

Diplomarbeit

Unterschiede in der digitalen IOTN Bewertung durch
mehrere UntersucherInnen

eingereicht von

Julia Reischmann

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der Zahnheilkunde

(Dr_{in.} med. dent.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits

unter der Anleitung von

Mag_{a.} phil. Dr_{in.} med. dent. Dr_{in.} med. univ. Elisabeth Santigli

und

Univ.-Prof. Dr. med. univ. Walter Wegscheider

Graz, 20.3.2020

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 20.3.2020

Julia Reischmann eh.

VORWORT/ DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während der Fertigung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Ganz besonderen Dank möchte ich Frau DDr. Santigli aussprechen, die mich während der gesamten Zeit betreut hat. Durch Ihre Unterstützung, Motivation und Begeisterung für das Thema war es mir möglich diese Arbeit so umzusetzen.

Vielen Dank für die Geduld und die vielen Treffen, für die Sie jederzeit bereitstanden.

Des Weiteren bedanke ich mich bei Frau DI Irene Mischak für die statistische Auswertung der gesammelten Daten.

Dr. Barbara Schinagl möchte ich auch hervorheben. Sie stand mir bei der Korrektur in großem Maße bei Seite.

Bei meinen Eltern bedanke ich mich für ihre Unterstützung während des Studiums.

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
1.1. Kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit	1
1.2. Index of Orthodontic Treatment Need	2
1.2.1. Dental Health Component (DHC)	3
1.2.2. Aesthetic component (AC)	5
1.2.3. Erlernbarkeit und Reproduzierbarkeit der IOTN Bewertung	5
1.3. Gesetzliche Regelungen	6
1.4. Digitalisierung im kieferorthopädischen Alltag	7
1.5. 3D-Technologie in der Zahnheilkunde	7
1.6. Scantechniken	9
1.6.1. Computertomographie	10
1.6.2. Laserscanner	11
1.6.3. Streifenlichtscanner	12
1.6.4. Desktopscanner Fa. Zirkonzahn	13
2. Ziel	14
3. Material und Methodik	15
3.1. Studienmodelle	15
3.2. UntersucherInnen	16
3.3. Scan-Arbeitsplatz	16
3.4. Scanverfahren	18
3.4.1. Scanner	18
3.4.2. Scanvorgang	18
3.5. Datenerhebung	20
3.5.1. Einzeldatenblatt	20
3.5.2. Datenmatrix	22
3.6. Statistische Auswertung	22
3.7. Ethikvotum und Datenschutz	23
3.8. Kosten-Nutzen-Evaluierung	23
4. Ergebnisse	24
4.1. IOTN – DHC	24
4.1.1. Verteilung der IOTN DHC Bewertungen	25
4.1.2. Übereinstimmung der IOTN-DHC Bewertungen	26
4.2. IOTN - AC	27
4.3. Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung	28
4.3.1. Maße der Mitte und Streuung	28
4.3.2. Lernkurven	29
4.3.3. Unterschiede nach Ausbildungsstand (ZÄ, STUD, ZAS)	29
5. Diskussion	31
5.1. UntersucherInnen	31
5.2. Prüfgegenstände: Studienmodelle	32
5.3. IOTN DHC	32
5.3.1. Verteilung der IOTN DHC Bewertung	32
5.3.2. Übereinstimmung der IOTN DHC Bewertungen	33
5.4. IOTN AC	33
5.5. Faktor Zeit	34
5.5.1. Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung	34

5.5.2. Zirkonzahn - und Onyxzeit	34
5.5.3. Lernkurven	34
5.5.4. Unterschiede nach Ausbildungsstand (ZÄ, STUD, ZAS)	35
5.6. Digitalisierung in der Kieferorthopädie	35
6. Konklusion	38
7. Literaturverzeichnis	39
8. Anhang	42
Scan- und Auswertanleitung	43
Fehlerprotokoll	46

GLOSSAR UND ABKÜRZUNGEN

IOTN:	Index of orthodontic treatment need
AC:	Aesthetic component des Index of orthodontic treatment need
DHC:	Dental health component des Index of orthodontic treatment need
PubMed:	US National Library of Medicine, National Institutes of Health
ZNK:	Zirkonzahn
CT:	Computertomographie
ICC:	Interkorrelationskoeffizient
FA:	Firma
ZÄ:	ZahnärztInnen
STUD:	StudentInnen
ZAS:	Zahnarztassistentinnen
ZZ:	Zirkonzahnzeit
OZ:	Onyxzeit

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: IOTN Dental Health Komponente: 5 Grade und Merkmal	4
Abbildung 2: IOTN Ästhetische Komponente: 10 intraorale Referenzfotos	5
Abbildung 3: Erster Digitalscan, 1957	8
Abbildung 4: Einteilung von Scanverfahren	9
Abbildung 5: Computertomographie (radiologisches Scanverfahren)	10
Abbildung 6: Intraoraler Scan	11
Abbildung 7: Laserscan (optisches Verfahren)	12
Abbildung 8: Streifenlichtscan für Modelle (optisches Verfahren)	12
Abbildung 9: Streifenlichtscanner S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)	13
Abbildung 10: Prüfgegenstand: Studienmodell und Schachtelarchiv	15
Abbildung 11: UntersucherInnengruppen nach Ausbildungsstand	16
Abbildung 12: Arbeitsplatz mit Desktopscanner S600 Arti (Fa. Zirkonzahn) und PC	17
Abbildung 13: Desktopoberfläche S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)	18
Abbildung 14: Modellscan mit S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)	19
Abbildung 15: Desktopoberfläche Onyx Ceph 3D Modul	20
Abbildung 16: Einzeldatenblatt	21
Abbildung 17: Datenmatrix	22
Abbildung 18: IOTN-DHC Bewertung gesamt nach Schweregrad und Merkmal	24
Abbildung 19: IOTN-DHC durch 9 UntersucherInnen nach Schweregrad und Merkmal	25
Abbildung 20: IOTN-DHC durch 9 UntersucherInnen nach Schweregrad	25
Abbildung 21: IOTN-DHC anteilmäßig Gegenüberstellung 9 UntersucherInnen	26
Abbildung 22: IOTN-AC Mittelwerte und Streuung von 9 UntersucherInnen	27
Abbildung 23: Zeitaufwand für Scan- und digitale IOTN Bestimmung:	28
Abbildung 24: Lernkurven für Zirkonzahnzeit und Onyxzeit	29
Abbildung 25: Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung: 3 Untersucher- gruppen nach Ausbildungsstand	30
Abbildung 26: Ethikantrag	42
Abbildung 27: Scan- und Auswertungsanleitung	45
Abbildung 28: Fehlerprotokoll	46

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: IOTN-DHC Interrater Reliabilität durch 9 UntersucherInnen	26
Tabelle 2: Zeitaufwand für die IOTN Beurteilung – 9 UntersucherInnen	28

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung: Die digitale Diagnostik hat auch in der Kieferorthopädie Einzug gehalten. Ab Anfang 2021 sind gemäß kieferorthopädischem Gesamtvertrag zwischen Hauptverband der Sozialversicherungen und der österreichischen Zahnärztekammer folgende Auflagen für die Abrechnung kieferorthopädischer Leistungen verbindlich: digitalisierte Anfangs- und Endmodelle als Basis für die IOTN (Index of Orthodontic Treatment Need) Bestimmung und die Qualitätssicherung.

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, inwieweit die digitale Vermessung des IOTN durch verschiedene UntersucherInnen reproduzierbar ist. Die zugrundeliegende Hypothese hierzu lautet, dass alle zum gleichen Ergebnis in der IOTN Bewertung kommen sollten.

Material und Methoden: 9 UntersucherInnen mit unterschiedlichem zahnmedizinischen Ausbildungsgrad (drei Zahnärztinnen, drei Studierende und drei zahnärztliche Assistentinnen) nahmen an dieser Studie teil. Sie scannten 40 Ober – und Unterkiefermodelle mit einem Desktop Scanner (Arti 6000, Fa. Zirkonzahn) ein. Die so digitalisierten Modelle wurden dann mit Hilfe der ONYX Ceph Software ausgewertet und der IOTN bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mit EXCEL und SPSS.

Ergebnisse: Die Verteilung aller IOTN Bewertungen ergab 25% für IOTN Grad 2 (niedrige), 45% für Grad 3 (mittlere), 28% für Grad 4 (mäßige) und 2% für Grad 5 (hohe Behandlungsnotwendigkeit). Am häufigsten war das Merkmal „d“ für Kontaktpunktverschiebungen greifend. Die Übereinstimmungen der 9 UntersucherInnen waren in 3 von 36 Paarungen mit einem ICC zwischen 0,8 und 0,9 „sehr gut“, 17 Übereinstimmungen waren „gut“, für 7 gab es „wenig“ und für 9 „schlechte“ Übereinstimmungen. Der durchschnittliche Zeitaufwand für Scan- und digitale IOTN Bestimmung beträgt 23:55 Minuten. Die Gruppe der ZahnärztInnen benötigte für die Auswertung von einem Modell deutlich länger (MW: 32:43 min) als die der Studentinnen (MW: 19:01 min) und die der Zahnärztliche AssistentInnen (MW: 20:00 min).

Schlussfolgerung: Verschiedene UntersucherInnen kommen zu unterschiedlichen IOTN Ergebnissen in der digitalen IOTN Bewertung. Am jetzigen Stand der Technik sind die Übereinstimmungen unzureichend und können andere Vorteile der Digitalisierung noch nicht aufwiegen. Die jüngere (digitale) Generation benötigt für die den Scan- und Vermessungsprozess am Computer weniger Zeit als die ältere. Es sind Verbesserungen notwendig, um die Methode für den kieferorthopädischen Alltag brauchbar zu machen.

ABSTRACT

Background: Digital diagnostics has also found its way into orthodontics. From beginning 2021, the following requirements for the billing of orthodontic services are binding in accordance with the overall orthodontic contract between the Main Association of Social Insurance and the Austrian Chamber of Dentists: digitized start and end models as the basis for the IOTN (Index of Orthodontic Treatment Need) determination and quality assurance.

Aim: The aim of this work is to find out to what extent the digital measurement of the IOTN can be reproducibly implemented by several examiners. Do all practitioners come to the same result in the IOTN assessment? How much time does the digital IOTN assessment take? Can learning curves show a shortening of the time required in the course of the 40 models.

Material and Methods: This work represents a retrospective data analysis of 40 arbitrary plaster models from a pool of anonymized study models. Nine examiners with different levels in dental education (three dentists, three students and three dental assistants) scanned the 40 plaster models digitally in a given order (Zirkonzahn desktop scanner S600 Arti) and performed a digital IOTN evaluation with ONYX Ceph software. The data was transferred to a data matrix and used for explorative statistical evaluation.

