

### 3. Material und Methode

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Versuchszähne

Für die Durchführung der Versuche sind 90 menschliche einwurzlige Zähne verwendet worden. Die Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren wurden sofort nach der Extraktion in eine 0,9%ige Kochsalzlösung gelegt und bei Zimmertemperatur aufbewahrt.

Die Aufbewahrungslösungen der Gefäße, in denen die Lagerung stattfand, sind wöchentlich durch neue sterile Kochsalzlösungen ersetzt worden.

Alle Zähne wiesen ein abgeschlossenes Wurzelwachstum auf, waren nicht durch einen entzündlichen apikalen Prozess sichtbar verändert und waren weder im koronalen noch im Wurzelbereich offensichtlich frakturiert.

Zudem waren alle Zähne kariesfrei und nicht endodontisch vorbehandelt.

##### 3.1.2 Materialien zur Trepanation und Wurzelkanalaufbereitung

Produkt/Gerät	Hersteller	Herkunft
Diamantbohrer	Komet	D
Hedstroem-Feile	VDW	D
Gates-Glidden-Bohrer	Komet	D
Glyde <sup>®</sup>	Dentsply	USA
Einmalspritzen, 5ml	Braun	D
Endodontische Kanülen	Braun	D
Endodont. Papierspitzen	Roeko	D
FG-Winkelstück	KAVO	D
Winkelstück, grün markiert	KAVO	D
ProFile <sup>®</sup> -Feilen	Dentsply	CH

Tabelle 1

Der verwendete FG–Diamantbohrer hatte eine zylindrische Form mit einer Hohlkehle. Der Bohrer war mit einem grünen Ring markiert und hatte eine Korngröße, laut Herstellerangaben, von etwa 135 µm.

Die endodontischen Hedstroem-Feilen sind raspelartig funktionierende Instrumente zur Wurzelkanalaufbereitung. In den Versuchen wurden Feilen mit einer ISO-Größe 10 und einer Länge von 25mm verwendet, die einen Gummiring besaßen, um die Arbeitslänge zu fixieren.

Der Gates-Glidden-Bohrer ist ein maschinengetriebener, spindelförmiger Bohrer zur Erweiterung des Wurzelkanaleingangs im Rahmen einer endodontischen Behandlung.

Das Produkt GLYDE<sup>®</sup> wurde in Verbindung mit der maschinellen Aufbereitung verwendet und besitzt als Hauptbestandteil Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA). Es findet seinen Einsatz im Zuge der chemischen Kanalaufbereitung. Zum einen stellt sie ein Gleitmittel für die rotierenden Aufbereitungsinstrumente dar, und zum anderen hat die Substanz EDTA die Aufgabe, organische Verblockungen und die Schmierschicht im Wurzelkanal auf chemischem Wege aufzulösen.

Die 5ml Einwegspritze wurde zusammen mit einer Einmalkanüle zum Spülen des Wurzelkanals benutzt. Die Spülkanüle besaß ein nach unten offenes Kanülenende.

Die sterilen Papierspitzen der ISO-Größen 15 bis 40 besaßen eine Länge von 28 mm und wurden zum Trocknen der Kanäle verwendet.

Das FG-Winkelstück mit der roten Ringmarkierung und einer Übersetzung von 1:5 wurde mit einer Mikromotorleistung von 40000 U/min verwendet.

Das Winkelstück mit der grünen Ringmarkierung und einer Übersetzung von 5,4:1 wurde mit einer Laufleistung des Mikromotors von 1000 U/min betrieben. Die maschinellen Aufbereitungsinstrumente wurden mit einer

effektiven Umdrehungszahl von 185 Umdrehungen pro Minute, also im vom Hersteller angegebenen Optimalbereich zwischen 150 und 350 U/min.

Die Wurzelkanalaufbereitung erfolgte mit dem Profile<sup>®</sup>-System. Die Feilen dieses Systems sind aus einer Nickel-Titanlegierung hergestellt. Diese Legierung ist ein monokristallines Material und besteht zu etwa 56% aus Nickel und zu 44% aus Titan. Zusätzlich sind geringe, nicht quantifizierbare Mengen von Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O), Eisen (Fe), Stickstoff (N) und Wasserstoff (H) vorhanden.

