

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Tübingen**

**Abteilung Poliklinik für Kieferorthopädie
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. Dr. G. Göz**

**Messfehleranalyse der Okklusion und ihrer
prozentualen Kraftverteilung in der maximalen
Interkuspitation
mit Hilfe des T-Scan III**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Anna Lena Ise Kläs**

**aus
Düsseldorf**

2011

Dekan:

Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter:

Professor Dr. Dr. G. Göz

2. Berichterstatter:

Professor Dr. J. Geis-Gerstorfer

Für
Laura, Bärbel und Hannes

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	III
1. EINLEITUNG.....	1
1.1 KLINISCHE METHODEN ZUR OKKLUSIONSDARSTELLUNG.....	1
1.2 OKKLUSION UND OKKLUSIONSKONZEPTE	4
1.3 OKKLUSIONSTHEORIEN	5
1.4 DAS T-SCAN-SYSTEM.....	6
1.5 ZIEL DER ARBEIT	6
2. MATERIAL UND METHODEN.....	7
2.1 PROBANDEN UND MATERIAL	7
2.1.1 STUDIENPOPULATION.....	7
2.1.2 BESCHREIBUNG DES T-SCAN III-MESSSYSTEMS.....	9
2.1.2.1 HARDWARE	9
2.1.2.2 SOFTWARE	11
2.1.2.2.1 T-SCAN-SOFTWARE.....	11
2.1.2.2.2 MICROSOFT EXCEL.....	13
2.1.2.2.3 STATISTISCHE SOFTWARE	13
2.1.2.3 MÖGLICHE FEHLERQUELLEN BEI DER MESSAUFNAHME	14
2.2 METHODEN	16
2.2.1 VORBEREITUNG DER MESSUNG	16
2.2.1.1 DOKUMENTATION.....	16
2.2.1.2 AUSWAHL DER SENSORFOLIENGRÖÖE	16
2.2.1.3 ANLEGEN DES PATIENTEN IN DIE PATIENTENDATENBANK.....	17
2.2.1.4 KALIBRIERUNG DES T-SCAN III.....	17
2.2.1.5 VORBEREITUNG DES PROBANDEN FÜR DIE MESSUNG	18
2.2.2 MESSUNG: AUFZEICHNUNGSPHASEN.....	19
2.2.2.1 ERSTE MESSPHASE (FOLIE 1)	19
2.2.2.2 FOLIENWECHSEL	19
2.2.2.3 ZWEITE MESSPHASE (FOLIE 2)	19

Inhaltsverzeichnis

2.2.3 NACHBEREITUNG DER MESSUNG	20
2.2.3.1 ENTFERNEN DES T-SCAN III-HANDSTÜCKES	20
2.2.3.2 KONVERTIERUNG DER MESSDATEN	20
2.2.4 AUSWERTUNG DER MESSDATEN	20
2.2.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG	21
2.2.5.1 MESSFEHLER NACH BLAND UND ALTMANN	22
2.2.5.2 KRUSKAL-WALLIS-RANGSUMMEN-TEST.....	22
2.2.5.3 WILCOXON-RANGSUMMEN-TEST.....	23
3. ERGEBNISSE.....	24
3.1 ERGEBNISSE MESSFEHLER	24
3.2 EINFAKTORIELLE ANALYSE DER MESSWERTE.....	26
3.3 EINFLUSS FOLIENWECHSEL	43
3.4 ERGEBNISSE FOLIENDICKENMESSUNG.....	44
4. DISKUSSION	45
4.1 DISKUSSION DER METHODE.....	45
4.2 DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	47
4.3 DISKUSSION DER FEHLERQUELLEN.....	48
4.4 DISKUSSION DER ANWENDUNGSGEBIETE	50
4.5 SCHLUSSFOLGERUNG	52
5. ZUSAMMENFASSUNG	53
6. LITERATURVERZEICHNIS	55
7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS	59
8. ANHANG.....	60
8.1 PROBANDENINFORMATION.....	60
8.2 EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG	61
8.3 UNTERSUCHUNGSBOGEN	62
DANKSAGUNG	64
LEBENS LAUF	66

1. Einleitung

Die Darstellung der Okklusionskontakte eines Patienten sowie deren Analyse ist täglicher Gegenstand der klinischen Arbeit jeden Zahnarztes.

Die Kenntnis dieser okklusalen Verhältnisse ist Voraussetzung für den Behandlungserfolg, sowohl in der konservierenden Zahnheilkunde bei der Füllungstherapie und der Behandlung parodontaler Erkrankungen als auch in der Prothetik beim Eingliedern neuen Zahnersatzes sowie in der kieferorthopädischen Behandlung zur Analyse der Kieferlagebeziehungen und Bissituationen. Mit der weit verbreiteten Okklusionsfolie ist die Darstellung von Vor- oder Frühkontakten sowie Überlastungen bisher stark limitiert, da der zeitliche Aufbau der Okklusion und deren Kraftverteilung lediglich abgeschätzt werden können. Oft wird fälschlicherweise eine große, dunkle Okklusionsmarkierung als hohe Kraft und eine kleine, schwache Markierung als niedrige Kraft interpretiert. Jedoch liegt die Reliabilität zwischen der Größe der Markierung und der tatsächlich eingewirkten Kraft lediglich bei 21 % (20). Vor-, Frühkontakte sowie eine ungleichmäßige Okklusion können Ursache für Überlastungen des Parodonts, Wurzellängsfrakturen und frühzeitige Implantatverluste sein (7, 18, 25). Daher ist in besonderen Fällen die genaue Analyse des zeitlichen Ablaufs der Okklusion sowie deren Kraftverhältnisse sinnvoll. Diese Arbeit hat zum Ziel, ein digitales Okklusionsanalyseverfahren, das T-Scan III (Firma Tekscan Inc., Boston, Mass., USA), welches sowohl den zeitlichen Ablauf der Okklusion als auch deren prozentuale Kraftverteilung anzeigt, auf seine Messgenauigkeit und Verlässlichkeit zu prüfen.

1.1 Klinische Methoden zur Okklusionsdarstellung

Die Meinungen zum Stellenwert einer harmonischen Okklusion variieren zwar stark, doch sind nach wie vor die Kontrolle und auch das Einschleifen eines der vielen Okklusionskonzepte im zahnärztlichen Alltag unerlässlich.

1. Einleitung

Unabhängig vom angestrebten Okklusionskonzept ist die präzise Darstellung der individuellen Okklusionsverteilung eines jeden Patienten notwendig.

Die Abbildung der Kontaktpunkte mittels Okklusionsfolie auf den Kauflächen im Ober- und Unterkiefer ist die gängige Methode zur Darstellung der Okklusionsverhältnisse am Patienten.

Darüber hinaus bietet der dentale Fachhandel Folien, Lacke und Papiere an.

Die bisher angewendeten Methoden zur Darstellung der okklusalen Kontakte unterscheiden sich in ihrer Stärke, Flexibilität und ihrem Zeichnungsverhalten massiv (15, 30, 32, 38).

Der Vorteil der Okklusionsfolie ist ihre geringe Stärke, wodurch sie die tatsächlichen Kraftverhältnisse genauer darstellen kann als Okklusionspapiere oder -seiden. Der Nachteil gegenüber markierenden Okklusionspapieren oder -seiden besteht darin, dass die Okklusionsfolie bei geringen Kräften keine Markierung auf den Zähnen hinterlässt (35).

Weitere Methoden zur Okklusionsdarstellung sind etwa die Auswertung von Silikon- oder Wachsbissnahmen oder das Dentale Prescale System (Fuji Film Co., Tokyo, Japan).

Zur Anfertigung von Silikonbissnahmen beißt der Patient in ein niedrigvisköses Silikonmaterial, welches im Mund des Patienten aushärtet und anschließend visuell oder computergestützt ausgewertet werden kann. Nach Battistuzzi et al. ist Silikon ein geeignetes Material zur Okklusionsdarstellung, da durch seine Viskosität keine Verschiebung der Zähne bei der Schließbewegung stattfindet (3).

Das Dentale Prescale System (1, 2, 42) arbeitet mit einem drucksensitiven Folienfilm. Bei Druckausübung reagiert ein in Mikrokapseln eingefülltes Färbemittel mit dem Filmmaterial und es kommt zu einer Rotfärbung. Die Farbintensität entspricht dem aufgewendeten Druckniveau in einem Druckbereich von 5-120 MPa (2). Anschließend wird der Folienfilm eingescannt und mit Hilfe der Fujifilm Software (FDP-8010E) ausgewertet. Vorteil gegenüber dem T-Scan-System ist die Möglichkeit der absoluten Kraftmessung. Nachteile sind der erhöhte zeitliche Aufwand durch das zweizeitige Auswertungsverfahren und die fehlende zeitliche Auswertung der Okklusionsbewegung.

1. Einleitung

Die exakte Darstellung der okklusalen Situation eines jeden Patienten ist bis heute ein nicht befriedigend gelöstes Problem in der Diagnostik von Funktionsstörungen (13, 30, 36).

Bisher fehlten den existierenden Methoden zur Kontaktpunktbestimmung zwei Dimensionen in der Okklusionsbetrachtung.

Mit Hilfe des T-Scan III können nun sowohl der zeitliche Ablauf als auch die prozentuale Kraftverteilung eines jeden Zeitpunktes bestimmt und ausgewertet werden.

Die Messung:

1.) Zeitlicher Ablauf:

Das Gerät zur computergestützten Okklusionsanalyse registriert die entstehenden interokklusalen Kontaktpunkte in 1/100 s Zeitschritten und kann diese sowohl in einer Filmsequenz als auch in Einzelbildern wiedergeben.

2.) Prozentuale Kraftverteilung:

Über die Sensorfolie, die aus längs- und querverlaufenden Leiterbahnen besteht, wird der Druck eines jeden Kontaktpunktes registriert und mit Hilfe eines Computers und der dazugehörigen Software ausgewertet. Anschließend kann man sich nun die prozentuale Kraftverteilung in einem zwei- und dreidimensionalen Schaubild anzeigen lassen.

Mit Hilfe einer Farbkodierung wird die Übersicht der Okklusionsverhältnisse schnell erfasst. Die schwächsten Kontakte stellen sich als dunkelblau dar. Die Kraft nimmt über hellblau, grün, gelb bis zu dunkelrot zu.

1.2 Okklusion und Okklusionskonzepte

Als Okklusion wird jeder Berührungskontakt der Oberkieferzähne mit den Unterkieferzähnen bezeichnet. Es wird die statische von der dynamischen Okklusion unterschieden, wobei die statische Okklusion alle Kontaktpunkte beinhaltet, die während des Schlussbisses zustande kommen und die dynamische Okklusion alle Zahnkontakte, die durch Unterkieferbewegungen erzeugt werden. Die statische Okklusion kann weiter in die habituelle Okklusion, die zentrische Okklusion, die maximale Okklusion und die harmonische Okklusion unterteilt werden. Die habituelle Okklusion ist die zwanglos eingenommene Position beim Kieferschluss. Sie sollte möglichst mit der maximalen Interkuspitation übereinstimmen, also der maximalen Verzahnung der Antagonisten. In der maximalen Interkuspitationsposition haben alle Seitenzähne, mit Ausnahme des letzten oberen Molaren, zwei Antagonisten. Der gleichnamige Zahn im Gegenkiefer wird dabei als Hauptantagonist, der andere Zahn als Nebenantagonist bezeichnet.

Die zentrische Okklusion wird dann erreicht, wenn die Kondylen während des Schlussbisses eine zentrale Position eingenommen haben.

Die harmonische Okklusion stellt eine realistische Kombination der oben geforderten Kriterien dar (21-23, 26, 27, 41).

Kriterien einer harmonischen Okklusion (23) sind folgende:

- Die Seitenzähne schützen die Frontzähne bei der Schlussbisslage, da sie achsengerecht belastet werden.
- Die Frontzähne schützen bei der dynamischen Okklusion die Seitenzähne, indem die Frontzahnführung die Seitenzähne diskludieren lässt.
- Die Morphologie der Kauflächen sollte dazu führen, dass bei der Nahrungszerkleinerung ein Minimum an Muskelkraft ein Maximum an Effektivität zeigt.
- Die Kaukräfte der Antagonisten sollten möglichst achsengerecht wirken.
- Der Zahnkontakt sollte möglichst gleichzeitig und gleichmäßig an allen beteiligten Antagonisten zustande kommen.

- Die tragenden Höcker sollten in eine antagonistische Grube (Fossa) oder auf eine antagonistische Randleiste auftreffen.
- Die Seitenzähne sollten keinen Kontakt beim Abbeißen durch die Frontzähne besitzen.
- Beim Zerkleinern der Nahrung durch die Seitenzähne sollten die Frontzähne nicht stören.

1.3 Okklusionstheorien

Die Zahn-zu-zwei-Zahn-Beziehung wurde in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts von Payne und Lundeen beschrieben. Dabei hat ein Zahn zu zwei Zähnen im Gegenkiefer Okklusionskontakt. Die tragenden Höcker, die in eine antagonistische Grube (Fossa) treffen, haben an drei Punkten Kontakt und die tragenden Höcker, die auf eine antagonistische Randleiste treffen, an zwei Punkten.

Thomas modifizierte das oben genannte Konzept als Zahn-zu-Zahn-Beziehung, wodurch sich die Anzahl der geforderten Kontaktpunkte noch vermehrte. Er forderte, dass die tragenden Höcker in der antagonistischen Grube abgestützt sein sollen und dort an drei Punkten Kontakt haben.

Die Zahn-zu-Zahn-Beziehung nach Gerber folgt dem sogenannten Mörser-Pistill-Prinzip. Dabei greifen die palatinalen Höcker des Oberkiefers in die zentralen Gruben (Fossae) des Unterkiefers. Sinnvoll ist die Verwirklichung dieses Prinzips bei der Aufstellung von Kunststoffzähnen zur Erlangung einer bilateral balancierten Okklusion.

Die oben genannten Theorien führen zu einer idealisierten, optimalen Vielverzahnung, die noch heute oftmals die Grundlage zur Herstellung prothetischer Restaurationen darstellt. Es zeigte sich jedoch seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts, dass bei normalen vollbezahnten Probanden deutlich weniger Zahnkontakte existieren (9, 24, 46).

1.4 Das T-Scan-System

Das T-Scan-System (Firma Tekscan Inc., Boston, Mass., USA) wurde erstmals 1987 entwickelt. Seit 2006 existiert die dritte überarbeitete Version, das T-Scan III. Dieses besteht aus einem USB-Sensorhandstück, einem Sensorhalter, der T-Scan Software und der Sensorfolie. Die Sensorfolie arbeitet je nach Foliengröße mit 1370 bzw. 1122 aktiven Druckmesszellen, die in Reihen und Spalten angeordnet ein Gitternetz bilden. Jede Messzelle überträgt ihre Daten an den Computer und wird mit Hilfe der Software in einen Bildpunkt umgewandelt. Dadurch werden sowohl die Verteilung der Okklusionskontakte über den Zahnbogen als auch die prozentualen Kraftverhältnisse veranschaulicht. Durch eine Videofunktion kann ein Kauzyklus aufgenommen und anschließend in Echtzeit oder in Einzelbildern von 1/100 Sekunden abgespielt und ausgewertet werden. In der Software enthalten ist eine Patientendatenbank. Diese erleichtert dem Zahnarzt die Dokumentation einer Bissituation und ermöglicht den Vergleich mit früheren Okklusionsverhältnissen nach z.B. großen prothetischen, auch implantatgetragenen Neuversorgungen.