Results: The distribution of all IOTN scores was 25% for IOTN grade 2 (low), 45% for grade 3 (medium), 28% for grade 4 (moderate) and 2% for grade 5 (high treatment need). The most common feature was "d" for contact point shifts. The matches of the 9 examiners were "very good" in 3 of 36 pairings with an ICC between 0.8 and 0.9, 17 matches were "good", for 7 there were "fair" and for 9 "bad" matches. The average time required for scan and digital IOTN determination was 23:55 minutes. The group of dentists took significantly longer to evaluate a model (m = 32:43 min) than that of the students (m = 19:01 min) and that of the dental assistants (m = 20:00 min).

Conclusion: Different examiners come to different IOTN results in the digital IOTN assessment. At the current state of the art, the correspondences are

insufficient and cannot yet offset other advantages of digitization. The younger (digital) generation takes less time to scan and measure on the computer than the older one. Improvements are necessary to make the method useful for everyday orthodontic use.

1. EINLEITUNG

Die Kieferorthopädie ist ein bedeutsames Teilfachgebiet der Zahnheilkunde. Sie befasst sich mit dem richtigen Zusammenspiel von dentofazialen Strukturen. Dies wird erreicht, indem kieferorthopädische Kräfte auf das System angewendet werden, um Malokklusion oder Fehlbildungen in eine gute Harmonie zu bringen. Gleichzeitig, soll auch die Ästhetik des Bisses verbessert werden.

In der Kieferorthopädie arbeitet man hierfür sowohl mit wachsenden als auch mit ausgewachsenen Strukturen (Proffit et al. 2000). Angle war davon überzeugt, dass es in der allgemeinen Zahnheilkunde nur dann möglich ist zufriedenstellende bis ausgezeichnete Ergebnisse zu erzielen, wenn die Zähne in der Okklusion übereinstimmen (Angle et al. 1899).

Da in den letzten Jahren die Nachfrage nach kieferorthopädischen Behandlungen erheblich zugenommen hat, mussten auch die Regelungen Finanzierung überarbeitet werden, um das limitierte öffentliche Budget gerecht an die Bevölkerung verteilen zu können.

Für die Berechnung der entsprechenden kieferorthopädische Dienstleistungen, ist es in einem öffentlichen Gesundheitssystem wichtig, genaue Daten über die kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit der Bevölkerung zu erhalten (Bagheban et al. 2008). Dies ist vor allem deshalb wichtig, damit alle PatientInnen einen fairen Zugang zur Bezuschussung haben sollten.

1.1. Kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit

In der Kieferorthopädie geht es weniger um die Behandlung von Krankheiten, sondern vielmehr um die Behandlung von mehreren verschiedenen Abweichungen der Norm. Die Behandlung richtet sich am Maß von gesunden PatientInnen (Cubas et al. 2012). Dies macht es schwierig sowohl eine einheitliche Diagnose, als auch eine einheitliche Behandlung vorzugeben.

Es wurden schon viele Studien durchgeführt um herauszufinden, welche Abweichungen von der Norm in der Bevölkerung auftreten, um daraus Klassifikationen ableiten zu können. Seit dem Jahr 1960 wurden europaweit Indizes entwickelt, um einen gültigen, reproduzierbaren und standardisierten

kieferorthopädischen Maßstab zu entwickeln. Mit Hilfe dieser Indizes, sollte eine objektive Feststellung der Behandlungsnotwendigkeit zu erreichen sein und dabei subjektive Meinungen nach Möglichkeit hintanzuhalten. Dies sollte ermöglichen, dass der Anspruch auf Förderungen fair und nachvollziehbar ist.

Gerdiner et al. untersuchten bereits im Jahr 1956 1000 Kinder, hinsichtlich der auftretenden Malokklusionen, um herauszufinden welche Abweichungen überhaupt und in welcher Häufigkeit auftreten. Hier wurde bei 742 Kindern eine Malokklusion festgestellt (Gerdiner et al. 1956).

Albino et al. kritisierten in den späten 70er Jahren, dass viele Indizes vorhandene sind, welche jedoch nicht systematisch in klinischer Umgebung verglichen worden sind. Er mahnte, dass es zwingend notwendig sei, sowohl in der Forschung als auch im Gesundheitswesen präzise Maßnahmen zur Festlegung der kieferorthopädischen Behandlungsnotwendigkeit zu etablieren (Albino et al. 1978).

1988 veröffentlichte Edward Angle die Klassifikation der Malokklusion im Dental Cosmos (Angle et al. 1899). Dabei ging es vor allem um die Beziehung der oberen ersten zu den unteren ersten Molaren zueinander.

1.2. Index of Orthodontic Treatment Need

Bei der kieferorthopädischen Behandlung geht es sowohl darum, die Zahngesundheit und die Funktion, als auch die Ästhetik und das psychosoziale Wohlergehen der PatientInnen zu verbessern. Laut Brook sollten beide Komponenten in einem generell anwendbaren Index für die Behandlungsnotwendigkeit enthalten sein.

Im Jahre 1989 wurde daher an der Manchester Dental School von den Briten Shaw und Brook und O'Brien der *Index of Orthodontic Treatment Need* (IOTN) entwickelt (Brook et al. 1989). Dieser Index konnte sowohl aussagekräftige Daten zur Verteilung des Behandlungsbedarfs in Populationen (epidemiologische Verwendung) als auch zur Festlegung von Prioritäten für die Behandlung (administrative Verwendung) liefern. Im Vereinigten Königreich wurde er zunehmend als Verwaltungsinstrument verwendet, um festzustellen, wem eine kieferorthopädische Behandlung angeboten werden sollte. Obwohl der IOTN auch als epidemiologisches Instrument zur Erhebung des kieferorthopädischen Behandlungsbedarfs bei Kindern eingesetzt wurde, ist er im Vergleich zu Karies- und Parodontalindizes komplexer und erfordert

eine längere Einarbeitungszeit (Burden et al. 2001). Der IOTN ist in zwei Teile gegliedert: 1) die Zahngesundheits-Komponente „Dental Health Component“ (DHC) und 2) die Ästhetik Komponente “Aesthetic Component“ (AC).

1.2.1. Dental Health Component (DHC)

Die DHC ist beschrieben als eine 5 Grad Skala, in welcher 1 als kein Behandlungsbedarf und 5 als sehr hoher Behandlungsbedarf definiert ist (Abbildung 1). Diese 5-Grad Skala ist hierarchisch nach Wertigkeit für die Zahngesundheit angeordnet:

1. fehlende Zähne
2. sagittaler Überbiss
3. Kreuzbiss
4. Kontaktpunktverschiebung
5. vertikaler Überbiss

Mit dieser Einteilung sollen vor allem, „Cut-Off Points“ erstellt werden, welche jene okklusale Merkmale, die zur Langlebigkeit und dem Funktionieren des dentofazialen Systems beitragen, definieren (Brook et al. 1989). Die schlechte aller Einzelbewertung wird zur Gesamtbeurteilung herangezogen (Abbildung 1).

Zahngesundheitliche Komponente des Index für den kieferorthopädischen Behandlungsbedarf (IOTN)

Grad 5 (sehr großer Behandlungsbedarf)	<p>5.i Retention von Zähnen (mit Ausnahme der dritten Molaren) wegen Platzmangel, Verlagerung, Vorhandensein überzähliger Zähne, Milchzahnpersistenz oder pathologische Befunde</p> <p>5.h ausgeprägte Zahnunterzahl (mehr als ein fehlender Zahn in einem Quadranten) mit prophetischen Konsequenzen, welche eine präprothetische kieferorthopädische Behandlung erfordert</p> <p>5.a vergrößerte Schneidekantenstufe > 9 mm</p> <p>5.m umgekehrter Überbiss > 3,5 mm mit Sprachbeeinträchtigung oder Kaustörungen</p> <p>5.p Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalten oder andere kraniofaziale Anomalien</p> <p>5.s Infraokklusion von Milchzähnen</p>	5
Grad 4 (großer Behandlungsbedarf)	<p>4.h weniger ausgeprägte Zahnunterzahl, die präprothetische kieferorthopädische Maßnahmen oder kieferorthopädischen Lückenschluss erfordert zur Vermeidung von Zahnersatz</p> <p>4.a vergrößerte Schneidekantenstufe > 6 mm, jedoch ≤ 9 mm</p> <p>4.b umgekehrter Überbiss > 3,5 mm ohne Kau- oder Sprachbeeinträchtigung</p> <p>4.m umgekehrter Überbiss > 1 mm, jedoch ≤ 3,5 mm mit Kau- oder Sprachbeeinträchtigung</p> <p>4.c frontaler oder seitlicher Kreuzbiss mit > 2 mm Diskrepanz zwischen retrudierter Kontaktposition und Interkuspitationsposition</p> <p>4.i posteriorer linguale Kreuzbiss ohne funktionellen Okklusalkontakt in einem oder beiden bukkalen Seitenzahngebieten</p> <p>4.d ausgeprägte Kontaktpunktverschiebung > 4 mm</p> <p>4.e extremer frontal oder seitlich offener Biss > 4 mm</p> <p>4.f vergrößerter Tiefbiss oder Deckbiss mit traumatischem Einbiss in die palatinale oder gingivale Schleimhaut</p> <p>4.t teilretinierte Zähne, gekippt und impaktiert sowie gegen die Nachbarzähne gerichtet</p> <p>4.x überzählige Zähne</p>	4
Grad 3 (grenzwertiger Behandlungsbedarf)	<p>3.a vergrößerte Schneidekantenstufe > 3,5 mm, jedoch ≤ 6 mm, mit inkompetentem Lippenchluss</p> <p>3.b umgekehrter Overjet > 1 mm, jedoch ≤ 3,5 mm</p> <p>3.c frontaler oder seitlicher Kreuzbiss mit einer Diskrepanz zwischen retrudierter Kontaktposition und Interkuspitationsposition mehr als 1 mm, jedoch ≤ 2 mm</p> <p>3.d Kontaktpunktverschiebungen > 2 mm, jedoch ≤ 4 mm</p> <p>3.e frontal oder seitlich offener Biss > 2 mm, jedoch ≤ 4 mm</p> <p>3.f vergrößerter oder vollständiger tiefer Überbiss mit Kontakt zur palatinalen oder gingivalen Schleimhaut ohne Trauma</p>	3
Grad 2 (geringer Behandlungsbedarf)	<p>2.a vergrößerte Schneidekantenstufe > 3,5 mm, jedoch ≤ 6 mm mit kompetentem Lippenchluss</p> <p>2.b umgekehrter Overjet > 0 mm, jedoch ≤ 1 mm</p> <p>2.c frontaler oder seitlicher Kreuzbiss mit einer Diskrepanz zwischen retrudierter Kontaktposition und Interkuspitationsposition ≤ 1 mm</p> <p>2.d Kontaktpunktverschiebungen um > 1 mm, jedoch ≤ 2 mm</p> <p>2.e frontal oder seitlich offener Biss > 1 mm, jedoch ≤ 2 mm</p> <p>2.f vertiefter Überbiss ≤ 3,5 mm ohne Gingivakontakt</p> <p>2.g Okklusionsabweichungen bis zu einer Diskrepanz von einer halben Prämolarenbreite ohne andere Anomalien</p>	2
Grad 1 (kein Behandlungsbedarf)	<p>1. äußerst geringe Malokklusionen, einschließlich Kontaktpunktverschiebungen um weniger als 1 mm</p>	1

Abbildung 1: IOTN Dental Health Komponente: 5 Grade und Merkmal

(Quelle: Österreichische Zahnärztekammer, 2014)

Abbildung 1 zeigt die genaue Einteilung dieser fünf Grade den Richtlinien des IOTN der Zahnärztekammer Österreich entsprechend (https://noe.zahnaerztekammer.at/fileadmin/content/niederosterreich/Downloadcenter/KFO/oezz_0214_IOTN.pdf, Stand 02/ 2020).