Die Instrumente, welche aus dieser Legierung bestehen, sind sehr flexibel. Aufgrund ihrer Biegefähigkeit und der nicht schneidenden Spitze folgen, laut Herstellerangaben, die Feilen bei rotierender Präparation spontan dem Verlauf des Wurzelkanals. Die Konizitäten der ProFile<sup>®</sup>-Instrumente betragen entsprechend der Reihenfolge der Aufbereitung 7%, 6% und 4% und besaßen Größen, je nach Präparationsschritt von ISO 25, 30, 35 und 40.

Die Arbeitsenden der Feilen besitzen durch ihren Aufbau nur einen minimalen Kontaktbereich zwischen den Instrumenten und der Kanalwand, um so die Bruchgefahr und das Risiko, das Instrument im Kanal zu verklemmen, zu reduzieren.

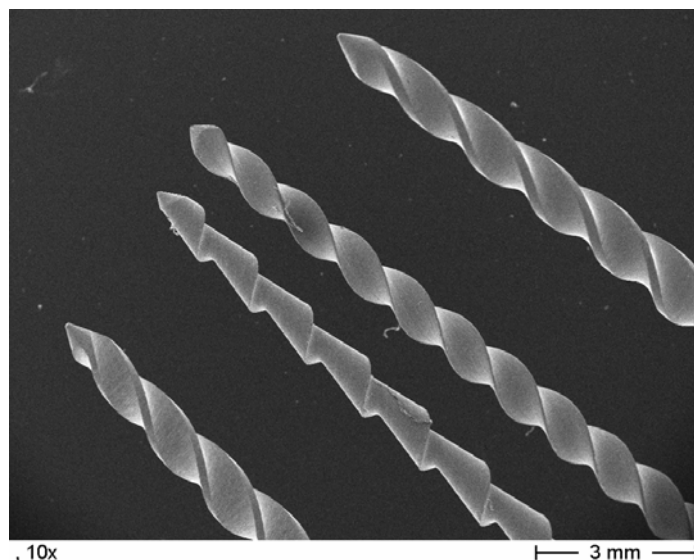


Abb. 7: Foto mittels eines Rasterelektronenmikroskops in 10 facher Auflösung

### 3.1.3 Spüllösungen

Produkt	Hersteller	Herkunft
Chlorhexameddigluconat Fluid, 0,1%	GSK	UK
Histolith <sup>®</sup> , Natriumhypochlorid 1%	Lege artis	D

Tabelle 2

Das Produkt Chlorhexamed Fluid ist eine 0,1%ige gebrauchsfertige Lösung, die unter anderem in der Endodontie als desinfizierendes Wurzelkanalspülmittel verwendet wird und zur Reduktion der Keimzahl dient. Die Lösung enthält als arzneilich wirksamen Bestandteil Chlorhexidindigluconat.

Weitere Bestandteile sind:

- Ethanol 96% (7,2Vol-% Alkohol)
- Glycerol
- Macrogolglycerolhydrostearat
- Anethol
- Nelkenöl
- Levomenthol
- Zimtöl
- Cochenillrot A (E 124)
- gereinigtes Wasser

Als weiteres Spülmittel wurde eine 1%ige Natriumhypochloridlösung (NAOCl) zum Spülen des Wurzelkanals verwendet. Die Spüllösung ist ein flüssiges Oxidationsmittel, das zur Desinfektion und Reinigung des Kanalsystems eingesetzt wird und eine gute antibakterielle Wirkung besitzt. Die reinigende Wirkung wird unter anderem durch die aufschäumende Eigenschaft des Natriumhypochlorid erzielt. Durch wiederholtes und ausgiebiges Spülen, sowie durch Belassen der Lösung im Kanal, weist die Natriumhypochlorid-Lösung eine sehr gute gewebeauflösende Wirkung auf.