1.5 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist die Auseinandersetzung mit folgenden Kernfragestellungen:

- Ist das T-Scan III im Hinblick auf seine Messgenauigkeit und Verlässlichkeit zur Analyse der Kraftverhältnisse in der maximalen Interkuspidationsposition ein präzises Messgerät für die klinische Anwendung?
- Haben der Folienwechsel oder die Neupositionierung des Messgerätes im Mund des Patienten einen Einfluss auf die Messergebnisse?
- Weiteres Ziel dieser Arbeit ist eine erste Abschätzung der Normalverteilung relativer Kräfte im Zahnbogen.

2. Material und Methoden

2.1 Probanden und Material

2.1.1 Studienpopulation

Die Studienpopulation setzt sich aus 42 Probanden zusammen, davon 20 weiblich und 22 männlich. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Untersuchung lag bei 25,2 Jahren. Der älteste Teilnehmer war 31,8 Jahre und der jüngste Teilnehmer 21,9 Jahre alt.

Übersicht der Kriterien:

- Alter: 20 – 35 Jahre
- Neutralbisslage beidseitig (Abweichung +/- ½ Pb)
- Ungefähr gleiche Anzahl männlich und weiblich
- Möglichst keine fehlenden Zähne
- Körperlich gesund
- Gute Mitarbeit und Motivation
- Keine Implantate
- Nur Einzelzahnkronen im Seitenzahnbereich bzw. keine Brückenversorgung/Teilprothesen
- Funktionell unauffällig
- Möglichst ohne Kreuzbiss oder Nonokklusion
- Kein seitlich oder frontal offener Biss

Grunderkrankungen:

- Keine motorischen Grunderkrankungen
- Keine zentralnervösen Erkrankungen
- Keine psychischen Erkrankungen

2. Material und Methoden

Medikamente:

- Keine zentral wirksamen Medikamente
- Kein Alkohol

Die Probanden wurden alle aus dem privaten Umfeld rekrutiert, sie waren keine Patienten des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen. 35 von Ihnen waren immatrikuliert als Studenten der Zahnmedizin in Tübingen, sie konnten durch ihre Teilnahme diese neue Methode kennen lernen. Alle Teilnehmer wurden vor der Rekrutierung auf ihre Eignung hin untersucht. Die Ergebnisse wurden in einem für die Studie konzipierten Untersuchungsbogen (siehe Anhang: 8.3) dokumentiert. Der Fragebogen wurde auf der Basis des DGKFO- Fragebogens entwickelt. Begleitend zu dieser Untersuchung erfolgte die Aufklärung über die Studie und die schriftliche Einverständniserklärung (siehe Anhang: 8.2) des Probanden zur Teilnahme an der Studie sowie die Übergabe der schriftlichen Studieninformation (siehe Anhang: 8.1) an den Probanden.

In den Untersuchungsbögen wurde die Bissstellung dokumentiert:

Bissstellung	Probandenanzahl
Neutralbissstellung beidseitig	30
½ Pb Kl. III linksseitig	4
½ Pb Kl. III rechtsseitig	2
½ Pb Kl. III beidseitig	1
¼ Pb Kl. III linksseitig	1
½ Pb Kl. II beidseitig	1
½ Pb Kl. II linksseitig	2

Weiterhin ergab der CMD-Kurzbefund des Untersuchungsbogens, dass 36 Probanden funktionell gesund waren. Bei sechs Probanden war mit zwei positiven Befunden im CMD-Screening lediglich eine kompensierte Funktionsstörung wahrscheinlich.

Im Verlauf der Bearbeitung der Daten und der Auswertung kam es bei acht Probanden zum Ausschluss von Messwerten. Grund hierfür waren bei vier Probanden unvollständige Aufzeichnungen durch die T-Scan-Software. Es kam dabei zur Nichtabbildung der Weisheitszahnkontakte auf Grund zu großer Zahnbogenbreiten. Bei weiteren vier Probanden kam es zu Störkontakten durch das Abknicken der Sensorfolie an den Tubera maxillare und dadurch zu fehlerhaften Messwerten.

2.1.2 Beschreibung des T-Scan III-Messsystems

2.1.2.1 Hardware

Das Messsystem ist das digitale Funktionsdiagnostik-System T-Scan III der Firma Tekscan Inc. Es besteht aus dem USB-Sensorhandstück, einem Sensorhalter, der Sensorfolie und der T-Scan-Software.

Das Sensorhandstück kann an jeden Windows kompatiblen Computer oder Notebook angeschlossen werden. Es verfügt über einen Knopf zur Fernaufzeichnung. Durch Auslösen dieses Knopfes kann durch den Behandler eine Aufzeichnung gestartet oder gestoppt werden.

Die Software ist kompatibel für Windows 2000, XP und Vista und intuitiv bedienbar.

Der Sensorhalter ist autoklavierbar und in zwei Größen („small“ und „large“) erhältlich.

Die y-förmige Sensorfolie arbeitet mit aktiven Druckmesszellen. Bei der Foliengröße „large“ sind 1370 und bei der Foliengröße „small“ 1122 dieser Messzellen in Zeilen („rows“) und Spalten („columns“) angeordnet.

2. Material und Methoden

Jede Messzelle bildet in der 2D-Ansicht einen Bildpunkt und kann als Wert zwischen 0 und 255 in der Software angezeigt werden.

Die hochauflösende Sensorfolie ist mit 100 μm sehr dünn und laut Hersteller für 15-25 Aufzeichnungen pro Patient verwendbar.

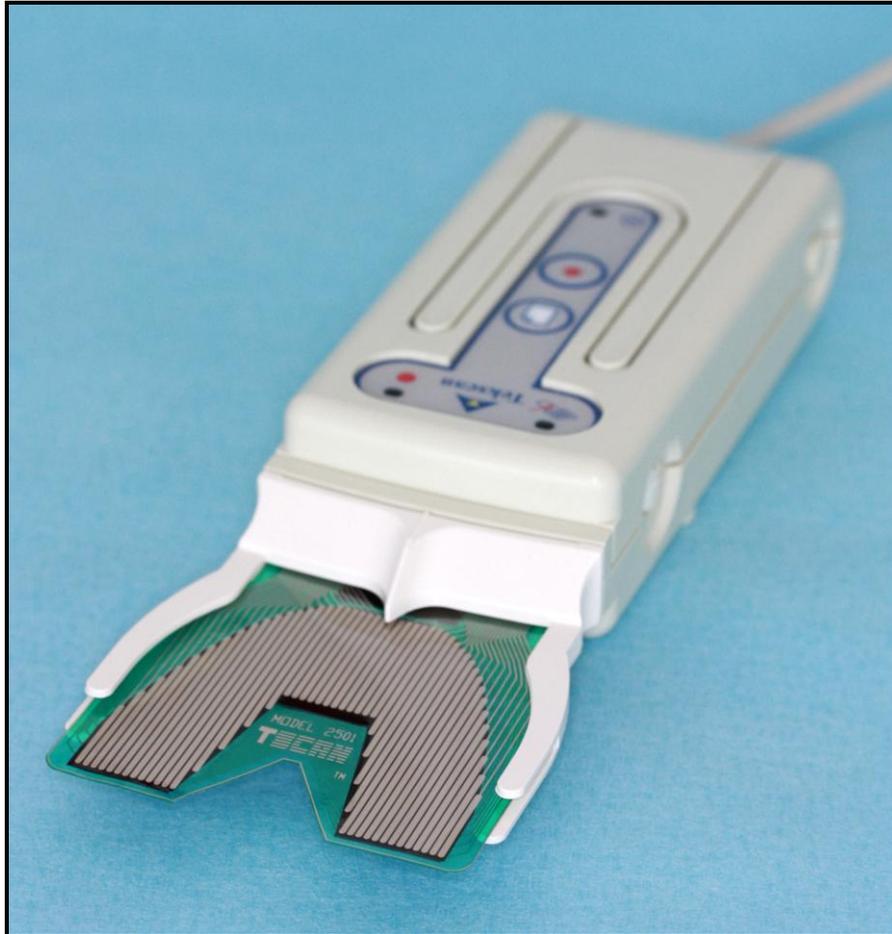


Abbildung 1: T-Scan-Handstück

T-Scan-USB-Handstück mit Sensorhalter und eingespannte Sensorfolie:

- Erkennbar ist die Gitterstruktur, die durch die orthogonal verlaufenden Zeilen und Spalten der Messzellen entsteht.
- Auf der Vorderseite des Handstückes sieht man den Auslöseknopf der Messung.

2.1.2.2 Software

2.1.2.2.1 T-Scan-Software

Die Software zur Patientendokumentation, Kalibrierung, Messung und zum Export der Daten ist die T-Scan III-Software (Version 5.20 T (German)).

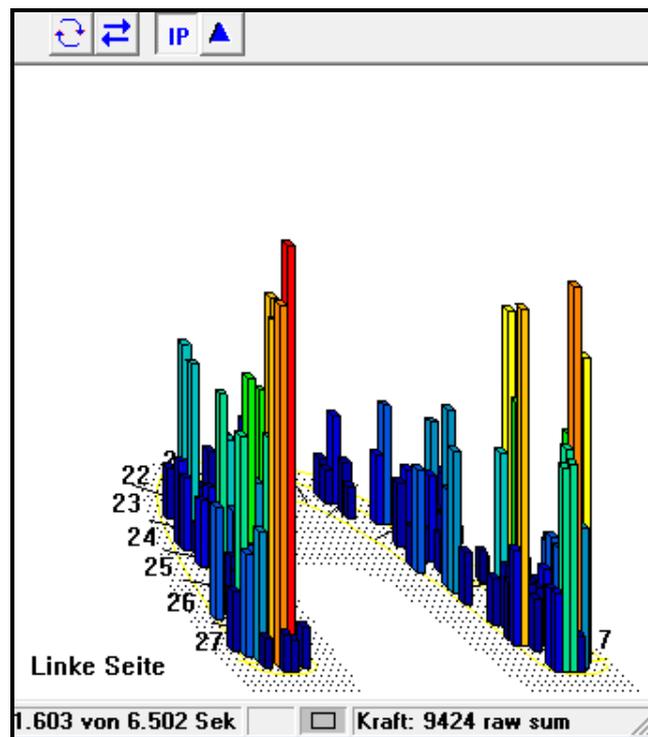


Abbildung 2: 3D-Ansicht

Die prozentuale Kraftverteilung wird dreidimensional durch Säulen dargestellt.

Die Stärke der Kontakte wird einerseits durch die Höhe der Säule und andererseits durch die Farbkodierung veranschaulicht.

Die Farbbandbreite reicht von rot (stärkste Kraft) bis blau (geringste Kraft).

2. Material und Methoden

2.1.2.2.2 Microsoft Excel

Die Auswertung der Daten erfolgte über die manuelle Erstellung einer Excel-Tabelle (Microsoft Office Excel 2007).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Probandennumm	Folie	Versuch	Zahn 18	Zahn 17	Zahn 16	Zahn 15	Zahn 14	Zahn 13	Zahn 12	Zahn 11	Zahn 21	Zahn 22	Zahn 23	Zahn 24	Zahn 25	Zahn 26	Zahn 27	Zahn 28
2																			
3		1	1		14	14	3	3	2	3	14	5	1	4	4	6	10	17	
4		1	2		15	16	3	2	2	3	14	5	2	4	4	6	10	15	
5		1	3		14	15	3	3	2	3	14	5	2	4	4	7	11	16	
6		1	4		14	15	3	3	2	3	14	5	2	4	4	7	11	16	
7		1	5		14	16	3	3	1	3	15	5	2	4	4	6	9	16	
8		1	6		14	16	2	3	1	3	14	5	2	4	4	6	10	16	
9		1	7		15	16	3	2	2	2	12	5	2	4	4	6	11	17	
10		1	8		14	16	3	3	2	3	13	5	2	4	4	6	10	17	
11		1	9		15	16	3	3	2	3	15	6	2	3	5	6	9	13	
12		1	10		14	15	3	3	2	3	16	5	2	4	6	6	10	13	
13		1	11		15	15	3	2	3	2	14	5	2	4	6	7	10	14	
14		1	12		15	15	3	2	2	2	14	5	2	4	6	7	10	14	
15		1	13		14	15	3	3	2	3	14	6	1	4	5	7	10	13	
16		1	14		14	15	3	3	2	3	14	6	1	4	5	7	10	14	
17		1	15		15	15	3	3	2	3	14	6	1	4	5	7	10	13	
18		2	1		9	18	4	5	2	4	17	6	2	6	6	5	9	7	
19		2	2		9	19	5	5	2	4	14	6	2	6	7	5	8	8	
20		2	3		9	19	5	6	2	4	13	6	2	6	6	5	9	8	
21		2	4		8	20	5	5	3	3	14	5	2	6	6	5	9	9	
22		2	5		9	20	5	5	3	3	12	5	2	6	6	5	10	10	
23		2	6		9	21	5	5	2	3	12	6	2	5	6	7	10	8	
24		2	7		9	22	5	6	2	3	11	5	2	5	5	7	10	9	
25		2	8		9	22	4	5	3	3	11	6	2	4	5	7	11	9	
26		2	9		9	21	4	5	3	3	12	6	2	5	5	7	10	9	
27		2	10		8	21	4	6	3	4	12	5	2	4	5	7	11	9	
28		2	11		9	22	5	5	2	3	11	6	2	4	5	7	10	8	
29		2	12		11	22	4	6	3	4	11	6	2	4	5	6	9	8	
30		2	13		10	21	4	5	1	3	11	6	2	4	6	7	10	9	
31		2	14		11	21	4	5	2	3	11	5	2	4	6	7	11	10	
32		2	15		10	21	5	5	1	4	11	5	2	4	6	6	11	9	
33																			

Abbildung 5: Excel-Tabelle zur Auswertung der Messdaten

Manuell eingetragen werden:

- Probandennummer
- Foliennummer
- Kauzyklus (=Versuch)
- Prozentwerte der Maximalkraft der Antagonistenkontakte 18 bis 28

2.1.2.2.3 Statistische Software

Weiterhin wurde für die statistische Auswertung das Programm JMP in der Version 8.0.2 (SAS Institute Inc., Cary, USA) benutzt.

2.1.2.3 Mögliche Fehlerquellen bei der Messaufnahme

Äußere Einflüsse und Fehler in der Vorbereitung und Ausführung des Versuchs beeinflussen die Messergebnisse und die Messgenauigkeit erheblich. Folgend werden mögliche Fehlerquellen bei der Messaufnahme aufgezeigt, die es dringlich zu vermeiden gilt, um die Messgenauigkeit des T-Scan-III-Systems nicht zu beeinträchtigen.

- **Positionierung des Probanden**
Angestrebt wird eine aufrechte und entspannte Sitzhaltung des Probanden auf dem Zahnarztstuhl. Der Kopf ist an der Kopfstütze angelehnt. Eine nicht einheitliche Lagerung kann die Okklusion des Probanden erheblich verändern.
- **Positionierung des T-Scan-Handstücks**
Der erfahrene Behandler führt von möglichst frontal das Sensorhandstück in den Probandenmund. Dabei ist die Sensorfolie parallel zur Kauebene ausgerichtet. Eine Veränderung der Sensorneigung kann sowohl die Kraftrichtung als auch die Sensorfolienpositionierung intraoral beeinflussen.
Weiterhin ist die exakte Positionierung des Sensorhandstücks an den Referenzpunkt zu beachten. Dabei liegt ein im Folienhalter integriertes kleines Dreieck den zwei mittleren oberen Inzisivi an. Bei nicht sachgemäßem Anlegen des Folienhalters an den Referenzpunkt kommt es zu einem Missverhältnis der in den Voreinstellungen festgelegten Zahnfelder mit den tatsächlichen Zahnbreiten. Dadurch können anschließend falsche Rückschlüsse über die Verteilung der okklusalen Kontaktpunkte gezogen werden.
- **Auswahl der Foliengröße**
Bei Auswahl einer zu kleinen Foliengröße kann es zu Nichtabbildungen der dorsalen Zahnkontakte (Weisheitszähne) kommen, welches das gesamte Ergebnis der prozentualen Kraftverteilung verfälscht.