1.2.2. Aesthetic component (AC)

Diese besteht aus einer Sammlung von zehn Fotos zu Gebissformen, welche nach sinkender Attraktivität gegliedert sind (Abbildung 2). Somit ist das erste Foto das attraktivste, und das zehnte Foto das unattraktivste. Die Übereinstimmung mit dem Patientengebiss wird von diesem selbst und von der/dem behandelnden Kieferorthopädin/Kieferorthopäden bewertet.

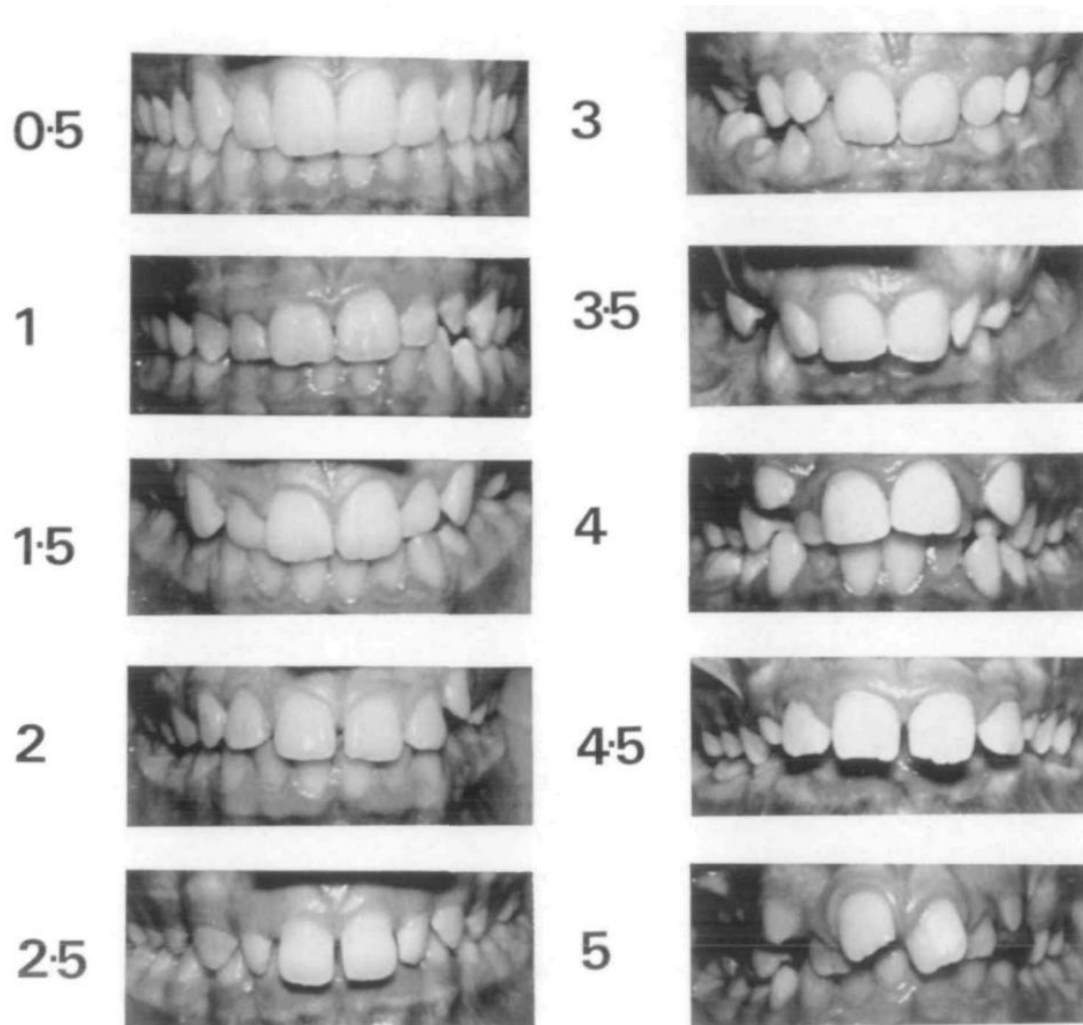


Abbildung 2: IOTN Ästhetische Komponente: 10 intraorale Referenzfotos

(Quelle: Brook, 1989)

1.2.3. Erlernbarkeit und Reproduzierbarkeit der IOTN Bewertung

Um den IOTN österreichweit standardisiert anzuwenden ist es wichtig, dass jeder Behandler mit dieser Bewertungsmethode zum gleichen Ergebnis kommt. Um dies zu erreichen gibt es für Studierende verpflichtende Lehrveranstaltungen um diesen den IOTN näher zu bringen. Diese sind von Universität zur Universität

unterschiedlich gestaltet (Probat et al. 2013). Weiterführend gibt es von der Arge Dental Public Health der OGZMK postgraduell IOTN Kurse. Grundsätzlich gibt es keine Verpflichtung für Behandler solche Kurse zu besuchen.

Die Reproduzierbarkeit der Messungen durch mehrere Untersucher kann über die „Interrater-Reliabilität“ untersucht werden. Typischerweise werden in solchen Studien die Datensammler geschult um eine gleichmäßige Ausgangsbasis zu haben und so möglichst gleiche Ergebnisse erzielen zu können. Außerdem gibt es auch die „Intrater- Reliabilität“, wobei es darum geht, eine Person bei mehreren gleichen Durchgängen in Hinblick auf die Übereinstimmung zu untersuchen (Mary et al. 2012). Mit einer Intraklassenkorrelation (ICC) lässt sich die Übereinstimmung zwischen mehreren UntersucherInnen oder mehreren Messwiederholungen berechnen.

Um zu verstehen warum die Reproduzierbarkeit so wichtig ist, werden im Folgenden die gesetzlichen Regelungen für die Verteilung von Bezuschussungen auf die kieferorthopädische Behandlung aufgezeigt.

1.3. Gesetzliche Regelungen

In einigen europäischen Ländern wie Finnland, den Niederlanden, Norwegen, Schweden, Deutschland und auch in Österreich wird die kieferorthopädische Behandlung aus öffentlichen Mitteln finanziell unterstützt. Ab wann ein Patient eine finanziell unterstützte Therapie erhält, wird von den Ländern durch einen jeweils definierten Index bestimmt. In Deutschland sind es zum Beispiel die „Kieferorthopädischen Indikationsgruppen“ (KIG), in Österreich fiel die Wahl auf den IOTN:

Ab 2021 gilt laut kieferorthopädischem Gesamtvertrag zwischen Hauptverband der Sozialversicherungen und der österreichischen Zahnärztekammer, dass binnen 14 Tagen nach Behandlungsbeginn und Behandlungsende dem jeweils zuständigen Krankenversicherungsträger digitalisierte Anfangs- und Endmodelle als Basis für die IOTN Bestimmung und Qualitätssicherung zu übermitteln sind. Falls die entsprechende Ausstattung für die Digitalisierung beim Vertragskieferorthopäden/der Vertragskieferorthopädin nicht zur Verfügung steht, können bis maximal 31.12.2020 ersatzweise Panoramaröntgenbilder und intra- und extraorale Fotos übermittelt werden

(<https://noe.zahnaerztekammer.at/fileadmin/content/niederoesterreich/Downloadcent>

er/KFO/Antrag_auf_Kostenerstattung_ab_2016.pdf, Stand 02/2020). Zum Zeitpunkt fraglich sind die Umsetzbarkeit im Praxisalltag und die Reproduzierbarkeit der digitalen Modellauswertung

1.4. Digitalisierung im kieferorthopädischen Alltag

Wurde der IOTN bisher anhand von Gipsmodellen ausgewertet, hat jetzt auch in der Kieferorthopädie das technische Zeitalter Einzug gehalten, und zunehmend werden auch dort digitale Modelle für Planungen, didaktische Zwecke, zur Beurteilung des Fortschritts und zur Dokumentation von Fällen und Forschung notwendig. Vor allem das digitale dreidimensionale Erfassen und Wiedergeben mit verschiedenen Scansystemen hat sich in den letzten 20 Jahren sehr stark entwickelt. Es wurde zunehmend präziser und einfacher durchzuführen. Nach dem Einführen des Cerec Systems (Sirona Dental GmbH, Bensheim, Deutschland) im Handel im Jahr 1987, wurde es patentiert und weitere zehn intraorale Scangeräte weltweit entwickelt (Hong-Seok et al. 2014). Bei der diagnostischen 3D-Bildgebung werden mithilfe bestimmter technischer Geräte eine Reihe anatomischer Daten gesammelt, von einem Computer verarbeitet und später auf einem 2D-Monitor angezeigt, um die Illusion von Tiefe zu präsentieren (Karatas et al. 2014).

Im Moment gibt es daher zwei Möglichkeiten um die Ist-Situation eines/r Patienten/in festzuhalten:

- 1) Die herkömmliche Methode, bei der ein Abdruck des Oberkiefers/Unterkiefers gemacht wird und daraufhin aus diesem ein Gipsmodell hergestellt wird.
- 2) Die Herstellung digitaler Modelle. Diese können durch einen Intraoralscanner direkt im Patientenmund produziert werden. Sie werden auch *in-vivo* Methode genannt.

Eine Mischform ist die Methode, bei der indirekt digitale Modelle erstellt werden, indem vorhandene Gipsmodelle oder Abdrücke durch einen Desktopscanner eingescannt werden. Auch *in-vitro* Methode genannt.

1.5. 3D-Technologie in der Zahnheilkunde

Unter Dreidimensional (3D) versteht man die räumliche Darstellung von Objekten. Die entstandenen Bilder erzeugen durch ein Koordinatensystem, welches aus einer x-Achse (horizontal), einer y-Achse (vertikal) und einer z-Achse (auf beide anderen

Achsen senkrecht) für die Tiefenwahrnehmung besteht. Die so entstandene virtuelle 3D Form kann nun mit einem 3D-Drucker in ein echtes dreidimensionales Objekt übergeführt werden (Brauner 2015).