### 3.1.4 Materialien zur Obturation der Wurzelkanäle

Produkt/Instrument	Hersteller	Herkunft
AH Plus <sup>®</sup> Sealer	Dentsply DeTrey	Konstanz, D
ThermaPrep <sup>®</sup> Ofen	Dentsply Maillefer	Konstanz, D
ThermaFil <sup>®</sup> Verifier	Dentsply Maillefer	Konstanz, D
Thermafil <sup>®</sup> Obturatoren	Dentsply Maillefer	Konstanz, D
Diamantbohrer	Komet	D

Tabelle 3

Der in den Versuchen verwendete AH Plus Sealer der Firma Dentsply ist ein Zweikomponentenmaterial, welches bei der Wurzelkanalfüllung benutzt wird. Die Komponenten des AH Plus<sup>®</sup> Sealers beruhen auf einer Epoxidharz-Amin-Polymer-Basis. Der Wurzelkanalzement besteht aus einer Katalysator- und Aktivatorpaste, die jeweils zu gleichen Mengen zu einer cremig-pastösen Konsistenz vermischt werden und innerhalb von 24 Stunden erhärten. Die Bestandteile der ersten Paste sind Epoxidharze, Calciumwolframat, Zirkoniumoxid, Aerosil und Eisenoxid. Die 2. Paste enthält Amine, als Aktivatoren, sowie Calciumwolframat, Zirkoniumoxid, Aerosil und Silikonöl.

Der ThermaPrep<sup>®</sup> Ofen ist ein Heizgerät mit zwei voneinander getrennt arbeitenden Heizkammern, um die Thermafil<sup>®</sup> Obturatoren zu erwärmen. Für die unterschiedlichen ISO-Größen der Obturatoren sind unterschiedliche Erwärmungszeiten notwendig, die durch Wahl-tasten für die entsprechenden ISO-Größen gewählt werden können.



Abb. 8: ThermaPrep<sup>®</sup>-Ofen mit einem Obturator Größe ISO 35 und einer Obturatorenbox

Zur Kontrolle der Kanalausmaße und zum eventuell notwendigen manuellen Revidieren des apikalen Bereiches stehen die ProFile®-Verifiers zur Verfügung. Diese manuellen Instrumente weisen eine Konizität von 4% auf und sind auf das ProFile®-System und die ThermoFil®-Obturatoren abgestimmt.

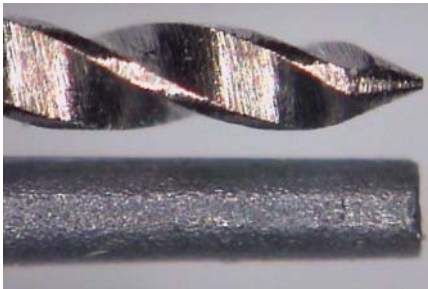


Abb. 9: Endstücke eines ProFile®-Verifiers (oben) und des Kernstiftes eines ThermoFil®-Obturators (jeweils ISO 40)



Abb.10: zwei ThermoFil®-Obturatoren; ohne Guttaperchaschicht (oben) und mit Guttaperchamantel (unten)

Die ThermoFil®-Obturatoren bestehen aus einem Kunststoffkern, der eine zum unteren Ende hin verjüngende konische Form besitzt und am oberen Ende eine Verdickung als Griff aufweist. Der untere Anteil des Kunststoffstiftes ist mit einer thermoplastischen Guttaperchaschicht überzogen. Zwischen dem Bereich der Guttaperchaschicht und dem Griff befinden sich ringartige Verdickungen auf dem Stift, die eine Fixation des Silikonstops möglich machen. Die verwendeten Obturatoren wiesen die ISO-Größen 20, 25, 30, 35 und 40 auf und besaßen alle eine Arbeitsschaftlänge von 25mm.

Der verwendete FG-Diamantbohrer hatte eine zylindrische Form und eine als roten Ring markierte „feine“ Körnung mit einer Korngröße von etwa 50 µm.

### 3.1.5 Materialien zur Probenherstellung

Produkt/Instrument	Hersteller	Herkunft
Ätzgel <sup>®</sup>	Ivoclar, Vivadent	Ellwangen, Deutschland
Excite <sup>®</sup>	Ivoclar, Vivadent	Ellwangen, Deutschland
Tetric ceram <sup>®</sup>	Ivoclar, Vivadent	Ellwangen, Deutschland
Nagellack	Jade	Deutschland
Farbstofflösung		
Trennscheibe	Komet	Deutschland

Tabelle 4

Zum Konditionieren der Schmelz- und Dentinoberfläche ist eine 37%ige Orthophosphorsäure verwendet worden. Die Säure wurde mittels einer Spritze aufgebracht und lag in Form eines Gels vor, das die Applikation, das Verbleiben und die Entfernung aus der Kavität vereinfacht.