Bei Auswahl einer zu großen Folie kann diese einerseits dorsal des Zahnbogens abgeknickt werden, was zu einer unbeabsichtigten Kraftaufzeichnung führt und andererseits kann ein zu großer Messfolienhalter die Bewegung des Unterkiefers ablenken.

- **Individualisierung der Messfolie**

Der Proband beißt sich einige Male locker in die Sensorfolie ein, bis er diese nicht mehr als störend empfindet. Anschließend beißt er mit einer für ihn normalen Kraft zu. Der Behandler stellt die Empfindlichkeit mit Hilfe der T-Scan-Software so ein, dass sich einige wenige Kontakte als stärkste Kontakte in der Farbe rot darstellen und eine Abstufung der Sensibilität über orange, gelb, grün bis zu dunkelblau gegeben ist. Eine unsachgemäße Kalibrierung kann sowohl die minimalen als auch die maximalen Kraftwerte verfälschen.
- **Individualisierung des Zahnbogens**

Die Individualisierung des Zahnbogens erfolgt über die Eingabe der mesio-distalen Breite eines mittleren oberen Inzisiven. Dies sollte mit großer Sorgfalt, am besten mit einem zahnärztlichen Tastzirkel, vorgenommen werden, da aus einer ungenauen Zahnbreite eine falsche Zahnbogenbreite und somit eine falsche Zuordnung der okklusalen Kontaktpunktverteilung resultiert.
- **Probandenmotivation**

Die Probanden selbst stellen bereits mehrere Fehlerquellen dar. Mangelnde Motivation, Unkonzentriertheit, Müdigkeit und ungenaues Okkludieren können durch gutes Anleiten seitens des Behandlers minimiert, jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden.
- **Hard- und Software**

Letztlich muss vor jeder Messung ausgeschlossen werden, dass Sensorhandstück, Sensorfolie und die Verbindung zum Computer defekt sind.

2.2 Methoden

2.2.1 Vorbereitung der Messung

2.2.1.1 Dokumentation

Es wurden von jedem Probanden Abformungen von Ober- und Unterkiefer im Sinne einer Korrekturabformung genommen. Das additionsvernetzte Vinylsilikon mit dem Namen „S1 suhy bisico“ (bisico, Bielefelder Dentalsilicone GmbH & Co. KG, Deutschland) bildete das Putty. In einem zweiten Schritt, nach Entfernen der Platzhalterfolie „Plicafol“ (US Dental, Tübingen, Deutschland), wurde das hochvisköse „S4 suhy bisico“ (bisico, Bielefelder Dentalsilicone GmbH & Co. KG, Deutschland) eingefüllt und somit die Abformung präzisiert.

Das Bissregistrat wurde aus „Futar D Occlusion“ (Kettenbach dental, Eschenbach, Deutschland) angefertigt.

Die Silikonabformungen dienten der Erstellung von kieferorthopädischen Dauermodellen, die aus „Palavit M“ (Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland) und dem Superhartgips „KKD Realstone“ (Kentzler-Kaschner Dental GmbH, Ellwangen, Deutschland) hergestellt und nach kieferorthopädischen Richtlinien getrimmt wurden.

2.2.1.2 Auswahl der Sensorfoliengröße

Der Hersteller bietet die Sensorfolien in der Größe „small“ und „large“ an. Der Behandler wählt je nach Zahnbogenbreite die passende Größe aus.

Die Wahl einer zu kleinen oder zu großen Folie kann das Messergebnis verfälschen.

Bei Verwendung einer zu kleinen Folie kann es zu Nichtabbildungen dorsaler Zahnkontakte kommen, welches das gesamte Ergebnis der prozentualen Kraftverteilung beeinflusst.

Eine zu große Folie kann in Richtung dorsal abgeknickt werden, woraus eine nicht beabsichtigte Kraftaufzeichnung resultiert. Weiterhin kann die Größe des Messfolienhalters die Bewegung des Unterkiefers ablenken.

2.2.1.3 Anlegen des Patienten in die Patientendatenbank

Mit Hilfe der T-Scan III-Software wird ein Patientenprofil erstellt, welches Vor- und Nachname des Probanden, eine Patienten-ID, Geburtsdatum sowie Geschlecht umfasst.

Durch die Eingabe der ermittelten Frontzahnbreite individualisiert sich der Zahnbogen, was durch weitere Angaben, wie beispielsweise fehlende Zähne, Lückenschluss und Implantate noch präzisiert werden kann.

2.2.1.4 Kalibrierung des T-Scan III

Die Kalibrierung des T-Scan III muss vor jeder Messung sorgfältig durchgeführt werden. Dazu bittet der Behandler den Patienten auf die Sensorfolie zu beißen und eine für ihn normale Kaukraft für einige Sekunden zu halten. Auf dem Bildschirm kann der Behandler nun mittels +/- die Sensitivität der Folie so einstellen, dass die stärksten Kontakte rot dargestellt werden und eine Abstufung über orange, gelb, grün bis zu dunkelblau abgebildet wird. Somit ist die Zuordnung der Kraftverteilung intuitiv ablesbar.

2.2.1.5 Vorbereitung des Probanden für die Messung

Die Messung wird in einer aufrechten, entspannten Sitzhaltung des Probanden mit angelehntem Kopf durchgeführt. Der erfahrene Behandler führt dabei möglichst von frontal das Sensorhandstück in den Mund des Probanden ein. Der Referenzpunkt besteht aus einem kleinen Dreieck, das an den Inzisalpunkt zwischen den beiden oberen mittleren Inzisiven angelegt wird. Der Sensor soll dabei parallel zur Okklusionsebene gehalten werden.

Nun bittet der Behandler den Patienten sich in die Folie einzubeißen, bis er diese nicht mehr als störend empfindet. Leichte Impressionen der Zahnkontakte sind nun in der Folie erkennbar.



Abbildung 6: T-Scan-Handstück im Probandenmund

Eine aufrechte, entspannte Haltung des Probanden mit angelehntem Kopf ist anzustreben. Die Sensorfolie ist parallel zur Kauebene eingeführt und der Referenzpunkt in Form eines kleinen Dreiecks liegt zwischen den beiden oberen Inzisiven an.

2.2.2 Messung: Aufzeichnungsphasen

Die Messung eines jeden Probanden ist aufgeteilt in zwei Messphasen mit jeweils fünfzehn Kauzyklen. Zwischen den zwei Messphasen findet ein Folienwechsel statt.

2.2.2.1 Erste Messphase (Folie 1)

Der Patient wird gebeten, fünf normale Kauzyklen durchzuführen. Diese werden als erste Messaufzeichnung gespeichert. Es folgen zwei weitere Messaufzeichnungen mit jeweils fünf Kauzyklen. Zwischen den Messaufzeichnungen wird die Folie nicht ausgewechselt, jedoch das Handstück aus dem Patientenmund entfernt und wieder neu eingesetzt.

Die Aufteilung der fünfzehn Kauzyklen auf drei Messaufzeichnungen ist bedingt durch die Limitierung der Aufzeichnungsdauer durch den Hersteller auf eine Dauer von acht Sekunden.

2.2.2.2 Folienwechsel

Nach der Aufzeichnung von fünfzehn Kauzyklen wird die Sensorfolie gewechselt. Dazu muss das Handstück aus dem Patientenmund entfernt und anschließend wieder neu positioniert werden. Dies sollte mit größter Sorgfalt und durch einen routinierten Behandler geschehen, damit der Folienwechsel als mögliche Fehlerquelle ausgeschlossen werden kann.

2.2.2.3 Zweite Messphase (Folie 2)

Ist die zweite Folie im Patientenmund positioniert, werden erneut jeweils drei Messaufzeichnungen mit jeweils fünf Kauzyklen durchgeführt und gespeichert.

2.2.3 Nachbereitung der Messung

2.2.3.1 Entfernen des T-Scan III-Handstückes

Das Handstück wird nach abgeschlossener Messung aus dem Mund des Patienten entfernt. Die Folie wird zu Studienzwecken aufbewahrt, kann ansonsten aber entsorgt werden. Der Folienhalter wird von dem restlichen Handstück getrennt und beide Einzelteile durch „Meliseptol“-Tücher (B. Braun AG, Melsungen, Deutschland) desinfiziert und in einer speziellen Transportbox sicher gelagert.

2.2.3.2 Konvertierung der Messdaten

Die Daten werden exportiert, indem man das Fenster „Patienten-Aufzeichnung“ öffnet und auf „Exportiere Patient“ klickt. Die Patientendaten werden unter „C:\Tekscan \TScan2 \Database\Export“ als .tpm-Datei gespeichert und können mit einem beliebigen Speichermedium von Computer zu Computer übertragen werden. Die Installation der T-Scan-Software ist jedoch Voraussetzung, sich die Daten auf einem zweiten Computer anzeigen lassen zu können.

2.2.4 Auswertung der Messdaten

Zum Vergleich der relativen Kraftverteilung in der maximalen Interkuspidationsposition eines jeden Probanden werden alle Messdaten per Hand in eine Excel-Tabelle übertragen, da von Seiten der T-Scan-Software keine Exportfunktion der Daten in ein auslesbares Tabellenformat gegeben ist. Die korrekte Übertragung der Daten wurde von einem weiteren Mitglied der Forschungsgruppe separat kontrolliert.

Es wurde im Kraft-Zeit-Diagramm (Abbildung 4) manuell der Zeitpunkt des höchsten Wertes der prozentualen Maximalkraft eines jeden Kauzykluses identifiziert. Dieser beträgt nicht zwangsläufig 100%, da jeweils fünf Kauzyklen in einem Diagramm aufgezeigt sind und somit nur einer der fünf Zyklen den Maximalwert von 100 % aufweist.

Zum Zeitpunkt des höchsten Wertes der prozentualen Maximalkraft eines jeden Kauzykluses werden die zugehörigen Prozentwerte der Antagonistenkontakte in der 2D-Ansicht abgelesen (Abb. 3) und in die Excel-Tabelle (Abb. 5) übertragen.

Die Antagonistenkontakte werden nach den Oberkiefer-Zähnen 18 bis 28 benannt. Fehlenden Zähnen wird keine Prozentzahl zugeordnet.

Jeweils fünf aufeinander folgende Kauzyklen bilden eine Messaufzeichnung. Jeweils drei aufeinander folgende Messaufzeichnungen bilden eine Folienmessung. Die Foliennummer wird in die Excel-Tabelle übernommen.

Somit kann auch ausgewertet werden, ob der Folienwechsel einen Einfluss auf das Messergebnis hat, indem die Mittelwerte von Folie 1 und Folie 2 verglichen werden.

2.2.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt mit dem Programm JMP in der Version 8.0.2 (SAS Institute Inc., Cary, USA). Untersucht werden die Messgenauigkeit und Reliabilität der Methode sowie der Einfluss des Folienwechsels und der damit verbundenen Repositionierung des T-Scan-Handstücks zwischen den beiden Folienmessungen.

2.2.5.1 Messfehler nach Bland und Altman

Um die Messgenauigkeit und die Reliabilität der Methode berechnen zu können, wird bei jedem Probanden ein Messwert mehrfach gemessen. Man geht davon aus, dass ein wahrer Wert der zu messenden Variablen eines jeden Probanden existiert. Um diesen wahren Wert streuen nun die erarbeiteten Messwerte. Folgend kann durch Ermittlung eines intra- und interindividuellen Vergleichs des Messwerts ein intraindividueller Messfehler (im Folgenden s_w genannt) nach Bland und Altman errechnet werden (4, 5).

Es gibt zwei Möglichkeiten. Erstens kann der intraindividuelle Messfehler s_w mit 1,96 multipliziert werden. Nach Bland und Altman differiert der Messwert vom wahren Wert bei 95 % aller Messungen um maximal den 1,96-fachen Messfehler (s_w). Zweitens kann die „repeatability“ (5), also die Wiederholbarkeit der Messungen, errechnet werden. Multipliziert man den Messfehler (s_w) mit 2,77 so erhält man die in 95 % aller Beobachtungen maximale Differenz zwischen zwei Messwerten.

2.2.5.2 Kruskal-Wallis-Rangsummen-Test

Der Kruskal-Wallis-Rangsummen-Test (45) prüft im Rahmen einer Varianzanalyse, ob sich verschiedene Stichproben hinsichtlich einer bestimmten Variablen in ihrem Mittelwert unterscheiden.

Er wird für den Vergleich von mehr als zwei Gruppen angewandt.

Die Nullhypothese bedeutet, dass zwischen den Gruppen kein Unterschied besteht. Es wird nun für jede Beobachtung n der Rang R_i in der Vereinigung der Stichproben bestimmt. Daraus werden die Rangsummen S_h für alle einzelnen Gruppen anhand einer Teststatistik nach folgender Formel berechnet:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_h \frac{S_h^2}{n_h} - 3(n+1)$$

Unter der Nullhypothese folgt die Teststatistik einer Chi-Quadrat-Verteilung (im Folgenden Chi^2 genannt).

Die Anzahl der Freiheitsgrade ist um eine Stelle kleiner als die Anzahl der Gruppen. Es wird nun der errechnete H-Wert mit dem H-Wert aus der Chi-Quadrat-Tabelle verglichen. Ist der errechnete H-Wert der größere Wert, so besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

In vorliegender Studie wird der Kruskal-Wallis-Rangsummen-Test zur Analyse des Einflusses von Wiederholungsmessungen benutzt. Es werden die 15 Kauzyklen einer Folienmessung untersucht, die Freiheitsgrade betragen also den Wert 14. Der Einfluss der Wiederholungsmessungen ist als nicht signifikant anzusehen, sollte Wahrscheinlichkeit $> \text{Chi}^2$ größer 0,05 betragen.

2.2.5.3 Wilcoxon-Rangsummen-Test

Der Wilcoxon-Rangsummen-Test (44) ist ein ähnliches statistisches Verfahren wie der Kruskal-Wallis-Rangsummen-Test und wird ebenfalls für den Vergleich von zwei Gruppen angewandt.

Es wird die Abweichung der Summe der Rangplätze von jener Summe geprüft, die erwartet würde, wenn kein Unterschied zwischen den zwei Gruppen bestünde.

In vorliegender Studie wird der Wilcoxon-Rangsummen-Test benutzt, um den Einfluss des Folienwechsels auf den Messwert zu untersuchen.

3. Ergebnisse

Folgend werden alle aussagekräftigen und relevanten Ergebnisse aus der Auswertung der erhobenen Daten aufgeführt.

Der prozentuale Anteil eines Zahnes an der Gesamtkraft des Zahnbogens reichte von 0% bis 41%. Mit einem Anteil von 0% an der Gesamtkraft blieben am häufigsten die Zähne 12, 22, 11, 21, 13 und 23. Dabei hatten die mittleren Schneidezähne gleichzeitig auch Spitzenkräfte von bis zu 38%.

Am seltensten ohne Kontakt blieben die Molaren 26 und 27, gefolgt von 16 und 17. An ihnen wurden wiederum die größten Anteile an der Gesamtkraft mit bis zu 41% gemessen.

3.1 Ergebnisse Messfehler

Der Gesamtmessfehler s_w , ermittelt nach Bland und Altman, beträgt 1,0. Demnach beträgt die Messgenauigkeit 2,0 und die Variabilität zwischen zwei Messungen 2,8.