Ziel der Scanner im zahnmedizinischen Feld ist es, die Situation der Zähne, Weichgewebe und die Okklusion des Patienten in ein digitales virtuelles 3D-Modell zu überführen. Ein Scanner erfasst Daten, indem er ein Objekt automatisch und in einem regelmäßigen Muster mittels eines Lasers abtastet oder ausmisst. Dieser Vorgang wird auch als optomechanischer Vorgang bezeichnet.



Abbildung 3: Erster Digitalscan, 1957

(Quelle: Kirsch et al. 1998)

Dies funktioniert, indem analoge Daten mittels Sensoren aufgenommen werden und diese dann mit einem Analog-Digital-Wandler in eine digitale Form übersetzt werden. Daraufhin können die Daten zum Beispiel mit einem Computer weiterbearbeitet, analysiert und visualisiert werden.

Russell Kirsch entwickelte schon 1957 mit Kollegen den ersten Digital-Scanner, bei welchem sie die „Intensitätsänderungen über den Oberflächen von Fotografien nachverfolgten“. So entstanden die ersten digitalen Scans. Abbildung 3 zeigt Kirchs erste gescannte Fotografie. Dabei wurde mit nur 30.976 Pixeln (176x176) eine Fläche von 5 cm x 5 cm aufgenommen (Kirsch 1998).

In den 1970er Jahren fanden die ersten Versuche statt, um mit computergestützter Technologie Zahnersatz zu kreieren. Der französische Professor François Duret gilt als der „Godfather“ der digitalen Zahnheilkunde. Er versuchte 1971 erstmals Zahnersatz computergestützt herzustellen („Sophie-System“). Nur 2 Jahre später etablierte er das CAD/CAM- System für die Zahnheilkunde.

Weitere Wissenschaftler, die die digitale Welt der Zahnmedizin revolutionierten waren:

- Heitlinger und Rodder: 1979, erste Versuche zur computergestützten Herstellung von Zahnersatz mit dem „DentiCAD-System“

- Mörmann und Brandestini: CEREC-System, welches (1980) am Dentalmarkt angeboten wurden.

Bis heute wurden kontinuierlich Fortschritte auf diesem Gebiet gemacht und das Indikationsspektrum wurde erweitert.

1.6. Scantechniken

Erklärt man den Scanner allgemein, lässt er sich als ein Gerät beschreiben, welches in vorgegebener Reihenfolge einen Untersuchungsgegenstand abtastet und mit der so gewonnenen Information eine weitere digitale Verarbeitung möglich macht. Diese Verarbeitung basiert auf umgewandelten elektrischen Signalen (Brockhaus 2006).

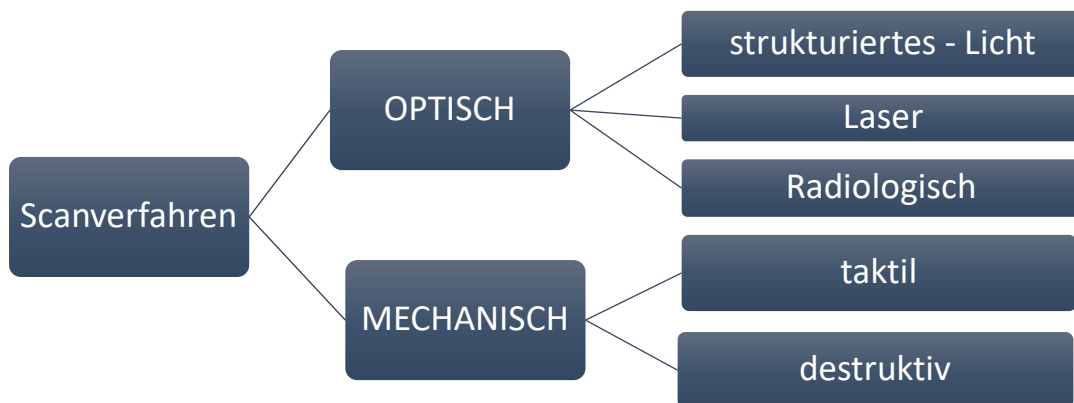


Abbildung 4: Einteilung von Scanverfahren

Um Objektoberflächen dann dreidimensional zu erfassen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Man differenziert zwischen optischem und mechanischem Verfahren (Abbildung 4).

Optische Verfahren ermöglichen ein berührungsfreies Scannen, wohingegen das mechanische Scanverfahren durch Abtasten seine dreidimensionalen Daten berechnet. Dabei unterscheidet man weiter taktilen und destruktives Scannen. Das taktile Scannen beruht auf einem Abtasten der Oberfläche mit Sensoren, welche die Werkstoffoberfläche Punkt für Punkt abtasten. Beim destruktiven Scannen trägt der 3D-Scanner Schicht für Schicht ab und wird dabei digitalisiert. Das Objekt wird während des Scannens zerstört.

In der Kieferorthopädie wird hauptsächlich mit dem optischen Scan gearbeitet. Angewendet werden hier strukturiertes Licht, Laser und die Radiologischen Scanverfahren beispielsweise die Computertomographie (CT).

1.6.1. Computertomographie

Das erste CT Gerät ist vor rund 40 Jahren entwickelt worden und verwendet Röntgenstrahlung für die Scans. Schon zu Beginn der 1980er Jahre verwendeten Ärzte diese 3D-Bildgebung bei kraniofazialen Deformitäten. Für kraniofaziale chirurgische Anforderungen wurde 1986 die erste Simulationssoftware eingeführt. Anschließend wurden die Prinzipien und Anwendungen der 3D-CT- und MRT-basierten Bildgebung in der Medizin veröffentlicht. (Karatas et al. 2014). Die CT verwendet verschiedene Röntgenbilder und Schichtaufnahmen des Körpers um durch rechenbasierte Auswertung ein dreidimensionales Bild zu rekonstruieren.

Der Patient wird auf einem motorisierten Tisch in eine ringförmige Öffnung der CT Bildgebung bewegt. Das CT- Gerät erzeugt einen schmalen, fächerförmigen Röntgenstrahl, der einen bestimmten Teil des Körpers des Patienten abtastet (Abbildung 5). Bei jeder Rotation werden mehrere tausend Querschnittsbilder erzeugt. Daraus werden dreidimensionale Bilder rekonstruiert (Karatas et al. 2014). Es können nicht nur Knochen, sondern auch Weichteile abgebildet werden. Zu den Anwendungsgebieten der CT in der Zahnheilkunde zählen z.B. die Diagnostik von Speicheldrüsenerkrankungen, Kiefergelenkserkrankungen, die Abklärung von fazialen Frakturen und Untersuchungen der Sinus maxillare.

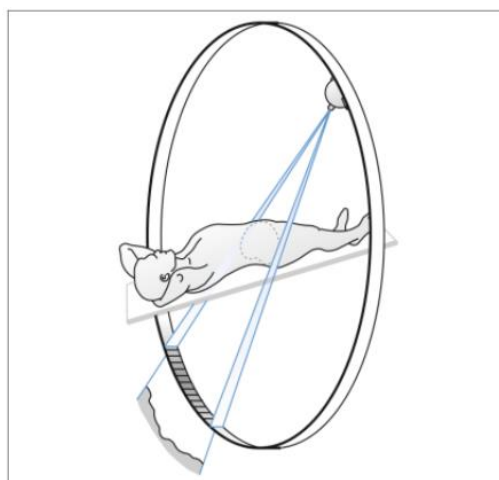


Abbildung 5: Computertomographie (radiologisches Scanverfahren)

(Quelle: Prokop, 2007)

1.6.2. Laserscanner

Das Laserscannen ist eine nicht-invasive Technik zur Erfassung der Gesichtsmorphologie und des Weichgewebes (Erten et al. 2018). 1960 experimentierte Theodor Harold Maiman mit dem ersten Laser. Die Technik basiert auf einem Lasertriangulationsverfahren. Hierfür wird ein Laserstrahl von einem Spiegel abgelenkt und auf das Zielobjekt geleitet. Trifft nun der Strahl auf eine Oberfläche wird es verzerrt als Streumuster zurückgeworfen und dieses von einem optischen Sensor erfasst (Abbildung 5). Die ursprüngliche Form des Zielobjektes wird mithilfe mathematischer Algorithmen aus den so gewonnenen Daten rekonstruiert (Hong- Seok et al. 2014)



Abbildung 6: Intraoraler Scan

Diese Technik wird auch bei Intraoral-Scannern angewendet (Abbildung 6). Das Laserscannen ist relativ kostengünstig, der Prozess ist jedoch langsam und die Auflösung auf etwa 300 Mikrometer begrenzt. Es kann immer nur ein Objekt gescannt werden. Dies begrenzt die Anzahl der Modelle, die pro Tag verarbeitet werden können. Das Laserscannen kann nicht verwendet werden, um Abdrücke direkt zu scannen, da Hinterschneidungen im Abdruck verborgene Oberflächen erzeugen, auf die der Laserstrahl keinen Zugriff hat (Kuo et al. 2003).

1.6.3. Streifenlichtscanner

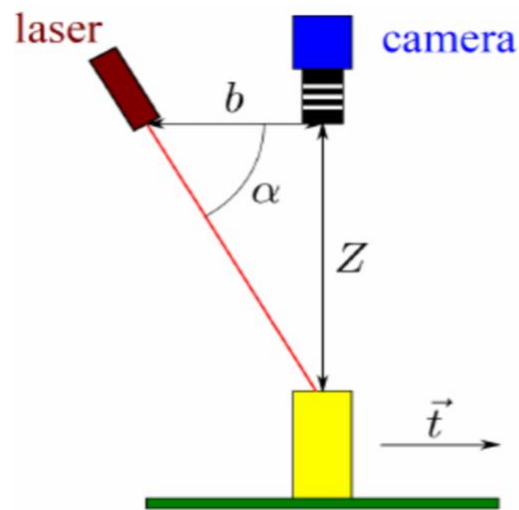


Abbildung 7: Laserscan (optisches Verfahren)

(Quelle: Munaro et al. 2015)

Die ersten Anwendungen der Streifenprojektion fanden Anfang 1990 statt. Durch dieses Messverfahren kann relativ schnell eine hohe Messpunktedichte erreicht werden, um eine exakte Aussage über das Aussehen des gescannten Objektes zu machen.

Technisch funktioniert die Streifenprojektion indem Streifenmuster (parallel hell und dunkel) auf ein vorgegebenes Objekt projiziert werden. Ein Detektor wandelt die Verformung des Musters in elektronische Daten um. Diese können anschließend digital rekonstruiert werden. Abbildung 8 zeigt einen Streifenlichtscanner mit 2 Kameras, einem sogenannten Charged-Coupled-Device (CCD) (Dirksen et al. 1999).