Das Bonding Excite<sup>®</sup>, Vertreter der fünften Bondinggeneration, ist ein Einkomponentensystem, welches mit der Wet-Bonding-Technik verwendet wird. Excite<sup>®</sup> setzt sich zusammen aus:

- Hydroxyethylmethacrylat
- Bis-GMA
- Phosphorsäureacrylat
- Dimethacrylat (73,6 Gew%)
- Ethanol (25,0 Gew%)
- Hochdisperses Siliziumdioxid (0,5 Gew%)
- Katalysatoren, Stabilisatoren (0,9 Gew%)

Das verwendete Füllungsmaterial Tetric ceram<sup>®</sup> ist ein lichthärtendes Hybridcomposite und besteht aus einer organischen Matrix, einer anorganischen Matrix, die sich aus konventionellen Füllern (3-5µm) und Mikrofüllern (0,04µm) zusammensetzt, und einer Verbundphase.

Zusammensetzung:

- Bis-GMA (8,3 Gew%)

- Urethandimethacrylat (7,6 Gew%)
- Trimethylenglycoldimetzacrylat (4,3 Gew%)
- Bariumglasfüller, silanisiert (50,6 Gew%)
- Ytterbiumtrifluorid (17,0 Gew%)
- Mischoxid, silanisiert (5,0 Gew%)
- Ba-Al-Fluorsilikatglas (5,0 Gew%)
- Hochdisperses Siliziumoxid (1,0 Gew%)
- Additive (0,9 Gew%)
- Katalysatoren und Stabilisatoren (0,3 Gew%)
- Pigmente (<0,1 Gew%)

Es wurde ein handelsüblicher Nagellack verwendet, der eine kurze Trocknungszeit besitzt und eine rote Farbe aufwies.

Die Farbstofflösung war eine 5%ige Methylenblaulösung auf Wasserbasis.

Die Trennscheibe, die in Verbindung mit einem Handstück benutzt wurde, hatte eine blaue Körnungsmarkierung.

## **3.2 Methode**

### **3.2.1 Probenvorbereitung**

Alle Versuchszähne wurden zuerst auf Kariesfreiheit kontrolliert und wiesen ein abgeschlossenes Wurzelwachstum auf. Hinweise auf Wurzelfrakturen und resorbierende, entzündliche apikale Veränderungen konnten nicht festgestellt werden. Keiner der Zähne war endodontisch vorbehandelt.

An allen Zähnen wurde mit Hilfe eines FG-Winkelstücks und einem zylindrischen Diamanten eine Zugangsöffnung zum Wurzelkanal geschaffen. Die Zugangskavitäten hatten eine Ausdehnung, so dass die Wurzelkanalaufbereitung und das Füllen des Wurzelkanals ohne Behinderung durch Kavitätenwände und überstehende Pulpdachreste erfolgen konnten.



Der Eingang des Kanals wurde mit Hilfe eines Gates-Glidden-Bohrers erweitert, um einen besseren Zugang zum Kanal zu erhalten.

Eine Hedstroem-Feile der ISO-Größe 10 wurde in den Kanal und etwa 1mm über das Foramen apicale hinaus eingeführt, um so die Durchgängigkeit des Wurzelkanals zu kontrollieren und sicherzustellen.

Die Zähne wurden auf eindeutige Referenzpunkte überprüft und die Referenzen notiert, die für die Arbeitslängenbestimmung der späteren Wurzelkanalbehandlung notwendig waren. Die Arbeitslängen wurden bestimmt, indem die Hedstroem-Feile so tief in den Kanal eingeführt wurde, sodass die Spitze der Feile mit dem Foramen apicale abschloss. So konnten die Längen der Zähne vom Referenzpunkt bis zum Foramen apicale bestimmt und durch Subtraktion von 1 mm die Arbeitslänge errechnet werden.

Wie vom Hersteller des ProFile<sup>®</sup> Systems vorgegeben, erfolgte die Aufbereitung mit der Crown-Down-Technik von koronal nach apikal.

Die ProFile<sup>®</sup>-Instrumente wurden in Verbindung mit einem grünen Winkelstück (Kavo, D) verwendet. Die erste Feile wies eine Konizität von 7% und eine ISO-Größe von 50 auf und wurde verwendet, um eine gleichmäßige Erweiterung der Zugangsöffnung des Wurzelkanals zu erreichen.