Spannweite der gemessenen Werte			
0 bis 41 %			
↓			
Mittelwert			
(Messwerte Kraft [%])			
6,9	sw	1,96* Messfehler	2,77* Messfehler
6,9	1,0	2,0	2,8

Abbildung 7: Gesamtmessfehler s_w

Das Schaubild zeigt den Gesamtmessfehler s_w , ermittelt nach Bland und Altman. Die Messgenauigkeit beträgt 2,0 ($1,96 \cdot s_w$) und die Variabilität beträgt 2,8 ($2,77 \cdot s_w$).

3. Ergebnisse

Unten stehendes Schaubild zeigt die Mittelwerte des Anteils an der Gesamtkraft (in Prozent) für die Zähne 11 bis 18 und 21 bis 28. Diese variieren zwischen Werten von 1,88% und 16,27%. Dabei haben die Molaren (16, 17, 26, 27) die anteilmäßig höchsten Kraftwerte.

Weiterhin aufgezeigt sind Messfehler s_w , Messgenauigkeit ($1,96*s_w$) und Variabilität ($2,77*s_w$), ermittelt nach Bland und Altman.

Zahn	Mittelwert (Messwerte Kraft [%])	Messfehler	1,96*Messfehler	2,77*Messfehler
11	5,30	1,0	1,9	2,7
12	1,93	0,6	1,3	1,8
13	2,28	0,8	1,5	2,1
14	4,86	0,9	1,8	2,5
15	6,09	0,9	1,8	2,6
16	13,31	1,2	2,3	3,2
17	16,27	1,4	2,8	4,0
18	11,89	1,5	2,9	4,1
21	5,01	1,0	1,9	2,6
22	1,88	0,8	1,5	2,1
23	2,78	0,8	1,6	2,3
24	4,49	0,9	1,7	2,4
25	5,52	0,9	1,8	2,5
26	11,49	1,2	2,4	3,3
27	14,21	1,3	2,6	3,7
28	6,02	1,2	2,3	3,3

Abbildung 8: Mittelwerte, Messfehler, Messgenauigkeit und Variabilität

Das Schaubild zeigt Mittelwerte, Messfehler, Messgenauigkeit ($1,96*s_w$) und Variabilität ($2,77*s_w$) für jeden Zahn (von 11 bis 18 und 21 bis 28).

3.2 Einfaktorielle Analyse der Messwerte

Die folgenden Schaubilder zeigen für jeden Zahn (11 bis 18 und 21 bis 28) und jede Folie (Folie 1 und Folie 2) die Kraft (in % der Maximalkraft) für jeden der 15 Kauzyklen.

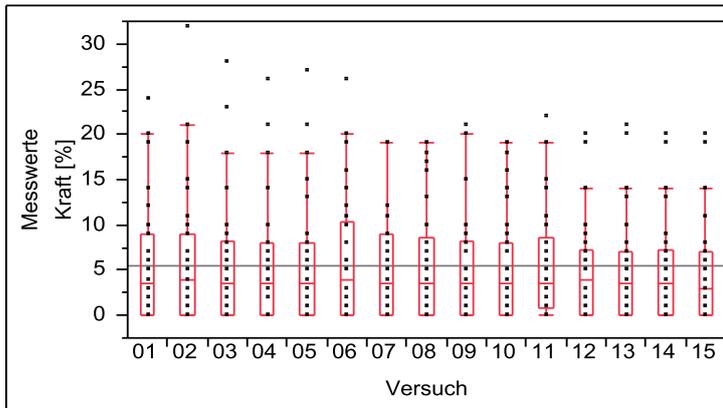
Auf der x-Achse sind die 15 Kauzyklen aufgezeigt, auf der y-Achse die dazugehörigen Maximalkraft-Werte (in %).

Die horizontale graue Linie zeigt den Mittelwert aller Messwerte an. Die roten Rechtecke werden aus der Spanne der Messwerte von der 25. Perzentile bis zur 75. Perzentile gebildet. Die 25. Perzentile stellt die untere rote Linie, der Median-Wert die mittlere und die 75. Perzentile die obere rote Linie des Rechtecks dar. Die rot gestrichelten Ausläufer nach oben markieren alle Werte bis zur 90. Perzentile und nach unten bis zum Minimum.

Mit dem Kruskal-Wallis-Rangsummentest wurde der Einfluss der Wiederholungsmessungen berechnet. Analysiert wurden die 15 Kauzyklen einer Folienmessung. Der Einfluss der Wiederholungsmessungen ist als statistisch nicht signifikant zu betrachten, wenn Wahrscheinlichkeit $> \text{Chi}^2$ einen größeren Wert als 0,05 annimmt.

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 11, Folie 1:

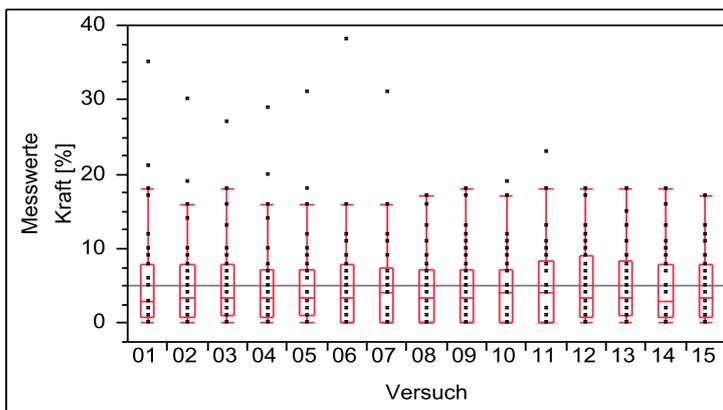


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
0,8611	14	1,0000

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 11, Folie 2:



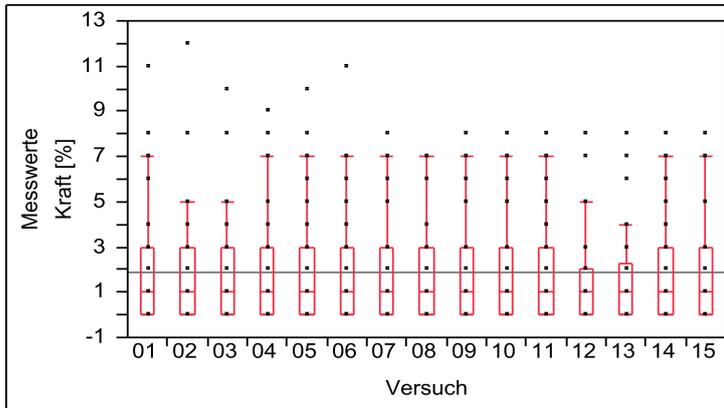
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
0,6493	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 12, Folie 1:

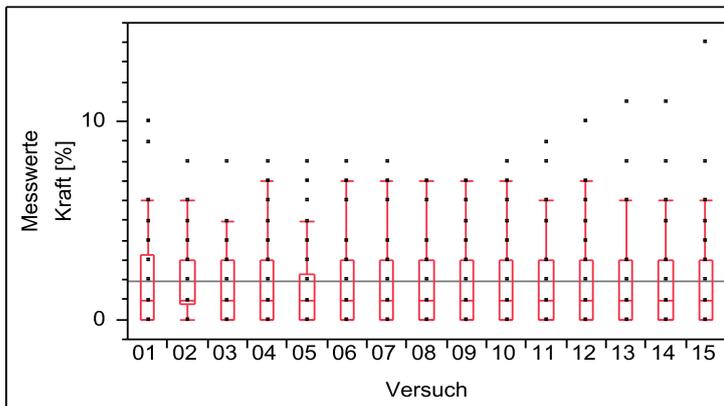


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
0,7689	14	1,0000

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 12, Folie 2:



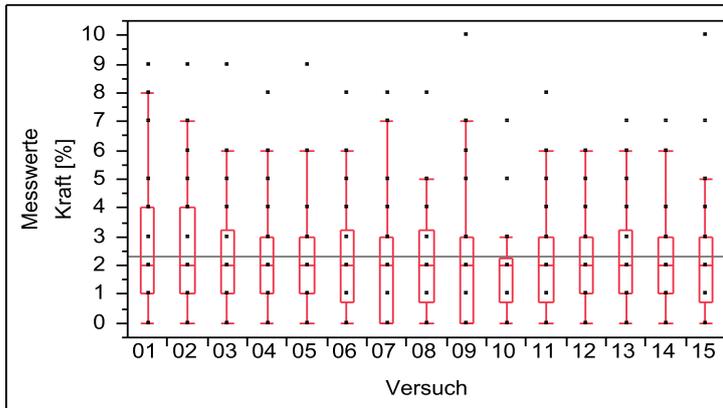
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,2700	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 13, Folie 1:

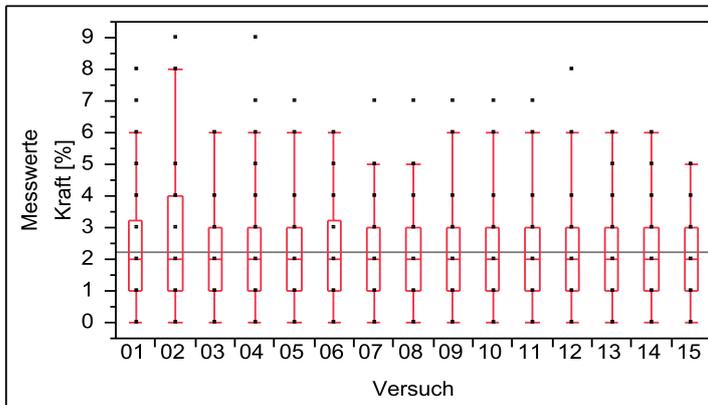


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
5,9181	14	0,9685

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 13, Folie 2:



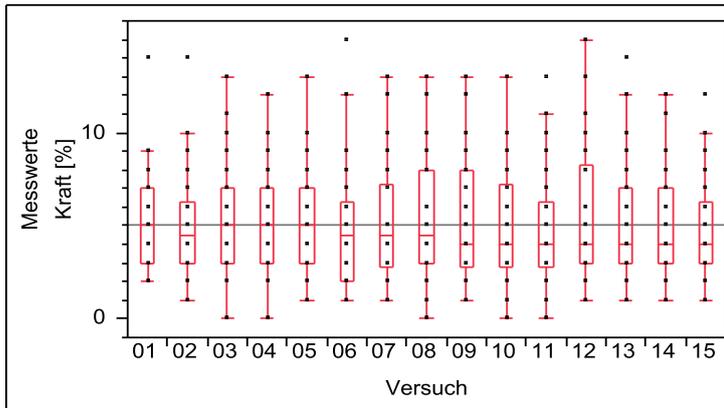
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,4968	14	0,9997

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 14, Folie 1:

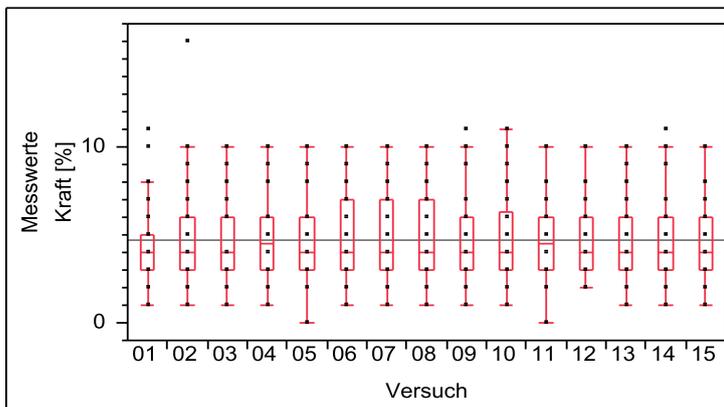


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,7627	14	0,9994

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 14, Folie 2:



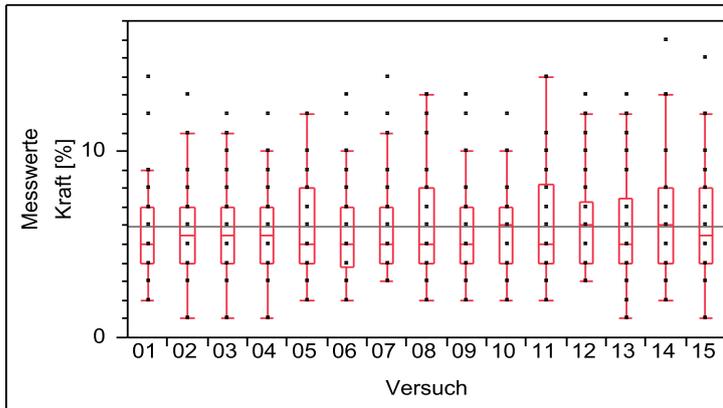
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,1397	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 15, Folie 1:

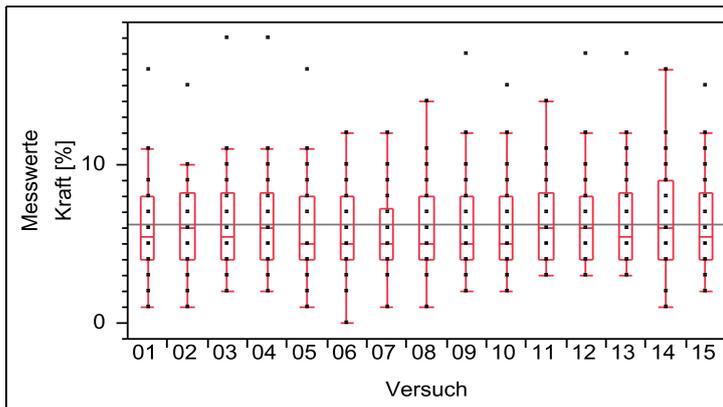


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
3,2008	14	0,9987

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 15, Folie 2:



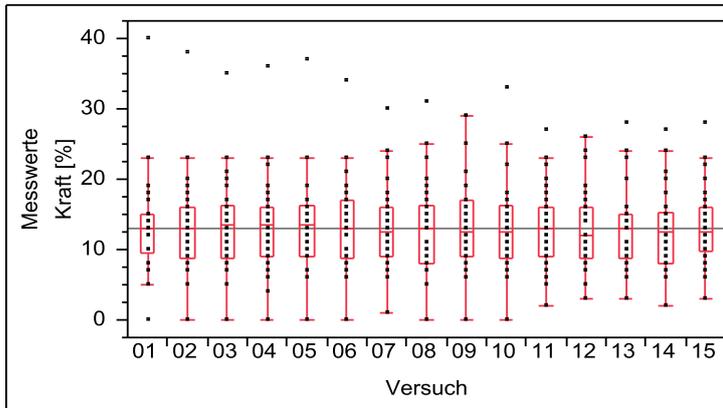
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
4,5344	14	0,9913

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 16, Folie 1:

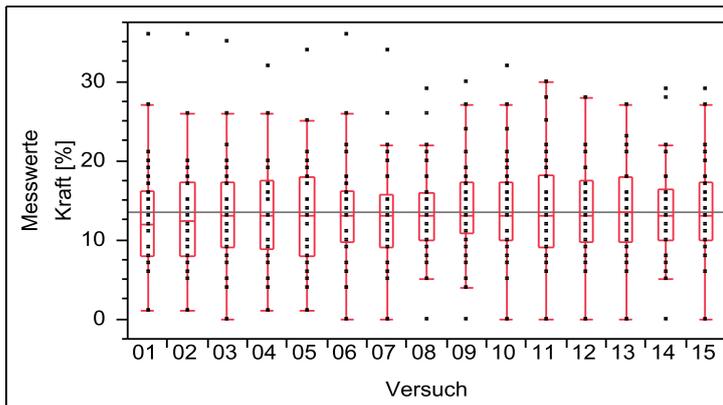


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
0,6241	14	1,0000

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 16, Folie 2:



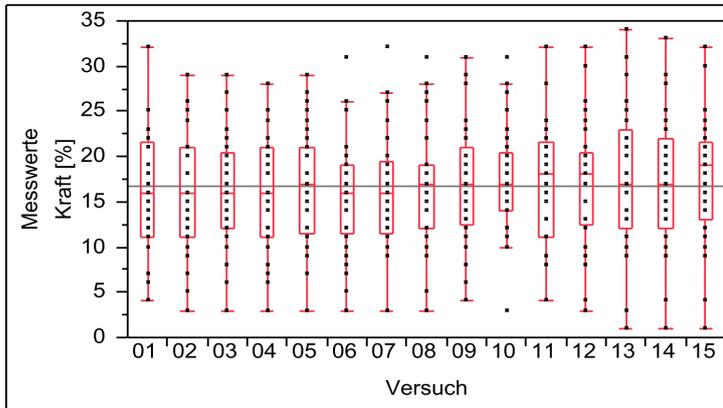
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,8558	14	0,9993

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 17, Folie 1:

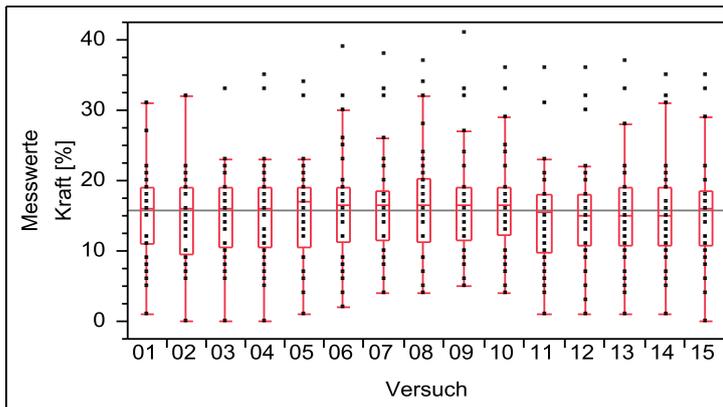


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
4,6023	14	0,9906

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 17, Folie 2:



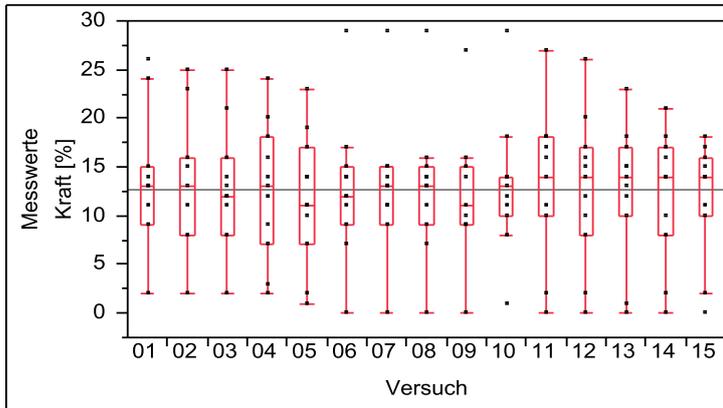
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,7468	14	0,9994

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 18, Folie 1:

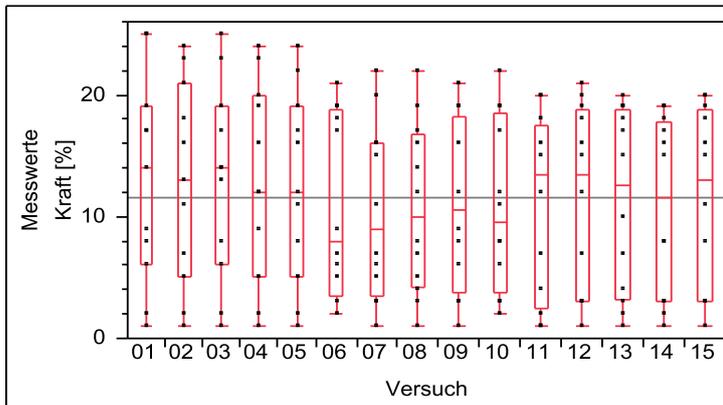


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,5020	14	1,0000

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 18, Folie 2:



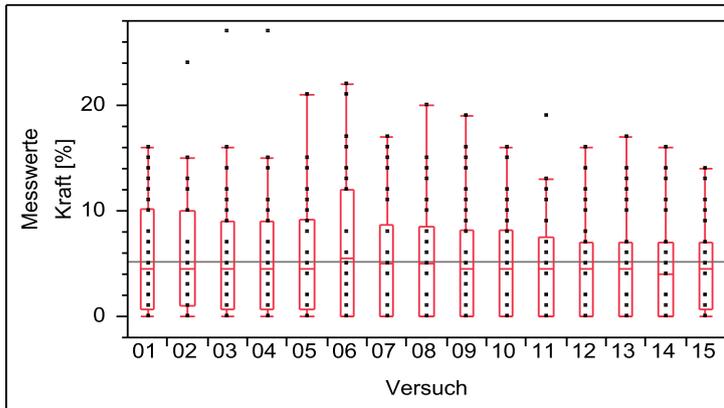
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,2346	14	0,9998

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 21, Folie 1:

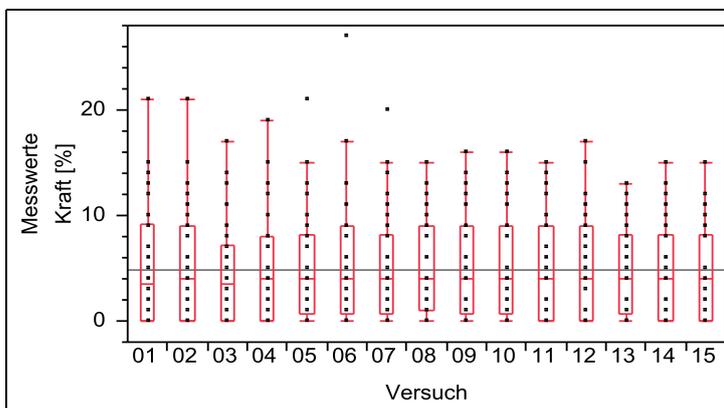


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,8921	14	0,9999

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 21, Folie 2:



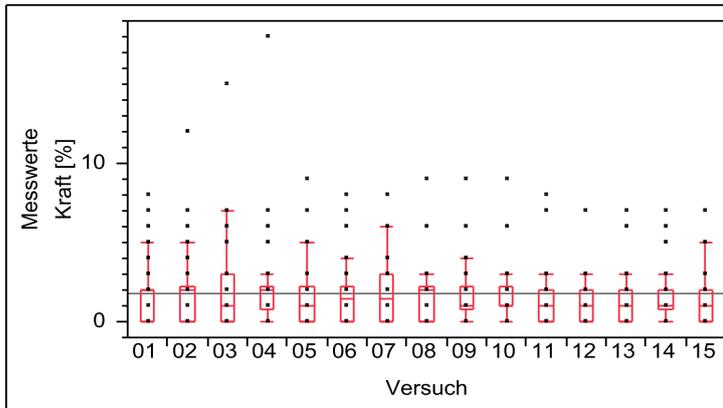
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
0,6078	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 22, Folie 1:

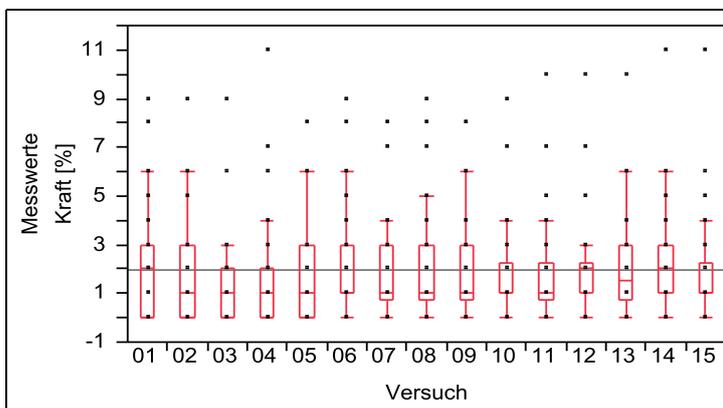


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
4,4878	14	0,9917

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 22, Folie 2:



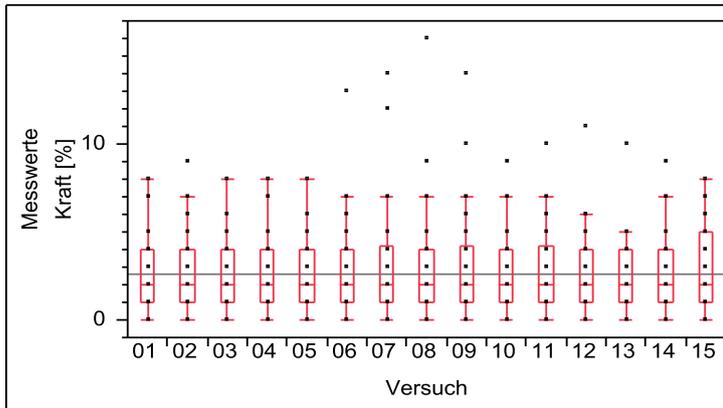
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,9957	14	0,9999

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 23, Folie 1:

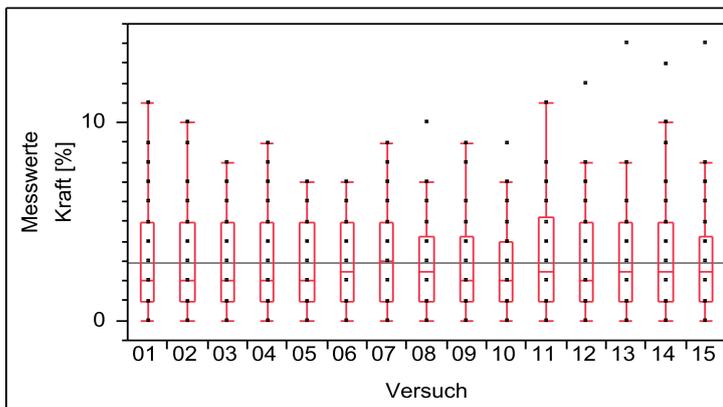


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,2210	14	1,0000

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 23, Folie 2:



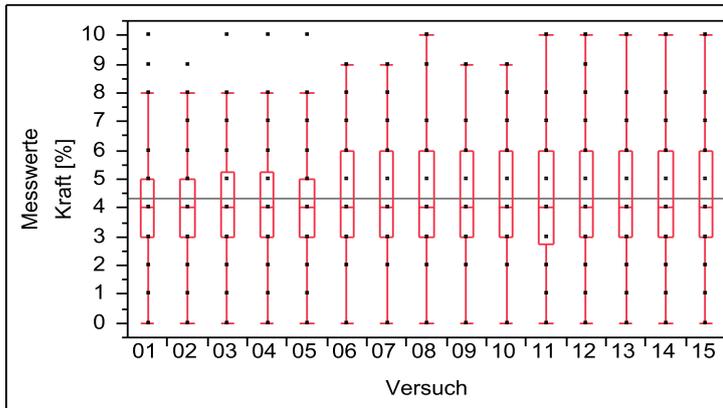
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,2016	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 24, Folie 1:

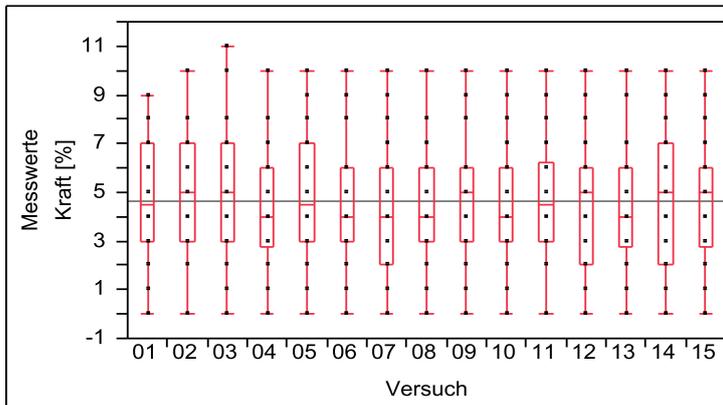


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,3627	14	0,9998

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 24, Folie 2:



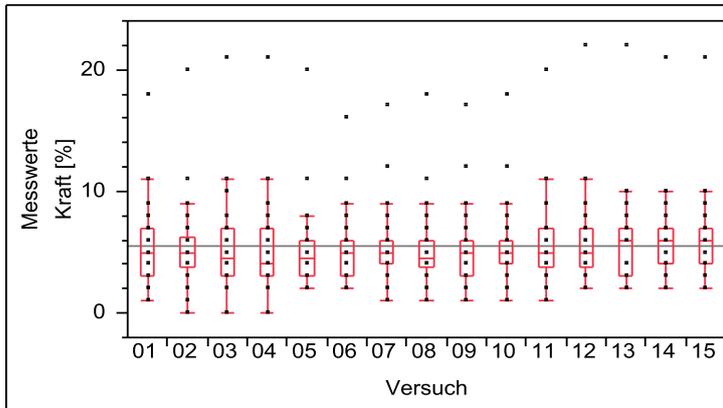
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,6265	14	0,9996

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 25, Folie 1:

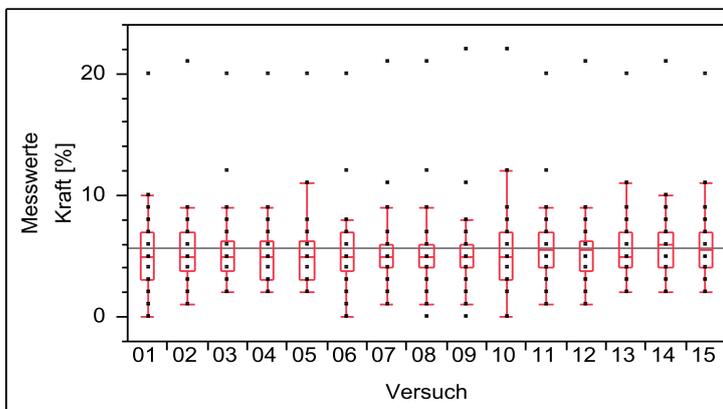


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
3,9149	14	0,9960

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 25, Folie 2:



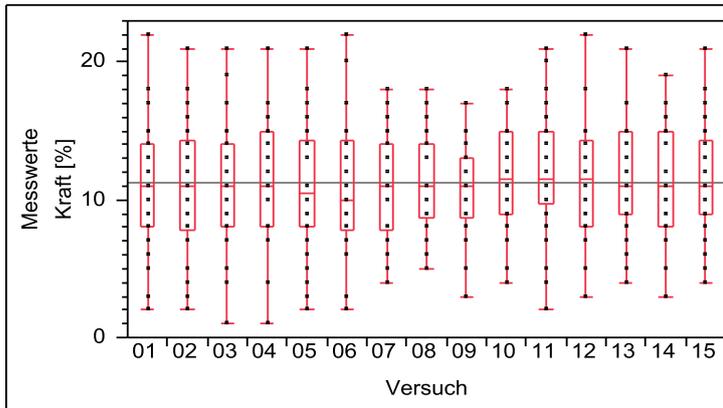
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,8412	14	1,0000

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 26, Folie 1:

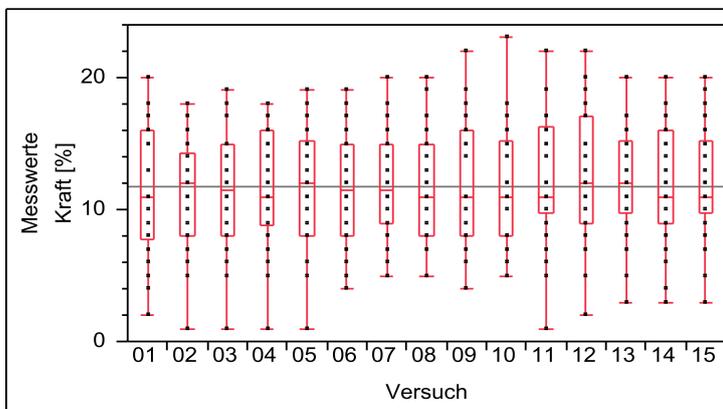


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,9790	14	0,9991

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 26, Folie 2:



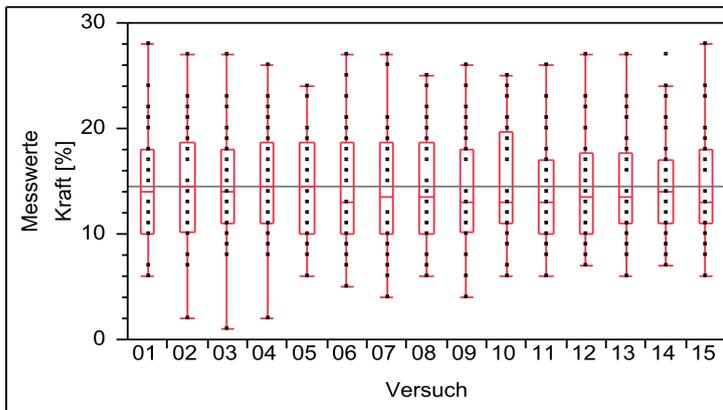
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,8425	14	0,9993

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 27, Folie 1:

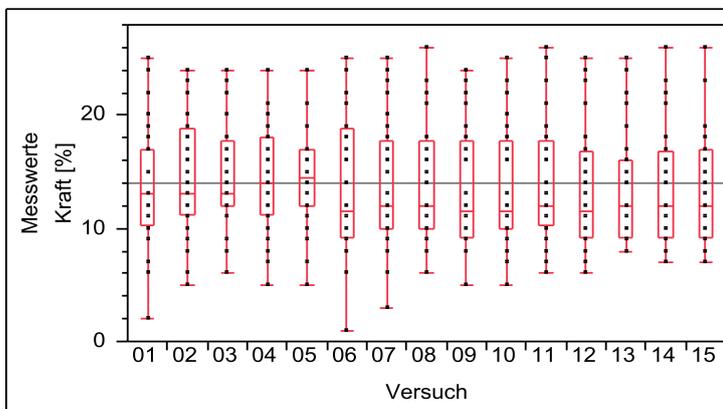


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
1,9726	14	0,9999

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 27, Folie 2:



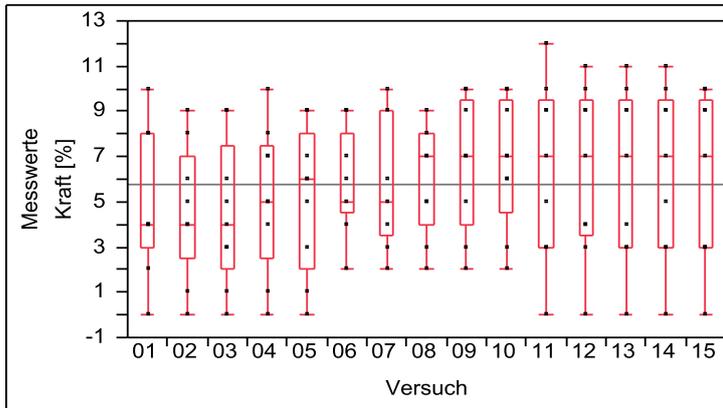
Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
8,2380	14	0,8766

3. Ergebnisse

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 28, Folie 1:

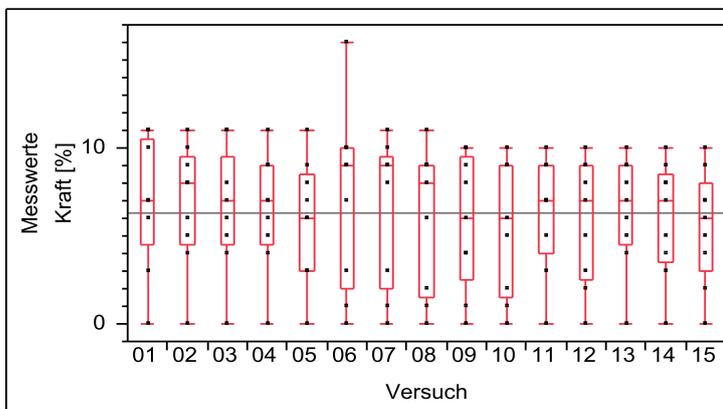


Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
6,3618	14	0,9565

Einfaktorielle Analyse des Zahnes 28, Folie 2:



Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

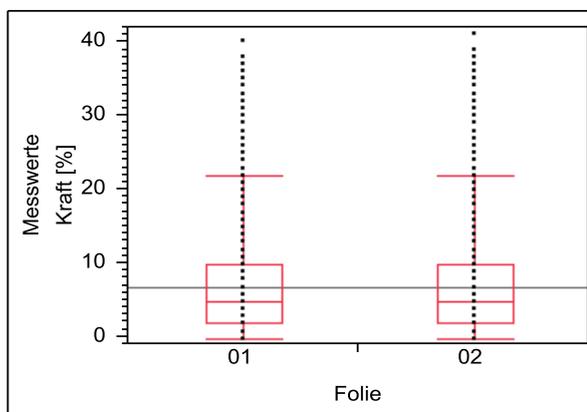
Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrsch.>Chi ²
2,7305	14	0,9995

3. Ergebnisse

3.3 Einfluss Folienwechsel

Der Einfluss des Folienwechsels auf den Messwert wurde mit dem Wilcoxon-Rangsummentest bestimmt. Dabei wurden alle Messwerte der ersten Folienmessung allen Messwerten der zweiten Folienmessung gegenüber gestellt.

Einfaktorielle Analyse von Messwerte Kraft [%] nach Folie



Quantile

Stufe	Minimum	10 %	25 %	Median	75 %	90 %	Maximum
01	0	0	2	5	10	16	40
02	0	0	2	5	10	16	41

Wilcoxon/Kruskal-Wallis-Tests (Rangsummen)

Kategorie	Häufigkeiten	Score-Summe	Score-Mittelwert	(Mittelwert-Mittelwert0)/Std.0
01	7395	5,47e+7	7393,92	-0,330
02	7415	5,5e+7	7417,05	0,330

Einfaktorieller Test, Chi-Quadrat-Approximation

Chi ²	Freiheitsgrade	Wahrscheinlichk. > Chi ²
0,1089	1	0,7415

3.4 Ergebnisse Foliendickenmessung

Es wurden abschließend 65 originalverpackte Folien auf ihre Dicke hin vermessen. Der Hersteller gibt eine Dicke von 100 μm an.

Die Foliendickenmessung ergab bei 34 % der vermessenen Folien eine Dicke von 90 μm , bei 65% der Folien eine Dicke von 100 μm und bei 1% der Folien eine Dicke von 110 μm .

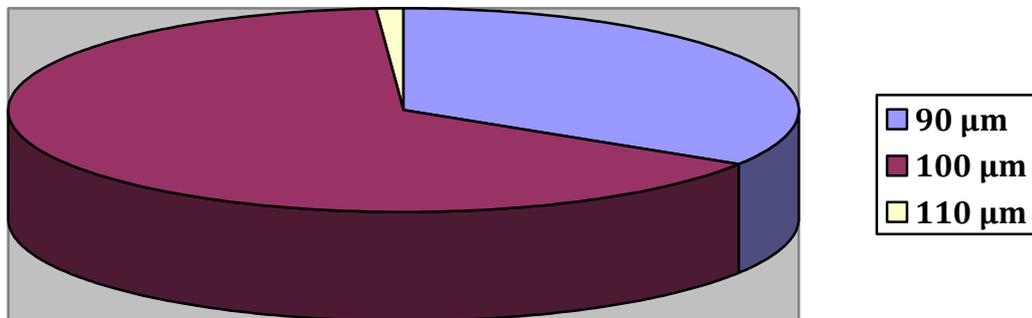


Abbildung 9: Ergebnis der Foliendickenmessung

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methode

Die Messgenauigkeit und klinische Relevanz der bisher drei existierenden Generationen des T-Scan-Systems (T-Scan, T-Scan II, T-Scan III) werden in der Literatur stark kontrovers diskutiert.

1989 untersuchten Patyk et al. anhand einer labortechnischen Studie die Sensibilität sowie das planare Auflösungsvermögen des T-Scan. Sie bescheinigten der Methode eine Einschränkung der klinischen Anwendbarkeit auf Grund mangelnden Auflösungsvermögens und teilweise zu hohen Sensibilitätsschwellen (32).

Im selben Jahr veröffentlichten Patyk et al. eine klinische okklusionsanalytische Vergleichsstudie, deren Schlussfolgerung war, dass das T-Scan für die Diagnostik äußerst begrenzte Möglichkeiten biete, jedoch als Veranschauligungsmittel sowohl für die Patientenaufklärung als auch für die Lehre sinnvoll sei (33). Kritikpunkt stellte die mangelnde Flexibilität der Sensorfolie und die daraus resultierende Verzerrungen in den Aufnahmen dar (33).

Weiterhin wurde beim Vergleich der Anzahl der Kontaktpunkte festgestellt, dass sich die Ergebnisse für jeden Probanden signifikant unterscheiden (10).

Lyons et al. überprüften das System im Hinblick auf die Messung der prozentualen Kaukraft und kamen zu dem Ergebnis, dass das T-Scan Kraft nicht exakt misst, es jedoch im klinischen Alltag durch erfahrene Benutzer sinnvoll einzusetzen sei (28).

Die Analyse der Messgenauigkeit und Reliabilität des T-Scan ergab bei Harvey et al. eine eingeschränkte Genauigkeit bei mehr als zwei Messungen mit einer Sensorfolie. Es maß jedoch verlässlich bei zwei aufeinander folgenden Kraftmessungen (16).

1992 bescheinigten Dees et al. dem T-Scan weder eine exakte Messung der Topografie der okklusalen Kontakte noch eine ausreichende Reproduzierbarkeit (8).

Setz und Geis-Gerstorfer untersuchten die T-Scan-Sensorfolie auf ihre Genauigkeit hin, indem sie eine definierte Kraft mehrmals auf einen Punkt der Folie wirken ließen. Dabei erzielten sie zufriedenstellende Ergebnisse, jedoch nicht beim Vergleich der Messwerte mit einem weiteren Messpunkt auf derselben Folie und auf einer weiteren Folie (39).

Im Gegensatz dazu stehen viele Veröffentlichungen, die dem T-Scan-System sowohl eine hervorragende Messgenauigkeit als auch eine klinische Anwendbarkeit bescheinigen. Das T-Scan-System wird bereits als verlässliches diagnostisches Mittel für diverse Studien benutzt (11, 20, 29, 31, 40).

Reza Moini und Neff untersuchten 1991 an zehn Probanden die Präzision und Reproduzierbarkeit okklusaler Kontakte mit dem T-Scan-System. Ergebnis der Studie war eine 100%ige Präzision und Reproduzierbarkeit aller Kontakte bei allen Probanden (37).

Garrido Garcia et al. beschrieben das T-Scan-System als verlässliche Methode für die Analyse und Beurteilung okklusaler Kontaktverteilung in der maximalen Interkuspitationsposition (12).

Maness und Podoloff verglichen 1989 die Normverteilung okklusaler Kontakte in der maximalen Interkuspitationsposition, ermittelt mit dem T-Scan-System, mit Ergebnissen vorangegangener Studien, die sich anderer Methoden bedienten. Sie kamen zu dem Schluss, dass sich die Ergebnisse entsprachen. Außerdem bescheinigten sie dem T-Scan-System eine großartige Zukunft als klinisches Diagnosegerät für die Okklusionsbestimmung (29).

Miuzi et al. beurteilten das T-Scan-System als ein klinisch nützliches Diagnosegerät für die Messung der okklusalen Stabilität in der Interkuspitationsposition (31).

Auch Gonzalez Sequeros, Garrido Garcia & Garcia Cartagena analysierten 1997 die Verteilung der Kontaktpunkte in der maximalen Interkuspitationsposition mit Hilfe des T-Scan-Systems und fanden keine signifikanten Unterschiede in der Anzahl der Kontaktpunkte bei vier ausgewerteten Kauzyklen eines jeden Probanden (14).

Das T-Scan II wurde von Hirano et al. auf seine Messgenauigkeit und Reproduzierbarkeit und von Kenji et al. auf die klinische Anwendbarkeit bei Totalprothesenträgern überprüft und für brauchbar empfunden (17, 19).

Die Firma Tekscan Ink. hat unserer Ansicht nach bei ihrer neuesten Version, dem T-Scan III, die bisher in der Literatur beschriebenen Mängel behoben zu haben, da wir eine präzise und zuverlässige Messgenauigkeit und eine gute klinische Anwendbarkeit vorgefunden haben.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Die erlangten Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass der T-Scan III eine klinisch relevante Methode zur Abbildung okklusaler Kontaktpunkte sowie zur Messung der prozentualen Kaukraftverteilung darstellt. Es konnte gezeigt werden, dass die erlangten Messwerte nicht erheblich von dem wahren, nicht messbaren Wert differieren. Die Methode ist mit einer Messgenauigkeit von 2,0 ($1,96 * s_w$) und einer Variabilität von 2,8 ($2,77 * s_w$) unserer Meinung nach als präzise zu betrachten. Es bedeutet, dass bei 95% aller Messungen der Messwert um maximal 2% vom wahren Wert abweicht und dass die maximal mögliche Differenz zweier Messwerte in 95% aller Fälle 2,8% beträgt.

Eine weitere Anforderung an eine klinisch relevante Methode ist der Ausschluss von externen Einflüssen, die die Messwerte signifikant beeinflussen.

Im Zuge dieser Studie konnte gezeigt werden, dass weder die Wiederholungsmessungen noch die Neupositionierung nach jeweils fünf aufgezeichneten Kauzyklen einen statistisch signifikanten Einfluss auf den Messwert haben.

Auch der Folienwechsel, der nach jeweils fünfzehn aufgezeichneten Kauzyklen erfolgte, wurde statistisch analysiert. Es konnte keine statistisch signifikante Korrelation nachgewiesen werden.

4.3 Diskussion der Fehlerquellen

Äußere Einflüsse und Fehler in der Vorbereitung und Ausführung des Versuchs beeinflussen die Messergebnisse und die Messgenauigkeit erheblich.

Daher sind die Positionierung des Probanden, die genaue Kalibrierung des Softwareprogrammes und das Einhalten des vorgegebenen Referenzpunkts von außerordentlicher Wichtigkeit.

Eine aufrechte und entspannte Sitzhaltung mit angelehntem Kopf verhindert, dass die Okklusion durch verschiedene Lagerungen beeinflusst wird.

Der erfahrene Behandler sollte immer in gleicher Position vor dem Probanden stehen und das Sensorhandstück parallel zur Okklusionsebene in den Mund einführen. Durch eine Veränderung der Sensorneigung verändert sich sowohl die Sensorfolienpositionierung intraoral als auch die Krafrichtung.

Das nicht sachgemäße Anlegen des Folienhalters an den vorgegebenen Referenzpunkt kann dazu führen, dass die in der Voreinstellung festgelegten Zahnfelder nicht mit den tatsächlichen Zähnen übereinstimmen und dadurch falsche Rückschlüsse auf die tatsächlichen Okklusionsverhältnisse gezogen werden. Der Referenzpunkt am Sensorhalter besteht aus einem kleinen Dreieck, das an den Inzisalpunkt zwischen den beiden oberen mittleren Inzisiven angelegt wird.

Zu Beginn der Messung ist die richtige Foliengröße auszuwählen. Die Auswahl birgt eine weitere Fehlerquelle in sich.