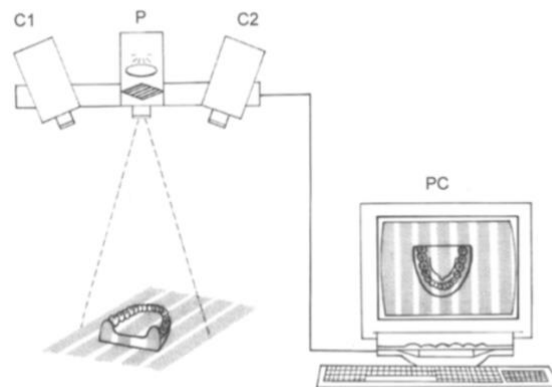


Abbildung 8: Streifenlichtscan für Modelle (optisches Verfahren)

(Quelle: Dirksen 1999)

1.6.4. Desktopscanner Fa. Zirkonzahn

Für die digitale Vermessung werden komplexe Hardware- und Softwarelösungen benötigt, mit Hilfe derer man die 3D Daten benutzerfreundlich verarbeiten kann. Während es schon eine große Zahl an computergestützten Implementierungen für die restaurative Zahnheilkunde gibt, sind die Anwendungen für die Kieferorthopädie noch mangelhaft ausgereift (Czarnota et al. 2016).

Ein Beispiel für einen solchen Scanaufbau ist der Modellscanner S600 ARTI von Zirkonzahn (ZKN) (Abbildung 9), mit seiner entsprechenden Software, in dieser Studie verwendet wurde. Er ist ein vollautomatischer Scanner mit optischem Streifenlicht und zwei hochauflösenden Hochgeschwindigkeitskameras. Eine dritte Kamera ist optional nachrüstbar. Die Besonderheiten des S600 ARTI sind laut Hersteller:

- eine sehr hohe Präzision ($\leq 10 \mu\text{m}$); er beinhaltet verschiedene Modellhalter; alle Artikulatoren sind scanbar und er hat ein extra großes Messfeld
- Besonders großer Scanbereich (115 x 78 mm; Format 16:9) für Artikulatorscan und Erfassung des ganzen Modells in einem Scanvorgang
- Gute Datenimport- und Datenexportfunktion mit offener Schnittstelle: STL-, OFF, OBJ-, PLY Formate (<https://www.zirkonzahn.com/de/cad-cam-systeme/scanner-s600-arti>, Stand 02/2020)



Abbildung 9: Streifenlichtscanner S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)

Quelle: Zirkonzahn (mit freundlicher Genehmigung)

2. ZIEL

Ziel dieser Arbeit war es die digitale IOTN Bestimmung durch mehrere UntersucherInnen zu vergleichen. Es ist davon auszugehen, dass das Scannen von Modellen sowie die dazugehörige IOTN Beurteilung im digitalen Verfahren untersucherunabhängig ist. Alle UntersucherInnen sollten daher mit etwa gleichem Aufwand zu gleichen Ergebnissen kommen.

Hauptfragestellung:

Nullhypothese (H0): Es besteht kein Unterschied im digital unterstützten Vermessen des IOTN durch mehrere Untersucher.

Alternativhypothese (H1) Es besteht ein Unterschied im digital unterstützen Vermessen anhand des IOTN durch mehrere Untersucher.

Nebenfragestellung:

Gibt es einen Unterschied nach Ausbildungsstand zwischen ZahnärztInnen, StudentInnen und AssistentInnen?

Gibt es einen Lerneffekt in Bezug auf die Zeit, die für die Vermessung eines Zahnmodells benötigt wird?

3. MATERIAL UND METHODIK

3.1. Studienmodelle

Die Basis dieser wissenschaftlichen Untersuchung waren Studienmodelle, welche von StudentInnen der Medizinischen Universität Graz im Rahmen eines Seminars angefertigt wurden. StudentInnen stellten Modelle ihrer eigenen Zähne aus Gips her, um mit diesen ihre zahnmedizinischen Kenntnisse erweitern zu können. Es handelte sich dabei um Gipsmodelle der Abdrücke beider Zahnbögen zu welchen zusätzlich noch eine Bissplatte aus Wachs hergestellt wurde, um damit die habituelle Okklusion zu registrieren.

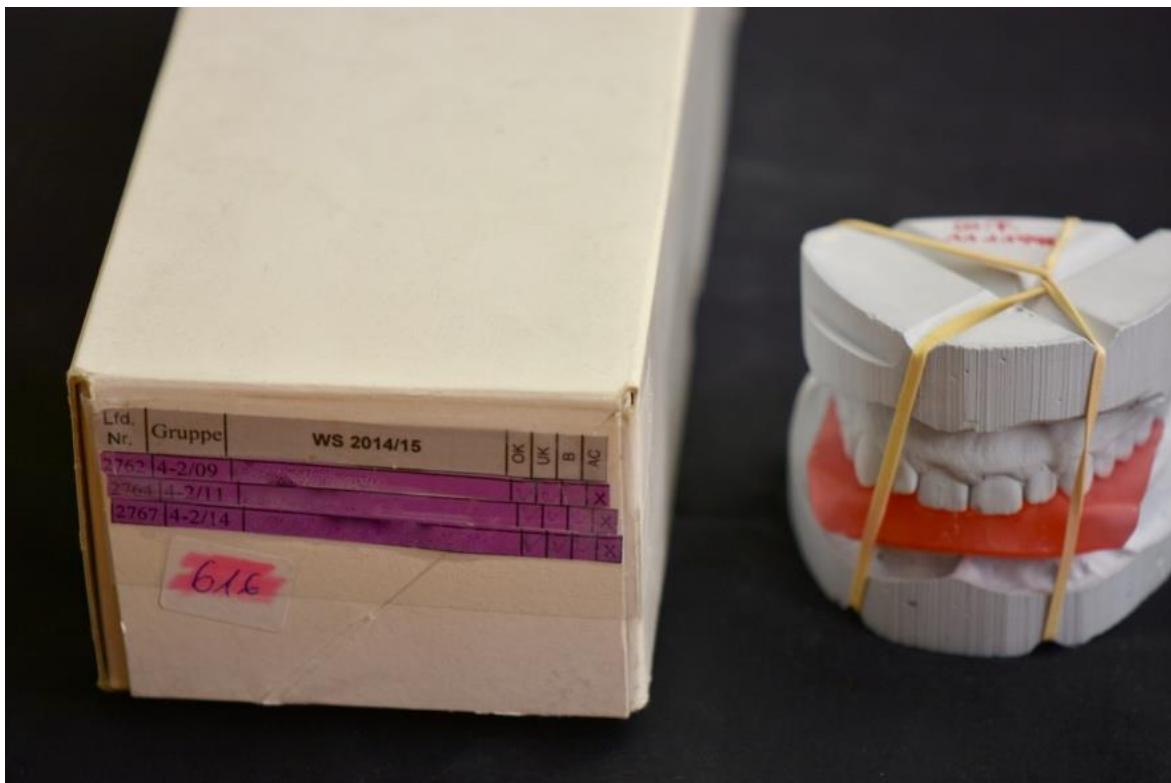


Abbildung 10: Prüfgegenstand: Studienmodell und Schachtelarchiv

Im Zeitraum von 2004 – 2016 wurden 3000 Gipsmodelle hergestellt und archiviert (Abbildung 10). Aus diesem Pool von anonymisierten Studienmodellen wurden nun zufällig 40 Modelle für die vorliegende Studie ausgewählt.

3.2. UntersucherInnen

Die Untersucherguppe bestand aus neun UntersucherInnen mit verschiedenen zahnmedizinischen Ausbildungsgraden: Es handelte es sich um drei ZahnärztInnen, drei Studierende und drei zahnärztliche Assistentinnen (Abbildung 11).

Alle UntersucherInnen hatten als Voraussetzung einen eintägigen IOTN Kurs der ARGE Dental Public Health von der Österreichischen Gesellschaft für Zahn- Mund und- Kieferheilkunde (ÖKZMK) zu besuchen und verfügten somit über ein einheitliches gemeinsames IOTN Basiswissen, welches für die IOTN Beurteilung ausreichend sein sollte.

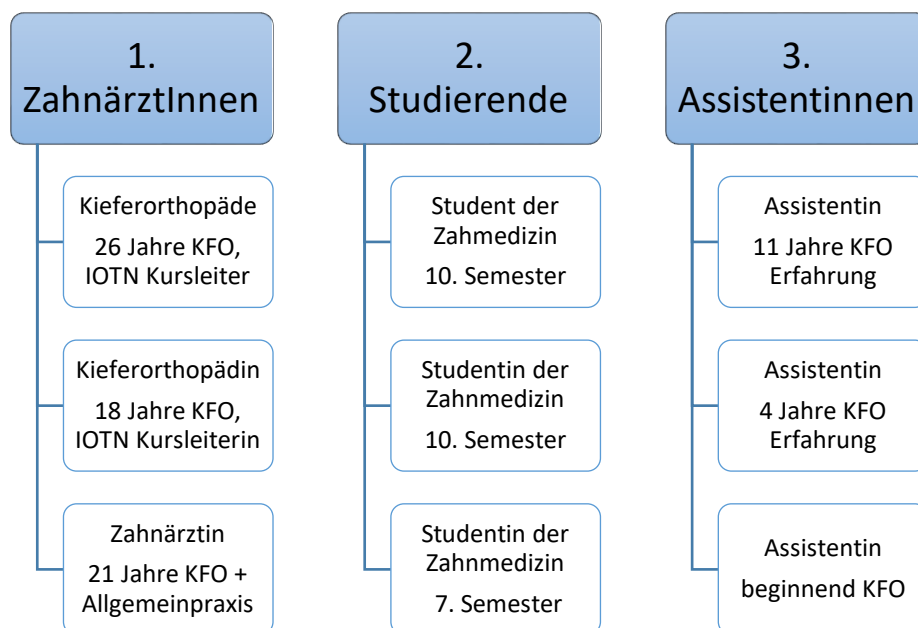


Abbildung 11: UntersucherInnengruppen nach Ausbildungsstand

3.3. Scan-Arbeitsplatz

Es wurden 40 Studienmodelle in vorgegebener Reihenfolge digital eingescannt und anschließend eine digitale IOTN Bewertung mit der ONYX Ceph3 (Version Basic) Software vorgenommen. Die Daten wurden von den jeweiligen UntersucherInnen in vorgefertigte Einzeldatenblätter eingetragen. Die Datensammlung erfolgt in Einzeldatenblätter, welche dann in einer Datenmatrix zusammengefügt wurden.

Im Folgenden wird beschrieben, welche Hilfsmittel dem jeweiligen Untersucher zur Verfügung standen sowie der Aufbau des Arbeitsplatzes, um einheitliche, reproduzierbare Ergebnisse erzielen zu können.