In absteigender Reihenfolge der ISO-Größen von 40, 35, 30, 25 und 20 wurden die Präparationsfeilen mit einer Konizität von 6% verwendet, bis die Arbeitslänge erreicht war. Die Präparation des Kanals erfolgte in gleichmäßigen Vor- und Rückwärtsbewegungen, ohne Kraftaufwand in apikaler Richtung. Mit jedem Instrument wurde maximal 5 bis 10 Sekunden aufbereitet. Die apikale Erweiterung erfolgte unter Zunahme der ISO-Größen mit Feilen, die eine Konizität von 4% aufwiesen. Die verwendeten Feilen besaßen in aufsteigender Reihenfolge die ISO-Größen 20, 25, 30, 35 und 40. Während der gesamten Wurzelkanalaufbereitung wurde nach jedem Instrumentenwechsel ausgiebig zuerst mit 1%iger Natriumhypochlorid-Lösung und dann mit CHX gespült, um zum einen eine chemische Keimreduktion zu erreichen und zum anderen die infizierten Dentinspäne aus dem Kanal zu entfernen. Nach erfolgter Aufbereitung wurde die Durchgängigkeit des Kanals mit einer Hedstroem-Feile der ISO-Größe 10 erneut überprüft.

Nach erfolgter Wurzelkanalaufbereitung wurden die Zähne bis zur weiteren Probenherstellung in steriler 0,9%iger Natriumchloridlösung gelagert.

### 3.2.2 Versuchseinteilung

Die gesamten Versuchszähne wurden randomisiert in 5 Versuchsgruppen aufgeteilt, die aus jeweils 18 Proben bestanden.

Die auf die ISO-Größe 40 aufbereiteten Proben wurden mit unterschiedlichen Thermafil<sup>®</sup>-Obturatoren gefüllt. Die Zähne der ersten Versuchsgruppe, die als Kontrollgruppe diente, wurden nach Herstellerangaben mit Obturatoren der ISO-Größe 40 gefüllt.

In absteigender Reihenfolge nahmen die ISO-Größen der Obturatoren der Gruppen 2, 3, 4 und 5 ab.

Versuchsgruppen:

Versuchsreihe	ISO-Größe
1.Kontrollgruppe	ISO 40
2.Gruppe	ISO 35
3.Gruppe	ISO 30
4.Gruppe	ISO 25
5.Gruppe	ISO 20

Tabelle 5

### 3.2.3 Probenherstellung

Die endodontisch aufbereiteten Zähne wurden zum Versuchsbeginn aus der isotonen Natriumchloridlösung entnommen und die Kanäle mit ISO-genormten Papierspitzen getrocknet. Anschließend sind die Thermafil<sup>®</sup>-Obturatoren auf die Arbeitslängen der entsprechenden Zähne abgemessen und mit Hilfe eines Silikonrings fixiert worden. Daraufhin ist der Sealer nach Herstellerangaben zu gleichen Anteilen Basispaste und Katalysatorpaste gemischt und in geringer Menge mit Hilfe einer Hedstroem-Feile in den Kanal eingebracht und an der Kanalwand verteilt worden.

Dann wurden die Thermafil<sup>®</sup>-Stifte in den Heizkammern des Thermaprep<sup>®</sup> - Ofens erwärmt. Nach ertöntem Signal sind die vollständig erwärmten Obturatoren aus der Halterung des Ofens genommen worden und wurden bis zur Arbeitslänge zahnachsengerecht in den Kanal eingeführt. Anschließend wurden die aus dem Kanal herausragenden erkalteten Obturatorenanteile mit Hilfe eines Thermacut<sup>®</sup>-Bohrers in Höhe des Kanaleingangs abgetrennt. Die überschüssige Guttapercha wurde mittels eines Handexkavator von den Kavitätenwänden entfernt.