Wählt man eine zu kleine Folie aus, kann es zu Nichtabbildungen dorsaler Zahnkontakte kommen, welche das gesamte Ergebnis der prozentualen Kraftverteilung verfälschen.

Wählt man eine zu große Folie aus, so kann es sein, dass diese Richtung dorsal abgknickt wird und somit eine nicht beabsichtigte Kraftaufzeichnung stattfindet. Weiterhin kann die Größe des Messfolienhalters die Bewegung des Unterkiefers ablenken.

Die Individualisierung erfolgt durch Aufbeißen auf die Messfolie. Der Proband wird angehalten, sich mehrmals locker einzubeißen, bis er die Folie nicht mehr bewusst wahrnimmt. Danach beißt er mit einer für ihn normalen Kraft zu und

hält diese. Am Computer wird nun die Empfindlichkeit so eingestellt, dass die stärksten Kontakte rot dargestellt werden und eine Abstufung über orange, gelb, grün bis zu dunkelblau abgebildet wird.

Bei falscher Sensibilität des Sensors können sowohl die minimalen als auch die maximalen Kraftwerte verfälscht sein.

Zu Beginn der Messung wird der Zahnbogen eines jeden Probanden aus der mesio-distalen Breite eines mittleren oberen Inzisiven bestimmt.

Dies muss mit großer Genauigkeit, am besten mit einem zahnärztlichen Tastzirkel, bestimmt werden, da aus einer falschen Zahnbogenbreite eine unwahre Zuordnung der okklusalen Kontaktpunkte zu den Zähnen resultiert.

Auch der Proband selbst stellt mehrere Fehlerquellen dar. Unterschiedliches Okkludieren kann zwar durch richtiges Positionieren des Sensors und durch gutes Anleiten des Probanden minimiert, aber nicht vollständig ausgeschlossen werden. Sowohl unklare Okklusionsverhältnisse als auch mangelnde Motivation, Unkonzentriertheit oder Müdigkeit seitens des Probanden können die Messgenauigkeit beeinträchtigen.

Letztlich muss vor jeder Messung ausgeschlossen werden, dass Sensorhandstück, Sensorfolie oder die Verbindung zum verwendeten Computer defekt sind.

4.4 Diskussion der Anwendungsgebiete

Die exakte Analyse der okklusalen Kraftverhältnisse und der Lokalisation der Kontaktpunkte ist im klinischen Alltag eines Zahnarztes von großer Wichtigkeit. Bislang werden dazu hauptsächlich farbmarkierende Okklusionspapiere, -folien oder -seiden verwendet. Diesen Okklusionsindikatoren ist das T-Scan III in einigen Punkten überlegen. Es werden oftmals fälschlicherweise Rückschlüsse aus der Größe des markierten Kontaktpunktes auf die Stärke der okklusalen Kraftverhältnisse gezogen. Dabei hat R. Kerstein in einer Studie analysiert, dass die Reliabilität zwischen der Größe des markierten Kontaktpunktes und der tatsächlich einwirkenden Kraft nur 21 % beträgt (20). Auch Carey et al. fanden keine direkte Beziehung zwischen der abgebildeten Kontaktpunktgröße und der einwirkenden Kraft (6). Mit dem T-Scan III kann nun die relative Kraftverteilung über den Zahnbogen im Seitenvergleich, im Einzelzahnvergleich oder im Vergleich von Zahngruppen dargestellt werden. Auch haben bei der Abbildung der okklusalen Verhältnisse mittels Okklusionsfolien sowohl das feuchte Mundmilieu als auch die verschiedenen Materialien wie Gold, Keramik und Zahnschmelz Einfluss auf die Genauigkeit der Abbildung (36), die bei der Darstellung mit dem T-Scan III keinen Einfluss nehmen, da er nicht auf Farbmarkierungen intraoral angewiesen ist.

Weiterhin stellt die Möglichkeit der Abbildung des zeitlichen Ablaufs der Okklusion ein Fortschritt in der Diagnostik von Vor- und Frühkontakten dar.

In der konservierenden Zahnheilkunde ist die Darstellung der Kontaktpunkte nach jeder Füllungstherapie und beim Anfertigen und Eingliedern von Inlays, Onlays und Teilkronen ein Routineverfahren. Auch bei der Diagnostik und Behandlung von Parodontalerkrankungen ist die genaue Analyse der okklusalen Verhältnisse notwendig. Überbelastungen einzelner Zähne und Vorkontakte können zu Überbelastungen des Parodonts sowie zu Wurzellängsfrakturen oder frühzeitigen Implantatverlusten führen (7, 18, 25, 34, 43).

Somit stellt der T-Scan III auch eine Verbesserung der diagnostischen und therapeutischen Möglichkeiten in der Implantologie sowie in der prothetischen

Zahnheilkunde dar. Gerade auch zur Dokumentation der okklusalen Verhältnisse vor einer großen prothetischen Neuversorgung, sei es mit festsitzendem, herausnehmbaren oder kombiniert festsitzend-herausnehmbaren Zahnersatz, bietet sich das T-Scan III als schnelle und einfache Möglichkeit an.

Auch bei der Diagnostik von Dysfunktionssymptomen sowie bei der Behandlung derselben mittels äquilibrirt eingeschliffenen Schienen kann das T-Scan III behilflich sein.

In der Kieferorthopädie ist die Dokumentation von Anfangs- und Endsituation einer jeden Behandlung notwendig. Hier könnte das T-Scan III helfen, Zeit und Lagerraum zu sparen. Weiterhin dient es anschaulich der Patientenmotivation und -instruktion. Auch bei der Planung und Durchführung von Modell-Operationen vor bignathen Umstellungsosteotomien ist die genaue Analyse der Bissituation durch das T-Scan III optimierbar.

Letztlich kann das T-Scan III mit seiner verlässlichen Messgenauigkeit und Reliabilität für klinische Studien und Forschungszwecke genutzt werden.

4.5 Schlussfolgerung

Im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Kontroversitäten über die Messgenauigkeit und klinische Anwendbarkeit des T-Scan kommen wir auf Grund unserer Versuchsauswertung zu der Annahme, dass das neue T-Scan III ein präzises und zuverlässiges Messinstrument zur Darstellung und Analyse sowohl des zeitlichen Ablaufs als auch der prozentualen Kraftverteilung der Okklusion darstellt. Signifikante Messfehler oder äußere Einflussnahmen, wie zum Beispiel den Folienwechsel und die Neupositionierung im Patientenmund, konnten wir nicht nachweisen.

Die Firma Tekscan Ink. (Boston, Mass., USA) scheint die in der Vergangenheit bestehenden Probleme mit ihrer aktuellen Version, dem T-Scan III, gelöst zu haben.

Das T-Scan III bietet sich als eine gute und sinnvolle Erweiterung zur Okklusionsdarstellung im klinischen Alltag an. In Kombination mit farblich markierenden Folien können somit auch Früh- und Vorkontakte durch die Analyse des zeitlichen Ablaufs und Überbelastungen einzelner Zähne oder Zahngruppen durch die Analyse der prozentualen Kraftverteilung zielstrebig erkannt und beseitigt werden.

Auch die Kraftverhältnisse im Seitenvergleich sowie im Vergleich anteriorer und posteriorer Zahngruppen sind mit dem T-Scan III intuitiv zu erfassen.

Ein weiterer Fortschritt ist die erleichterte Dokumentation durch die T-Scan-Software, nicht zuletzt aus forensischen Gründen ein wichtiger Aspekt für jeden Zahnarzt.

Förderlich für die präzise Anwendung des T-Scan III sind die Erfahrung des Behandlers und die genaue Vermeidung möglicher Fehlerquellen.

5. Zusammenfassung

Bisher ist die Okklusionsdarstellung am Patienten durch farblich markierende Folien, Papiere oder Seiden eine gängige Methode. Die Analyse des zeitlichen Verlauf sowie der tatsächlichen Kraftverhältnisse können damit jedoch nur unzureichend klinisch veranschaulicht werden. Ein digitales Messverfahren, wie das von uns verwendete T-Scan III, kann dabei Abhilfe schaffen.

Untersucht wurde die Messgenauigkeit und Verlässlichkeit der Methode anhand 42 gesunder Probanden. Jeder Proband wurde angehalten insgesamt 30 normale Kauzyklen durchzuführen. Jeweils fünf aufeinander folgende Kauzyklen bilden eine Messaufzeichnung. Anschließend wurde der Sensorhalter aus dem Probandenmund entfernt und wieder neu eingesetzt. Jeweils drei aufeinander folgende Messaufzeichnung bilden eine Folienmessung. Zwischen den zwei Folienmessungen fand ein Folienwechsel statt.

Untersucht wurden der intraindividuelle Messfehler s_w nach Bland und Altman, sowie der Einfluss der Wiederholungsmessungen anhand des Kruskal-Wallis-Rangsummen-Tests und der Einfluss des Folienwechsels anhand des Wilcoxon-Rangsummen-Tests.

Das Ergebnis war ein geringer Messfehler und keine nachweisbaren Einflüsse durch Folienwechsel oder Wiederholungsmessungen.

Auf Basis unserer Untersuchungsergebnisse sehen wir das T-Scan III als eine präzise und verlässliche Methode zur Messung der Okklusion und Analyse ihrer prozentualen Kraftverteilung, bei der Einflüsse äußerer Faktoren, wie Folienwechsel oder Wiederholungsmessungen klinisch nicht relevant sind.

Die Kontrolle und das Einschleifen eines der vielen Okklusionskonzepte ist täglicher Gegenstand der Arbeit eines jeden Zahnarztes. Unabhängig vom angestrebten Okklusionskonzept bietet der T-Scan III durch die Analyse des zeitlichen Ablaufs und der Darstellung der prozentualen Kraftverteilung zwei bisher nicht existierende Dimensionen der Okklusionsbetrachtung. Dies kann

5. Zusammenfassung

für das Aufsuchen und Entfernen von störenden Früh- und Vorkontakten in der konservierenden, prothetischen und funktionellen Zahnmedizin und für die Analyse von Überbelastungen einzelner Zähne oder Zahngruppen und der Beseitigung dieser durch Einschleifen genutzt werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Alkan A, Keskiner I, Arici S, Sato S. The effect of periodontal surgery on bite force, occlusal contact area and bite pressure. *J Am Dent Assoc.* 2006 Jul;137(7):978-83; quiz 1028.
2. Ando K, Fuwa Y, Kurosawa M, Kondo T, Goto S. Bite force measurement system using pressure-sensitive sheet and silicone impression material. *Dent Mater J.* 2009 Mar;28(2):212-8.
3. Battistuzzi PG, Eschen S, Peer PG. Contacts in maximal occlusion. *J Oral Rehabil.* 1982 Nov;9(6):499-507.
4. Bland JM, Altman DG. Measurement error. *BMJ.* 1996 Sep 21;313(7059):744.
5. Bland JM, Altman DG. Measurement error. *BMJ.* 1996 Jun 29;312(7047):1654.
6. Carey JP, Craig M, Kerstein RB, Radke J. Determining a relationship between applied occlusal load and articulating paper mark area. *Open Dent J.* 2007;1:1-7.
7. Conrad HJ, Schulte JK, Vallee MC. Fractures related to occlusal overload with single posterior implants: a clinical report. *J Prosthet Dent.* 2008 Apr;99(4):251-6.
8. Dees A, Kess K, Proff P, Schneider S. [The use of the T-Scan system in occlusal diagnosis]. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl.* 1992;80(3):145-51.
9. End E. Die physiologische Okklusion des menschlichen Gebisses. München: Neuer Merkur Verlag; 2005.
10. Garcia Cartagena A, Gonzalez Sequeros O, Garrido Garcia VC. Analysis of two methods for occlusal contact registration with the T-Scan system. *J Oral Rehabil.* 1997 Jun;24(6):426-32.
11. Garg AK. Analyzing dental occlusion for implants: Tekscan's TScan III. *Dent Implantol Update.* 2007 Sep;18(9):65-70.
12. Garrido Garcia VC, Garcia Cartagena A, Gonzalez Sequeros O. Evaluation of occlusal contacts in maximum intercuspation using the T-Scan system. *J Oral Rehabil.* 1997 Dec;24(12):899-903.

13. Gazit E, Fitzig S, Lieberman MA. Reproducibility of occlusal marking techniques. *J Prosthet Dent.* 1986 Apr;55(4):505-9.
14. Gonzalez Sequeros O, Garrido Garcia VC, Garcia Cartagena A. Study of occlusal contact variability within individuals in a position of maximum intercuspation using the T-SCAN system. *J Oral Rehabil.* 1997 Apr;24(4):287-90.
15. Halperin GC, Halperin AR, Norling BK. Thickness, strength, and plastic deformation of occlusal registration strips. *J Prosthet Dent.* 1982 Nov;48(5):575-8.
16. Harvey WL, Hatch RA, Osborne JW. Computerized occlusal analysis: an evaluation of the sensors. *J Prosthet Dent.* 1991 Jan;65(1):89-92.
17. Hirano S, Okuma K, Hayakawa I. [In vitro study on accuracy and repeatability of the T-Scan II system]. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 2002 Sep;69(3):194-201.
18. Isidor F. Loss of osseointegration caused by occlusal load of oral implants. A clinical and radiographic study in monkeys. *Clin Oral Implants Res.* 1996 Jun;7(2):143-52.
19. Kenji O, Shigezo H, Iwao H. [A clinical application of the T-Scan II system--usefulness for evaluating occlusal contacts of complete denture wearers]. *Kokubyo Gakkai Zasshi.* 2002 Dec;69(4):277-84.
20. Kerstein RB. Articulating paper mark misconceptions and computerized occlusal analysis technology. *Dent Implantol Update.* 2008 Jun;19(6):41-6.
21. Kimmel K, Schmarje R. [Occlusion from A-Z--concepts and technical terms in review]. *Dent Labor (Munch).* 1981 Feb;29(2):228-32 cond.
22. Kimmel K, Schmarje R. [Occlusion from A-Z--concepts and technical terms in review]. *Dent Labor (Munch).* 1981 Jan;29(1):71-3 contd.
23. Klaus M. Lehmann EH. *Zahnärztliche Propädeutik.* Urban&Fischer E, editor. München2002.
24. Koriath TW. Number and location of occlusal contacts in intercuspation position. *J Prosthet Dent.* 1990 Aug;64(2):206-10.

25. Lawn BR, Lee JJ. Analysis of fracture and deformation modes in teeth subjected to occlusal loading. *Acta Biomater.* 2009 Jul;5(6):2213-21.
26. Lotzmann U. [Principles of occlusion. Part II]. *Dent Labor (Munch).* 1980 Jun;28(6):963-74.
27. Lotzmann U. [Principles of occlusion]. *Dent Labor (Munch).* 1980 May;28(5):795-802.
28. Lyons MF, Sharkey SW, Lamey PJ. An evaluation of the T-Scan computerised occlusal analysis system. *Int J Prosthodont.* 1992 Mar-Apr;5(2):166-72.
29. Maness WL, Podoloff R. Distribution of occlusal contacts in maximum intercuspation. *J Prosthet Dent.* 1989 Aug;62(2):238-42.
30. Millstein PL. An evaluation of occlusal contact marking indicators: a descriptive, qualitative method. *Quintessence Int Dent Dig.* 1983 Aug;14(8):813-36.
31. Mizui M, Nabeshima F, Tosa J, Tanaka M, Kawazoe T. Quantitative analysis of occlusal balance in intercuspation position using the T-Scan system. *Int J Prosthodont.* 1994 Jan-Feb;7(1):62-71.
32. Patyk A, Lotzmann U, Paula JM, Kobes LW. [Is the T-scan system a relevant diagnostic method for occlusal control?]. *ZWR.* 1989 Aug;98(8):686, 8, 93-4.
33. Patyk A, Lotzmann U, Scherer C, Kobes LW. [Comparative analytic occlusal study of clinical use of T-scan systems]. *ZWR.* 1989 Sep;98(9):752-5.
34. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D. Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system. *Clin Oral Implants Res.* 1992 Sep;3(3):104-11.
35. Reiber T, Fuhr K, Hartmann H, Leicher D. [Recording occlusal indicators. Introduction to occlusal surface materials and roughness]. *ZWR.* 1989 Sep;98(9):756, 8, 60-1.
36. Reiber T, Fuhr K, Hartmann H, Leicher D. [Recording pattern of occlusal indicators. I. Influence of indicator thickness, pressure, and surface morphology]. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1989 Feb;44(2):90-3.
37. Reza Moini M, Neff PA. Reproducibility of occlusal contacts utilizing a computerized instrument. *Quintessence Int.* 1991 May;22(5):357-60.