Der Arbeitsplatz bestand aus:

- Rollkasten mit allen Modellen in den zugehörigen Schachteln nach Nummern sortiert
- Einzeldatenblätter in einer Mappe abgelegt - Jeder Untersucher erhielt eine eigene Mappe um seine Unterlagen zu archivieren
- Scananleitungen (siehe Anhang)
- Modellscanner S600 ARTI von Zirkozahn (Abbildung 12)
- Computer (Abbildung 12)

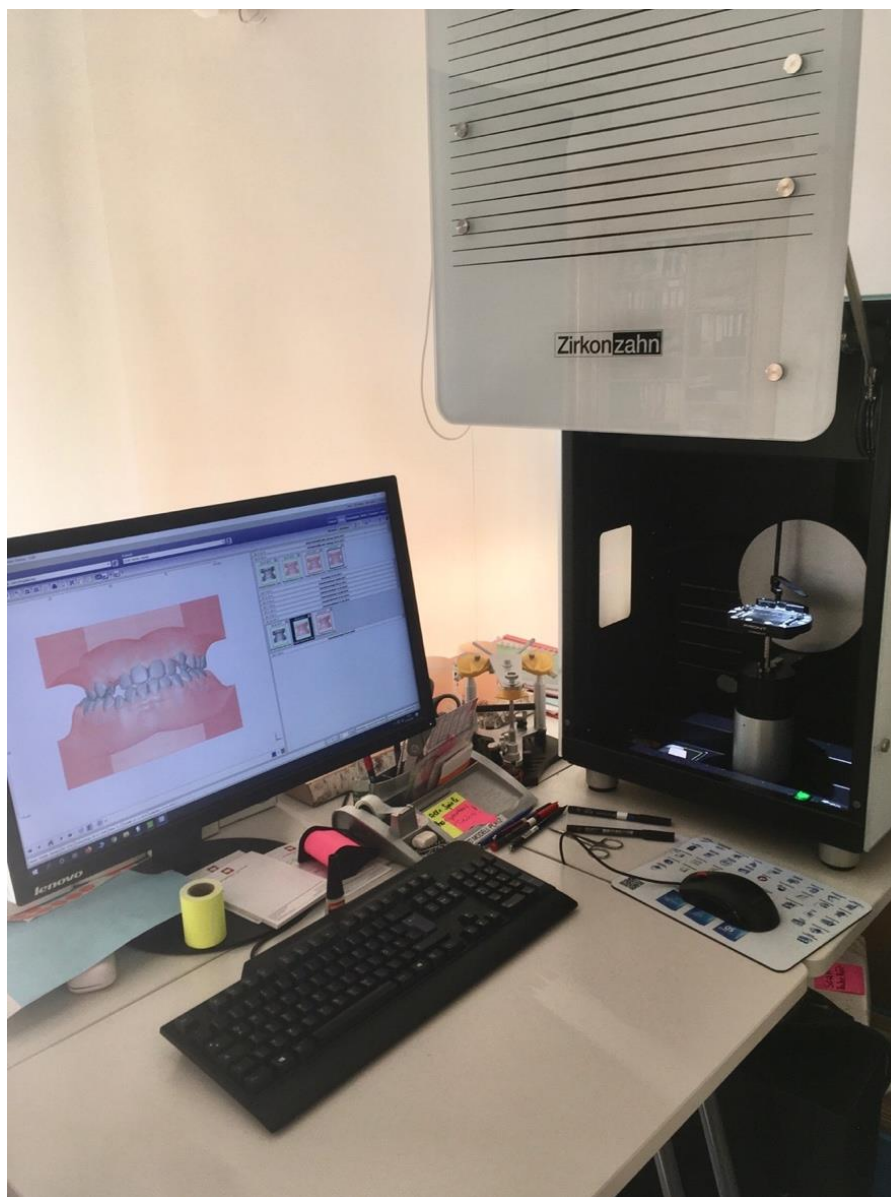


Abbildung 12: Arbeitsplatz mit Desktopscanner S600 Arti (Fa. Zirkozahn) und PC

3.4. Scanverfahren

3.4.1. Scanner

Alle Scans der 40 Modelle wurden mit dem *Modellscanner S600 ARTI* von *Zirkonzahn* (ZKN) in einem einheitlichen Arbeitsplatz durchgeführt. Dazu wurde die Scansoftware von Zirkonzahn (Scan) verwendet (Abbildung 13).

Jeder Untersucher wurde als erstes angehalten drei Probemodelle einzuscannen. Die Scans wurden gemäß den Anweisungen des Herstellers durchgeführt.

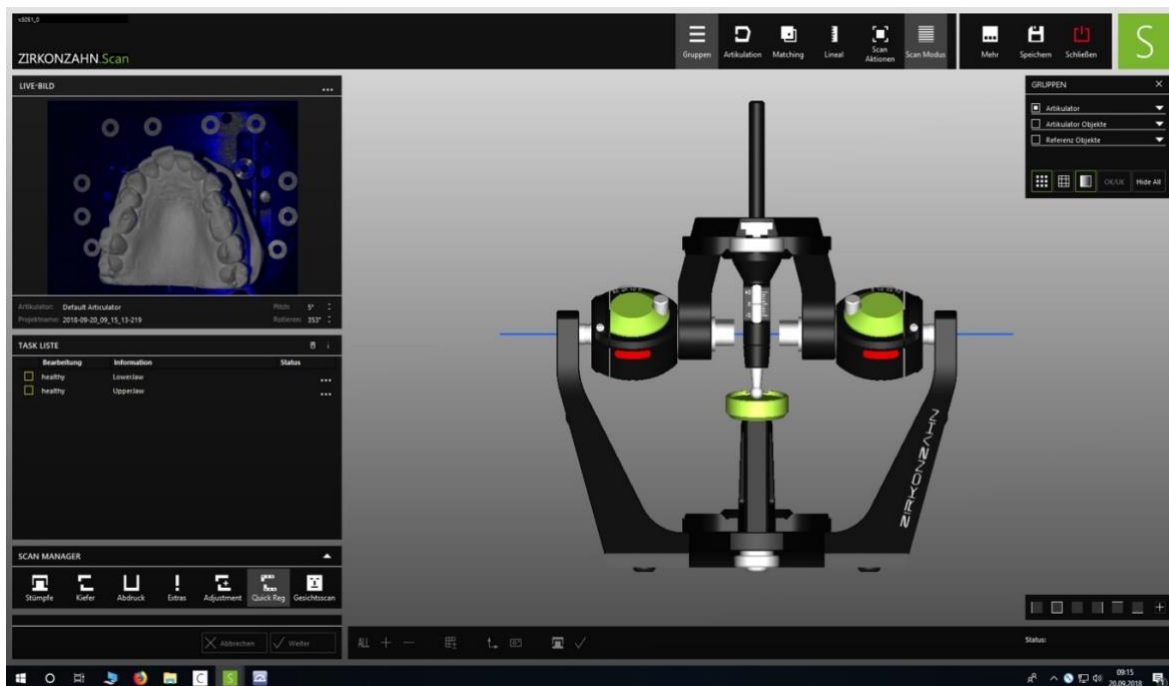


Abbildung 13: Desktopoberfläche S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)

3.4.2. Scanvorgang

Oberkiefer- und Unterkiefer der Modelle wurden zunächst auf die Modellhalterung montiert und einzeln eingescannt (Abbildung 14, oben), sodass ein digitales Oberkiefer- und Unterkiefermodell hergestellt wird. Danach erfolgt die Registrierung der Okklusion, indem beide Modelle mit einer Klammer fixiert wurden und ein erneuter Scanvorgang die bukkalen Flächen identifiziert (Abbildung 14, unten). Als letzter Schritt wurde die Übereinstimmung des separat eingescannten Ober- und Unterkiefermodells des Modells in Okklusion anhand von Punkten, welche manuell gesetzt werden müssen, abgefragt.

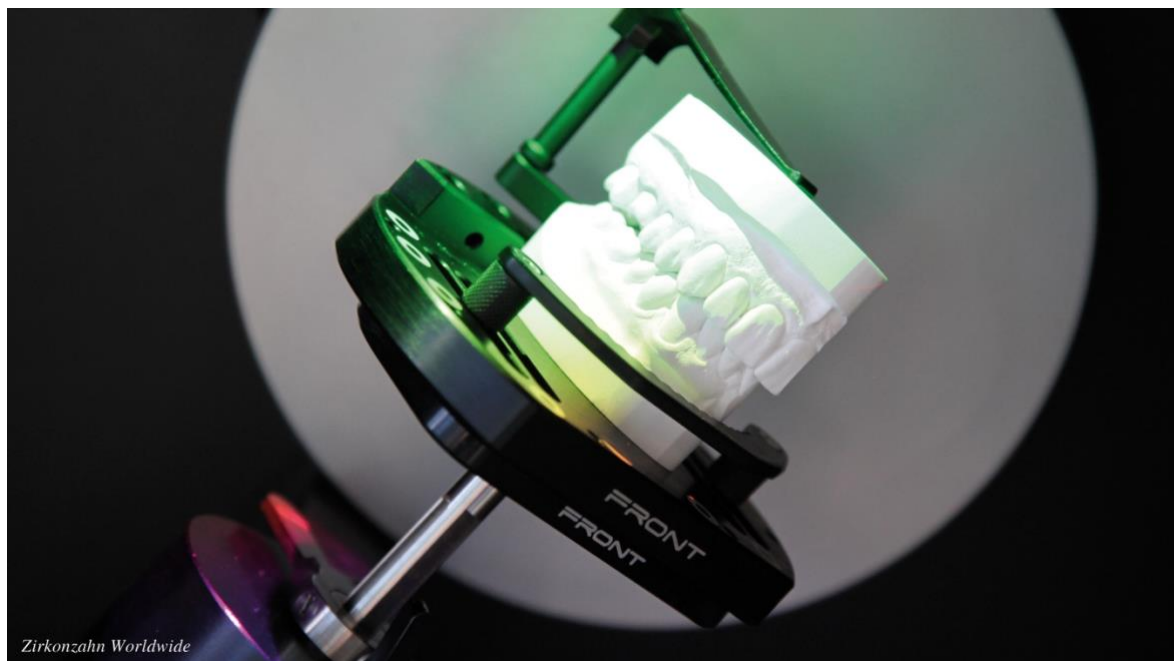
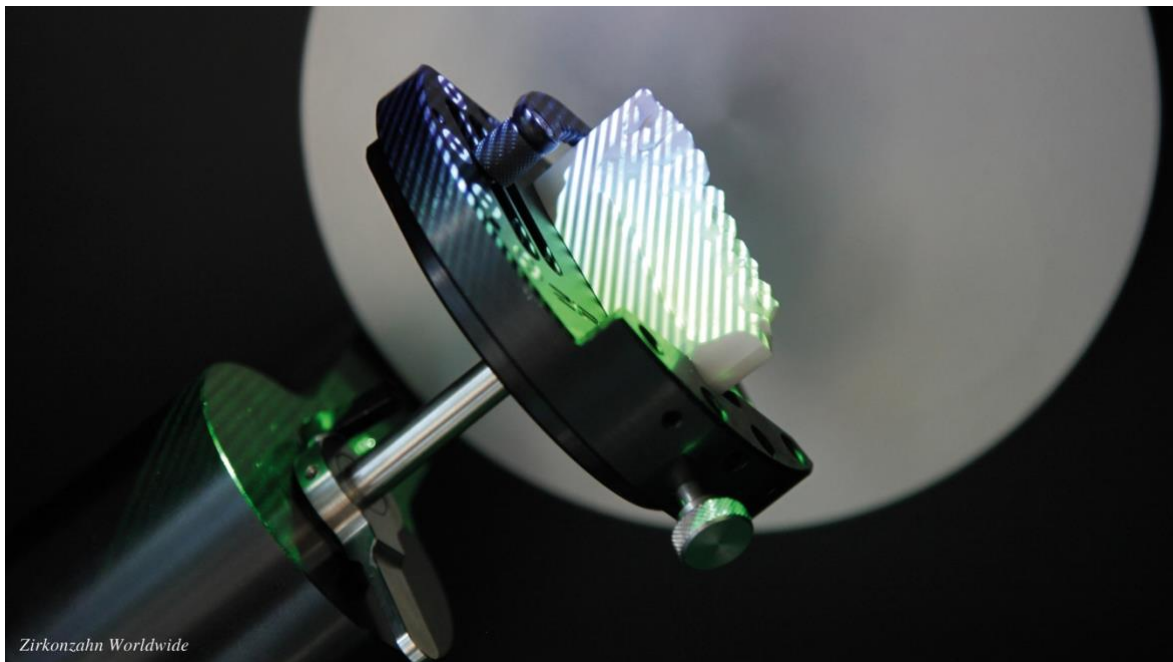


Abbildung 14: Modellscan mit S600 Arti (Fa. Zirkonzahn)

Nach dem Speichern wurden die Dateien des Modellscans in Onyx Ceph3 importiert und weiterbearbeitet (Modellbearbeitung).

