

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP 98/02017

Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 1 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.
weil Sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich

2. ☐ Ansprüche Nr.
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich

3. ☐ Ansprüche Nr.
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche der internationalen Anmeldung.

2. ☒ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchengebühr gerechtfertigt hätte, hat die internationale Recherchenbehörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche der internationalen Anmeldung, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.

4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchengebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.

☐ Die Zahlung zusätzlicher Gebühren erfolgte ohne Widerspruch.

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern ales Aktenzeichen
PCT/EP 98/02017

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4215698 A	05-08-1980	KEINE	
WO 9504506 A	16-02-1995	EP 0713375 A	29-05-1996
		JP 9503932 T	22-04-1997
WO 9522938 A	31-08-1995	DE 4406323 A	07-09-1995
		AU 684341 B	11-12-1997
		AU 1812195 A	11-09-1995
		CA 2184289 A	31-08-1995
		EP 0746262 A	11-12-1996
		FI 963315 A	24-10-1996
		JP 9509344 T	22-09-1997