38. Schelb E, Kaiser DA, Brukl CE. Thickness and marking characteristics of occlusal registration strips. *J Prosthet Dent.* 1985 Jul;54(1):122-6.
39. Setz J, Geis-Gerstorfer J. [Properties of a measuring system for digital occlusion diagnosis]. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1990 Jul;45(7 Spec No):S65-6.
40. Stern KK, B. Comparison of the Greifswald Digital Analyzing System with the T-Scan III with respect to clinical reproducibility for displaying occlusal contacts. *Journal of Craniomandibular Function.* 2010;2(2):107-19.
41. Suckert R. *Okklusionskonzepte.* GmbH VNM, editor. München 1992.
42. Sultana MH, Yamada K, Hanada K. Changes in occlusal force and occlusal contact area after active orthodontic treatment: a pilot study using pressure-sensitive sheets. *J Oral Rehabil.* 2002 May;29(5):484-91.
43. Tawil G. Peri-implant bone loss caused by occlusal overload: repair of the peri-implant defect following correction of the traumatic occlusion. A case report. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2008 Jan-Feb;23(1):153-7.
44. Wilcoxon F. Individual comparisons by ranking methods. *Biometric Bulletin.* 1945 December 1945;01(06):80-3.
45. William H. Kruskal WAW. Use of ranks in one criterion variance analysis. *Journal of the american statistical association.* 1952 December 1952;47(260):583-621.
46. Woda A, Gourdon AM, Faraj M. Occlusal contacts and tooth wear. *J Prosthet Dent.* 1987 Jan;57(1):85-93.

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: T-Scan-Handstück.....	10
Abbildung 2: 3D-Ansicht.....	11
Abbildung 3: 2D-Ansicht.....	12
Abbildung 4: Kraft-Zeit-Diagramm	12
Abbildung 5: Excel-Tabelle zur Auswertung der Messdaten	13
Abbildung 6: T-Scan-Handstück im Probandenmund.....	18
Abbildung 7: Gesamtmessfehler s_w	24
Abbildung 8: Mittelwerte, Messfehler, Messgenauigkeit und Variabilität	25
Abbildung 9: Ergebnis der Foliendickenmessung.....	44

8. Anhang

8.1 Probandeninformation

Poliklinik für Kieferorthopädie
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Osianderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Tel.: +49 7071 29 80961



Informationen zu der Studienteilnahme

Wissenschaftliche Studie:
Messfehleranalyse und Methodenüberprüfung
zur statischen und dynamischen Okklusion mit dem T-Scan III

Im Rahmen dieser Studie soll die Zuverlässigkeit des Gerätes T-Scan III zur Untersuchung von Okklusionsverhältnissen überprüft werden.

Mit dem Gerät T-Scan III ist es möglich, genaue Okklusionsbewegungen Computer unterstützt darzustellen und auszuwerten, sowie Kraftverteilungen zu analysieren. Dies ist mit herkömmlichen Methoden so nicht möglich. Der Einsatz des T-Scan III in der zahnärztlichen Praxis kann somit potenziell eine präzisere Diagnostik und eine verbesserte Therapie ermöglichen.

Die Messung erfolgt mit dem für diese Anwendung zugelassenen und zuverlässigen Gerät T-Scan III. Hierbei ist es notwendig auf einer dünnen Kunststoff-Folie zu kauen. Diese zeichnet die Bewegungen und die Kaukräfte auf. Die Messung ist biologisch völlig unbedenklich. Es gibt keine Risiken und keine Nebenwirkungen. Zusätzlich erfolgt eine orientierende kieferorthopädische Untersuchung, eine Abformung der Zahnbögen von Ober- und Unterkiefer mit zahnärztlichem Abformmaterial und eine Bißregistrierung. Der erforderliche Zeitaufwand beträgt etwa 30 Minuten.

Im Rahmen der Durchführung wird jeder Teilnehmer im Hinblick auf kieferorthopädische Fehlstellungen und fehlerhafte Bissituation untersucht. Hierbei werden eventuelle Auffälligkeiten dem Teilnehmer mitgeteilt und die Studienleiter stehen gerne zur Erklärung und orientierenden Beratung zur Verfügung. Den Teilnehmern wird das für ihre spätere berufliche Tätigkeit potentiell wichtige Gerät erläutert und das Verfahren demonstriert.

Die Teilnahme an der Studie ist freiwillig. Die Teilnahme kann auch jederzeit, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile, beendet werden.

Bei weiteren Fragen stehen die Studienleiter gerne zur Verfügung.

Universitätsklinikum Tübingen
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde - Poliklinik für Kieferorthopädie - Osianderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Studiendurchführung Koos, B., Godt, A - Tel.: +49 7071 29 80961

8.2 Einverständniserklärung

Poliklinik für Kieferorthopädie
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Osianderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Tel.: +49 7071 29 80961



Information zum Datenschutz und Einwilligungserklärung zur Studienteilnahme

Wissenschaftliche Studie:
Messfehleranalyse und Methodenüberprüfung
zur statischen und dynamischen Okklusion mit dem T-Scan III

Ihre im Rahmen der wissenschaftlichen Untersuchung erhobenen Daten werden vertraulich behandelt und ausschließlich in verschlüsselter Form weitergegeben. Die für die wissenschaftliche Untersuchung wichtigen Daten werden in verschlüsselter Form (pseudonymisiert, ohne Namensnennung) in einen gesonderten Dokumentationsbogen eingetragen. Die Zuordnung der verschlüsselten Daten zu Ihrer Person ist nur anhand einer Teilnehmerliste möglich, die in einem verschlossenen Schrank, getrennt von den Studienunterlagen aufbewahrt wird und nur dem Studienleiter zugänglich ist. Nach drei Jahren wird diese Teilnehmerliste sachgerecht vernichtet. Bei Abbruch der Studie werden die gesamten Daten sachgerecht vernichtet.

Einwilligungserklärung

Ich nehme an der Studie teil. Ich erkläre mich mit der Verwendung der im Rahmen der Studie erhobenen Daten in der oben beschriebenen Weise einverstanden. Ich kann jederzeit meine Daten beim Studienleiter einsehen. Ich wurde in einem Gespräch aufgeklärt und alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet. Eine Kopie des Informationsblattes wurde mir ausgehändigt.

Ich weiß, dass ich jederzeit das Recht habe, ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für die weitere Behandlung, von der Teilnahme an der Studie zurück zu treten. Sollte ich von der Studie zurücktreten, kann ich entscheiden, ob die bereits vorliegenden Daten vernichtet werden müssen oder weiterverwendet werden dürfen.

Tübingen, den

Unterschrift

Name des Teilnehmers/der Teilnehmerin in Blockschrift

Tübingen, den

Unterschrift

Name des Prüfarztes

Universitätsklinikum Tübingen
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde - Poliklinik für Kieferorthopädie - Osianderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Studiendurchführung Koos, B., Godt, A - Tel.: +49 7071 29 80961

8.3 Untersuchungsbogen

Untersuchungsbogen Craniomandibuläre Dysfunktion
CMD Screening



1.0 Grunddaten Lfd. Nr.

Patientennummer: <input style="width: 95%;" type="text"/>	Datum der Untersuchung:	Stempel Untersucher <input style="width: 95%; height: 20px;" type="text"/>
---	----------------------------------	--

2.0 CMD Kurzbefund

	✓	Ja	Nein
Mundöffnung asymmetrisch			
Kiefergelenksgeräusche			
Muskelpalpation schmerzhaft M. masseter pars superf. M. temporalis pars ant. M. digastricus vent. post.			
Mundöffnung zu gering / zu groß			
(Asynchrone)Okklusionsgeräusche			
Exzentrische Okklusion traumatisch?			
Anzahl Ja/Nein:			

Max. Anzahl pos. Befunde		✓
1	Funktionell gesund	
2	Kompensierte Funktionsstörung	
≥ 3	CMD liegt vor	

Nur bei positivem CMD Kurzbefund (3 oder mehr positive Befunde):

3.0 CMD Anamnese

	✓	Keine Beschwerden	< 6 Mon.	< 1 Jahr	< 2 Jahre	>2 Jahre
Seit wann bestehen die Beschwerden?						
Beeinträchtigt die CMD die Lebensqualität des Patienten?					✓	Ja Nein
Begannen die Beschwerden in zeitlicher Nähe: - zu einem Unfall?						
- Stresssituation (Beruf/privat)?						
- umfangreichen Zahnbehandlung?						
- kieferorthopädischen Behandlung?						
Wurden bereits Therapieversuche durchgeführt?						
Physiotherapie, Manuelle Therapie?						
⇒ Ergaben sich hierbei Besserungen der Beschwerden?						
Schienentherapie?						
⇒ Ergaben sich hierbei Besserungen der Beschwerden?						
Medikamentöse Therapie?						
⇒ Ergaben sich hierbei Besserungen der Beschwerden?						
Wurde der Pat. in der Vergangenheit kieferorthopädisch behandelt?						
Bestehen außer der CMD andere Beschwerden des musk. Bewegungsapparates?						
Bestehen außer der CMD andere Beschwerden des skelet. Bewegungsapparates?						
Bestehen häufig Kopfschmerzen, Migräne?						

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde - Poliklinik für Kieferorthopädie - Oslanderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Zentrale Aufnahme: Bechtold, T. – Koos, B. – Tel.: +49 7071 29 82160

Seite 1 von 2

8. Anhang

Untersuchungsbogen Craniomandibuläre Dysfunktion CMD Screening



3.0 CMD Befund

	✓	Klasse	I	II	II,1	II,2	III
klin. Bissstellung / -lage							
Naturgesundes Gebiss	✓					Ja	Nein
Suffizient konservierend und prothetisch versorgtes Gebiss							
Insuffizient konservierend und prothetisch versorgtes Gebiss							
Parafunktionelle Befunde I – Zungenintendationen, Wangenveränderungen, Abrasionen, Facetten							
Parafunktionelle Befunde II – Keilförmige Defekte, Rezessionen, McCallsche Girlanden, Stillman Spalten, Zahnlockerungen	✓					re	li
Palpationsbefunden druckdolent – M. masseter							
M. temporallis							
M. digastricus vent. post.							
M. pterygoideus medialis							
Infra-, Suprahyoidale Muskulatur							
Suboccip. Muskulatur							
M. trapezius							
M. sternocleidomastoideus							
Kiefergelenke von lateral							
Kiefergelenke von dorsal							
Knackgeräusche Kiefergelenke – initial							
intermediär							
terminal							
Mundöffnungsbewegung - Deviationen: gerade (bis zu 2 mm zu jeder Seite)							
leichte Abweichungen (mehr als 2 mm)							
starke Abweichungen (mehr als 6 mm)							
Mundöffnungsbewegung - Deflektionen: gerade (bis zu 2 mm zu jeder Seite)							
leichte Abweichungen (mehr als 2 mm)							
starke Abweichungen (mehr als 6 mm)							
Offener Biss frontal	✓	Ja	Nein				
Offener Biss seitlich							
Kreuzbiss beidseitig							
Kreuzbiss einseitig							
Schaltlücke							
Freiende	✓	Ja	Nein				
Deckbiss							
Zwangsbisse Abweichung > 2 mm							
Vergr. Frontzahnstufe über 6 mm							
Overjet: mm		Max. aktive SKD: mm		mm	Protrusion: mm		mm
Overbite: mm		Max. passive SKD: mm		mm	Laterotrusion re: mm		mm
					Laterotrusion li: mm		mm

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde - Poliklinik für Kieferorthopädie - Osianderstr. 2-8, 72076 Tübingen
Zentrale Aufnahme: Bechtold, T. – Koos, B. – Tel.: +49 7071 29 82160

Danksagung

Zu allererst bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Gernot Göz für die Überlassung des sehr interessanten Dissertationsthemas und für seine Unterstützung während der Promotionsphase.

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Dr. Bernd Koos für seine außergewöhnlich herzliche und umfassende Betreuung, Beratung und Unterstützung bedanken. Sein Einsatz rund um die Uhr und sein offenes Ohr sind nicht selbstverständlich.

Ich bedanke mich bei den Mitarbeitern der Sektion „Medizinische Werkstoffkunde und Technologie“, allen voran bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Geis-Gerstorfer für die Erlaubnis der Benutzung des Kausimulators und bei Frau Christine Schille für ihre Einweisung und ihre Geduld bei diversen Fragen.

Auch bei dem gesamten Team der kieferorthopädischen Poliklinik, insbesondere bei Clarissa und den anderen Zahnarzthelferinnen, sowie bei den Herren im Labor bedanke ich mich sehr herzlich für die Unterstützung während der klinischen Versuche.

Tausend Dank allen Probanden für ihre Zeit und Motivation, unentgeltlich in den Semesterferien an unseren Versuchen teilzunehmen. Auch Julia, danke Dir für das Modell-Sitzen.

Johanna, bei Dir möchte ich mich ganz besonders bedanken. Du weißt, für alles, aber natürlich hier für die wunderbare Zusammenarbeit und gegenseitige Motivation.

Danksagung

Ein ganz besonderer Dank gilt Bärbel, Hannes, Carol und Laura für die Ermöglichung meines Studiums und der Promotion und für die außerordentliche Unterstützung dabei! Und natürlich Sebastian, Dir, für deine unendliche Geduld und deine Hilfe während der ganzen Zeit.

Abschließend bedanke ich mich bei Bärbel und Laura für ihre Hilfe bei der Korrektur dieser Arbeit.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Anna Lena Ise Kläs
Geburtsdatum: 10. Juni 1985
Geburtsort: Düsseldorf

Ausbildung

Schule: 1995-2004 Privatgymnasium H. Lender, Sasbach
25.06.2004 Allgemeine Hochschulreife (1,7)
Universität: 04/2005-06/2010 Eberhard-Karls-Universität, Tübingen
01.10.2007 Zahnärztliche Vorprüfung (sehr gut)
26.05.2010 Staatsexamen Zahnmedizin (sehr gut)
08.06.2010 Approbation als Zahnärztin
Arbeiten: seit 09/2010 Stelle zur Vorbereitungsassistenz
bei Dr. R. Hummel, Reutlingen

Auszeichnungen und Fähigkeiten

Stipendium: seit Juli 2008 Stipendiatin der Studienstiftung des
deutschen Volkes
Sonstiges: Mitglied der Schülermitverwaltung 1995-2004
Mitglied der Fachschaft Zahnmedizin Tübingen seit Oktober
2005:
Tätigkeiten: Leitung des Fachschaftsverkaufs
Beratung zu Mundhygieneartikeln
Schriftführerin
Organisation von Bücherrezensionen
Vertonung des 1. und 2. Bandes „Zahn-Mund-
Kieferheilkunde“ (Schwenzer/Ehrenfeld) als Podcast für
Thieme Verlag, Stuttgart