Dies beinhalt:

- 1) **MODELLAUSRICHTUNG:**
Beschneiden, Sockeln, Beschriften

2) SEGMENTIEREN:

Krone segmentieren, Krone separieren, Krone vervollständigen, Referenzpunkte prüfen

3) AUSWERTUNG:

Abfragepunkte beantworten, AC wählen, Messpunkte vervollständigen (Abbildung 15)

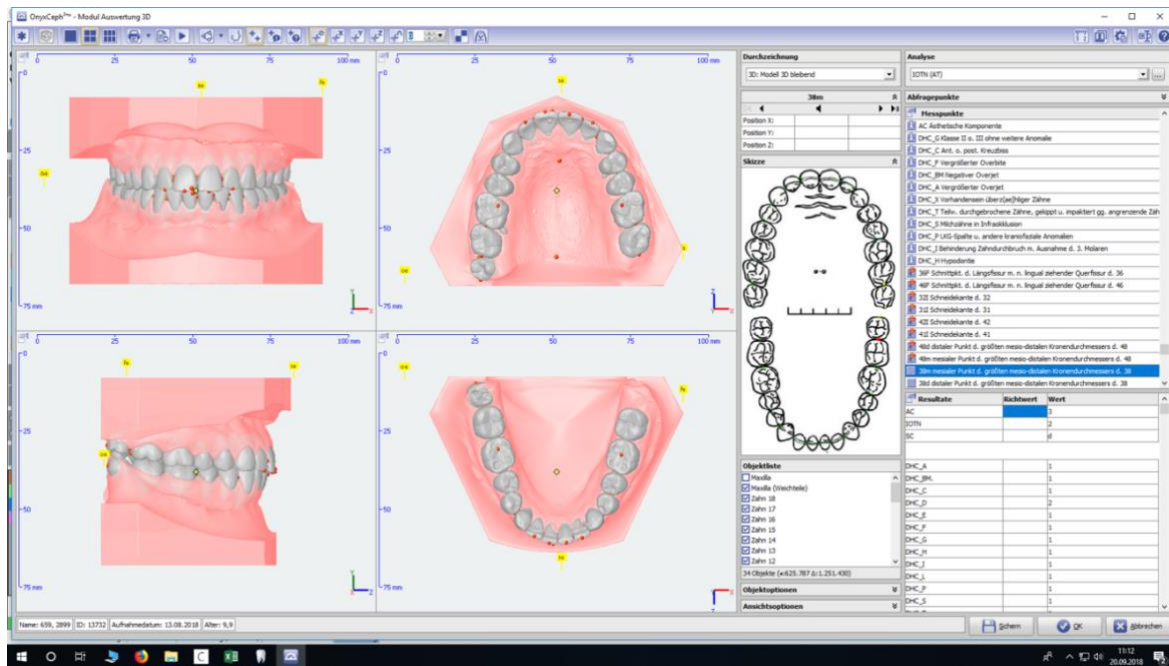


Abbildung 15: Desktopoberfläche Onyx Ceph 3D Modul

3.5. Datenerhebung

3.5.1. Einzeldatenblatt

Während des gesamten Scanvorgangs wurde ein Einzeldatenblatt ausgefüllt (siehe 3.3.4.) und die benötigte Zeit gestoppt. Dieses wurde über sieben Versionen entwickelt (Abbildung 16). Außerdem wurde jede/r UntersucherIn angehalten ein Scanprotokoll zu erstellen, auf welchem Fehler während des Scannens und Auswertens festgehalten werden sollten.

1. Start Stoppuhr: Datum Uhrzeit (hh:mm)
 (V192) (V193)

Allgemeine Daten
 Schachtel (V105) Lfd.-Nr. (V126)

Fehlende Zähne/Facts/Annahmen
 1. X: fehlender Zahn unklarer Ursache
 2. NER: nur b. Fehl. 8er
 3. FE: Daten fehlend (nicht erhoben)
 4. TE: Technisch fehlend
 5. KA Ann. Karies - Vorzz. Verlust
 6. KEX: KFO Tx mit Extraktion
 7. NA: Ann Nichtanlage
 8. RET: Ann. Retention
 9. NR: Nichtanlage o. retiniert
 10. KIX: Inappropriate extraction
 11. TR: Teilretention

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37

Stoppuhr 1. Zwischenzeit (mm:ss)
 (V206)

2. Start 3D Scan Stoppuhr 2. Zwischenzeit (Scan Ende) (mm:ss)

3. IOTN digitale Bearbeitung Stoppuhr 3. Zwischenzeit (vor Segmentieren) (mm:ss)

4. Digitale Auswertung

	Grad 1 - 5	Qualität a-x							
fehlende Zähne (missing teeth) (5i, 5h, 4h)	Mis <input type="text"/> (V194)	<input type="text"/> (V195)							
sagittaler Überbiss (overjet) (5a, 4a, 3a, 2a, 5m, 4m, 4b, 3b, 2b)	OJ <input type="text"/> (V196)	<input type="text"/> (V197)	wo gemessen? Zahn <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td>d</td></tr><tr><td>m</td></tr></table>	d	m				
d									
m									
Kreuzbiss (crossbite) (4c, 3c, 2c)	Cross <input type="text"/> (V198)	<input type="text"/> (V199)							
Kontaktpunktverschiebung (displacement) (4d, 3d, 2c)	D <input type="text"/> (V200)	<input type="text"/> (V201)	wo gemessen? <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"><tr><td align="center" colspan="2">zwischen</td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td></tr></table> 1. Messstelle 2. Messstelle	zwischen					
zwischen									
vertikaler Überbiss (overbite) (4f, 3f, 3f, 4e, 3e, 2e)	OB <input type="text"/> (V202)	<input type="text"/> (V203)							
sonstiges: LKG, MZ (5p, 5s, 4l, 4t, 4x, 2g)	So <input type="text"/> (V204)	<input type="text"/> (V205)							
zahngesundheitliche Komponente (DHC)	DHC <input type="text"/> (V206)	<input type="text"/> (V208)							
Ästhetische Komponente (AC)	(V209) <input type="text"/>								
Endzeit Soppuhr (V211)	<input type="text"/> (mm:ss)		Untersucher (Nr.) <input type="text"/>						

S:\STUDIEN\IOTN\Task Force IOTN\Task Force IOTN 3000\Einzeldatenblätter IOTN 3000

Abbildung 16: Einzeldatenblatt

Aufbau des Einzeldatenblattes mit vier Zeitmessungen:

- **T1:** Modelladministration: Dies beinhaltet Datum, Uhrzeit, Schachtelnummer und laufende Nummer, aber auch Modellbeschaffenheit
- **T2:** 3D Scan: die Zeit die benötigt wird das Modell einzuscannen
- **T3:** Digitale Modellbearbeitung: Zeit die der/die UntersucherIn benötigt um das Modell digital zu bearbeiten (bis vor Segmentieren)
- **T4:** IOTN Bewertung: Segmentieren und IOTN DHC Merkmale. Hinzu kommt die Ästhetische Komponente

Im Folgenden wird T1 und T2 als Zirkonzahnzeit (ZZ) beschrieben, T2 und T3 als Onyxzeit (OZ).

3.5.2. Datenmatrix

Für die Analyse wurden die Messwerte in eine Datenmatrix (MS Excel, Version 15.27) übertragen. Jedem Messpunkt aus den Einzeldatenblättern wurde hierfür eine Variable zugeordnet, die entsprechende Definition wurde in einem Codebuch abgelegt.

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet. The columns are labeled 'Beurteiler C', 'Beurteiler 2', 'Beurteiler 4', 'Beurteiler 5', 'Beurteiler 6', 'Beurteiler 7', 'Beurteiler 8', 'Beurteiler 9', 'Beurteiler 10', and 'Beurteiler 11'. The rows contain numerical data points, likely representing measurements for different cases or subjects. The data is organized in a grid format, with some cells highlighted in red and others in blue.

Abbildung 17: Datenmatrix

Zu den in die Matrix eingetragenen Daten und Parametern zählen: die fortlaufende Nummer, die Uhrzeit, das Datum, die Schachtelnummer und die Zwischenzeiten der Stoppuhr, sowie das Ergebnis der IOTN Auswertung (DHC + AC) (Abbildung 17).

3.6. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde in MS Excel (Version 15.27) und SPSS (Version 25) mit Hilfe einer statistischen Fachbetreuung durch Dipl. Ing. Irene Mischak,

Universitätsklinik für Zahnmedizin und Mundgesundheits, durchgeführt.

Analysiert wurden:

- o Häufigkeiten und Verteilungen von Haupt- und Nebenzielgrößen
- o Maße der Mitte und der Streuung
- o Intraklassenkorrelationen (ICC)

3.7. Ethikvotum und Datenschutz

DDr.Santigli übergab den Gesamtbestand der Studienmodelle an Studentin Julia Reischmann. Nach der Zufallsauswahl von 50 Studienmodellen aus dem Pool wurde die Namensbeschriftung durch eine vierstellige ID Nummer ersetzt. Ab diesem Punkt erfolgte die Weiterverarbeitung ausschließlich in anonymisierter Form. Die Datenerhebung am Einzeldatenblatt geschah ausschließlich anhand der ID. Eine Zusammenführung von ID und Identität der Studierenden war nur über die bei der Betreuerin DDr. Santigli hinterlegten Liste möglich.