Dann wurde die Kavität mit der „Total-Etch“ Säure-Ätz-Technik und der Totalbonding-Technik vorbehandelt. Schmelz und Dentin wurden mit einer 37%igen Phosphorsäure in einem Schritt für 45 Sekunden angeätzt und die Säure mit ausreichend Wasser abgespült. Die gering feuchte Zahnoberfläche wurde mit dem Excite<sup>®</sup>-Bonding bestrichen, das Bonding mit der Unispritze geringfügig verblasen und dann für 30 Sekunden lichtgehärtet. Die koronalen Zahnkavitäten sind dann mit Hilfe der IN-CREMENT-Technik mit einem Hybridcomposite gefüllt worden, dessen Schichten für 45 Sekunden lichtgehärtet wurden. Anschließend ist die Zahnoberfläche mit einem handelsüblichen farbigen Nagellack dicht bestrichen worden. Ausgenommen vom Nagellack wurde der Bereich 1 Millimeter um den Apex herum, um das Foramen apicale nicht zu verschließen und so eine Farbstoffpenetration nicht zu verhindern. Nach einer einwöchigen Aufbewahrung der Proben in isotoner Natriumchloridlösung, um das vollständige Abbinden des Sealers zu gewährleisten, sind abschließend die Proben für 2 Wochen in 5%iger Methylenblaulösung liegend und verschlossen bei Zimmertemperatur gelagert worden.

### **3.2.4 Mikroskopische Beurteilung**

Alle Proben wurden für eine qualitative Analyse unter einem Stereoaufsichtlichtmikroskop (VEB Carl Zeiss, Jena) begutachtet.

Nach 14 Tagen wurden die Proben der Lösung entnommen und luftgetrocknet. Dann sind die Zähne mit Hilfe einer diamantierten Trennscheibe für die mikroskopische Begutachtung vorbereitet worden.

In Abhängigkeit von der individuellen Lage des Foramens apicale, welches sich zur Beurteilung auf der Schliffebene befinden muss, wurden die Wurzeln in Längsrichtung trocken geschliffen.

Die Schliffebene wurde derart gewählt, damit im Querschnitt die Schichten Kanalwand, Sealer, Guttapercha und Kunststoffmasterpoint erkennbar waren. Die Proben wurden auf dem Objektträger des Mikroskops mit Pink-Wachs fixiert, damit eine individuelle Ausrichtung für die vertikale mikroskopische Betrachtung möglich war.

Für die Analyse wurde ein verändertes Objektiv verwendet, welches ein genormtes Raster besaß. Dieses Raster bestand aus Quadraten, deren Kantenlängen abhängig von der Vergrößerung unterschiedliche Abmessungen aufwiesen. Mit Hilfe des rotierbaren Rasterobjektivs konnten die Schliffproben im Mikroskop zahnachsengerecht ausgerichtet werden und so die Penetrationstiefen anhand der Vergrößerungsverhältnisse eindeutig und präzise bestimmt werden. Die Kantenlängen der Rasterquadrate in Abhängigkeit von der Mikroskopvergrößerung sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

<b>Vergrößerung</b>	<b>Seitenlängen des Quadrates in <math>\mu\text{m}</math></b>
1	500
2	250
4	125
5	100

Tabelle 6

Während der mikroskopischen Untersuchung wurde das Raster auf die Proben derart projiziert, so dass die Penetrationstiefen der Methylenblaulösung entlang der Kanalwände durch Addition der Quadrate bestimmt werden konnten.



Abb. 11: Stereoauflichtmikroskop  
der Firma „VEB Carl Zeiss, Jena“

### 3.2.5 Makroskopische Beurteilung

Unmittelbar nach der Obturation der Wurzelkanäle wurden die Zähne begutachtet. Die Proben sind dahingehend untersucht worden, ob und welches Wurzelkanalmaterial überpresst wurde. Die Einstufungen der Extrusionsparameter wurden zur einfacheren Klassifizierung so eingeteilt, dass eine Differenzierung zwischen positiver oder negativer Überpressung stattfand.

Zudem ist die Art des überpressten Materials eingestuft worden. Die Materialbeurteilung, ob reine Guttapercha, nur Sealer oder als Kombination beide Materialien überpresst wurden, ist in der Tabelle 8 aufgeführt.

### 3.2.6 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung der Werte erfolgte mit dem Statistikprogramm SPSS 11.0. (SPSS Inc., Chicago).

Folgende Tests kamen zur Anwendung:

Einfache Varianzanalyse ANOVA

Tukey's Studentized Range Test

Bonferroni Holm Analyse

Für jede Versuchsgruppe wurde aus den einzelnen Penetrationsergebnissen der statistische Mittelwert und die Standardabweichung errechnet