Die Ausführung der Untersuchung wurde von der Ethikkommission der medizinische Universität Graz mit dem Votum Nummer 32-039 genehmigt (Abbildung 26)

3.8. Kosten-Nutzen-Evaluierung

Da es sich um eine retrospektive Auswertung in einem Archiv vorhandener Unterlagen handelt war kein Risiko infolge der durchgeführten Erhebung zu erwarten. Der ursprüngliche Zweck der Herstellung von Studienmodellen durch die Studierenden diente Lehr- und Lernzwecken zur Erlernung der dentalen Abformung, für die Beurteilung von Malokklusionen und zur Erlernung eines Screeningverfahrens am Beispiel des IOTN. Im Rahmen der beabsichtigten Untersuchung hatten die ProbandInnen weder direkten Nutzen noch ein direktes Risiko aus der Studie. Das einzig mögliche Risiko, nämlich das Bekanntwerden von persönlichen Daten wurde durch die Pseudonymisierung und Zugriffsbeschränkung minimiert. Die Ergebnisse dieser Studie können als Grundlage zur Hypothesengenerierung für weitere Studien dienen. Sie zählen zu den wenigen und ersten Ergebnissen, die epidemiologische Auskünfte zur kieferorthopädischen Behandlungsnotwendigkeit in Österreich liefern.

4. ERGEBNISSE

Es wurden insgesamt 40 Gipsmodelle von StudentInnen der medizinischen Universität Graz aus dem Jahr 2014/2015 digital eingescannt und ausgewertet.

4.1. IOTN – DHC

Abbildung 18 zeigt die kieferorthopädische Behandlungsnotwendigkeit eingeteilt in deren Graden und die respektiven Merkmale.

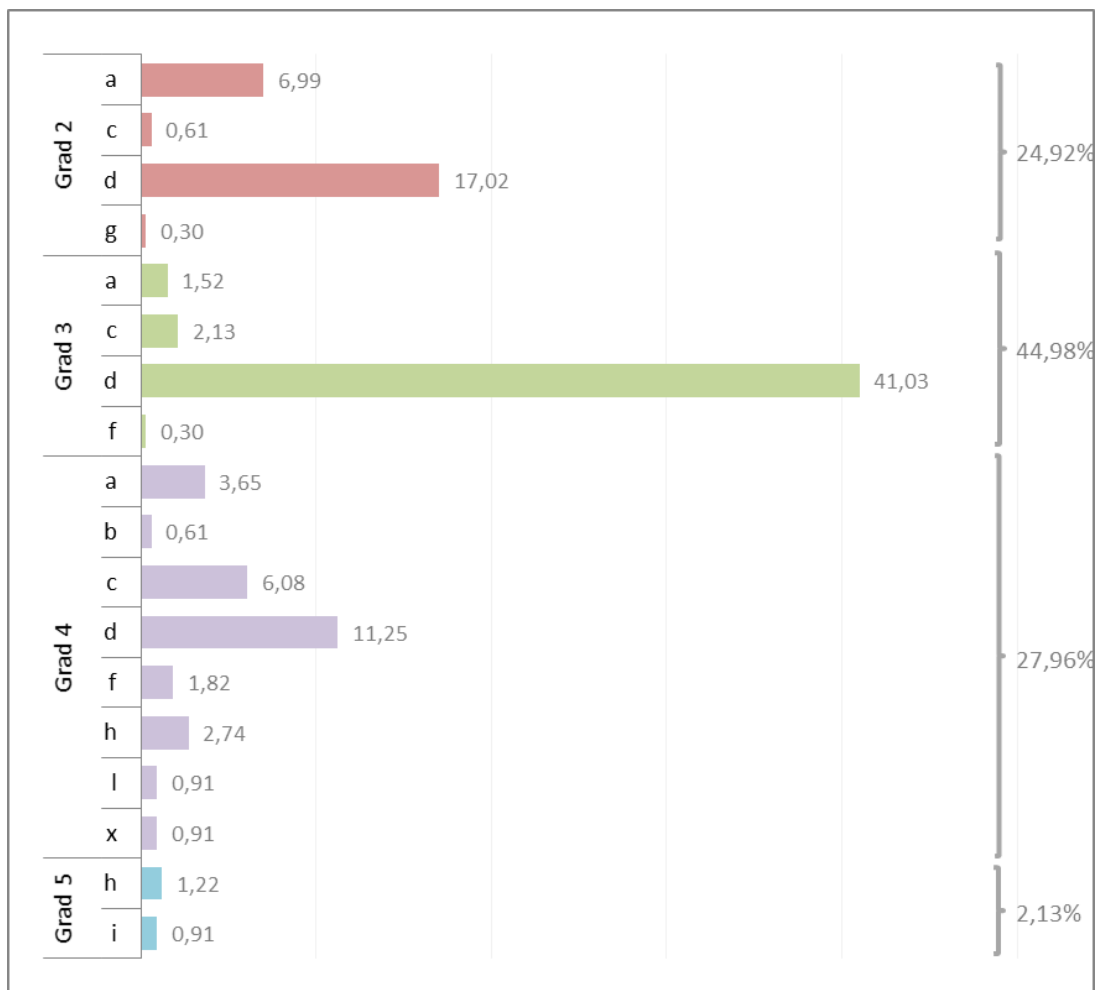


Abbildung 18: IOTN-DHC Bewertung gesamt nach Schweregrad und Merkmal
(n=329 Bewertungen)

Von insgesamt 329 ausgewerteten Messungen wurde mit knapp 45% am häufigsten Grad 3 vermessen. Untersucht man die Merkmale fällt auf, dass vor allem Merkmal „d“ (Displacement) am häufigsten ausgewertet wurde, sowohl bei Grad 2, 3 als auch 4.

4.1.1. Verteilung der IOTN DHC Bewertungen

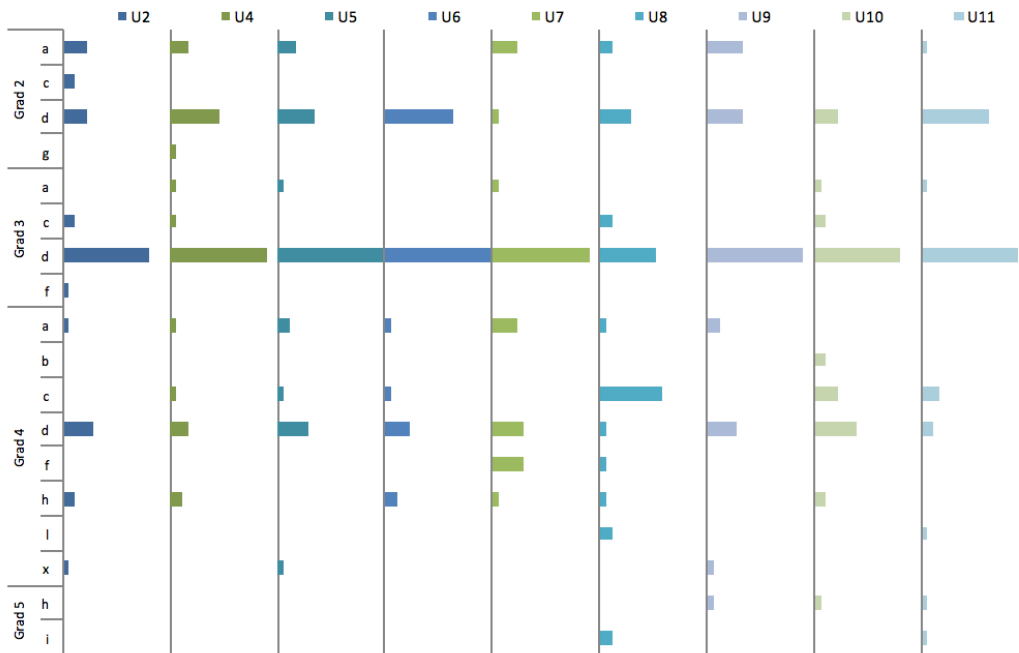


Abbildung 19: IOTN-DHC durch 9 UntersucherInnen nach Schweregrad und Merkmal (n= 37)

Abbildung 19 veranschaulicht die DHC Ergebnisse nach Schweregrad und Merkmal der neun UntersucherInnen. Hier findet sich noch einmal die deutlich stärkste Zuteilung zum Merkmal „d“. Grad 5 kommt fast nie vor.

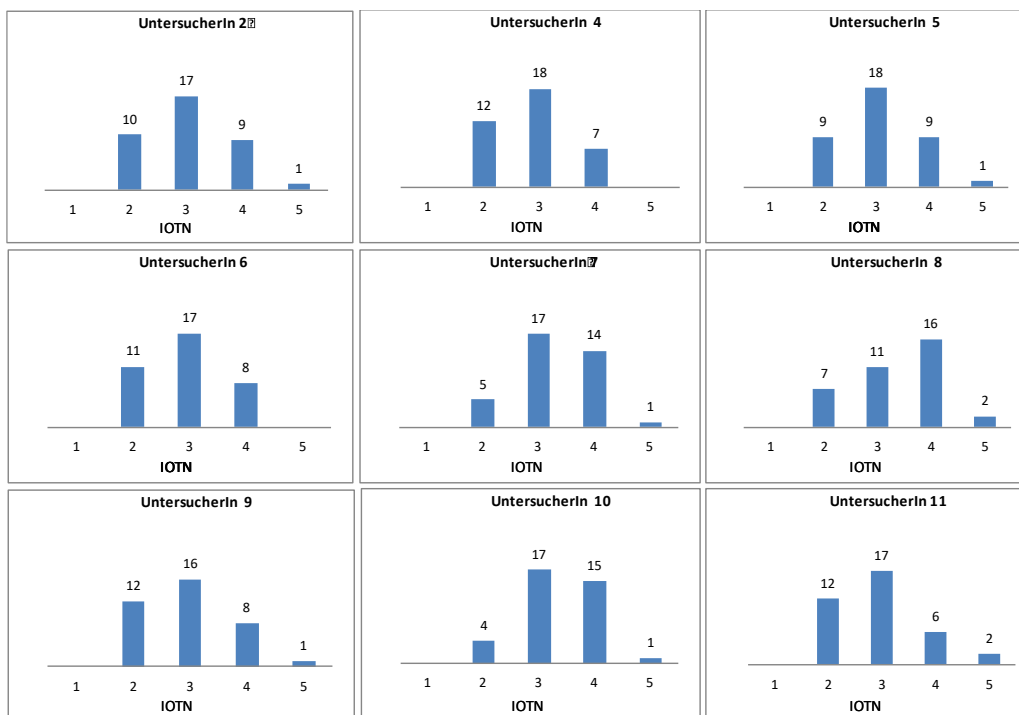


Abbildung 20: IOTN-DHC durch 9 UntersucherInnen nach Schweregrad (n=37)

Abbildung 20 zeigt folgendes: Die neun UntersucherInnen und die dazugehörigen DHC Auswertungen. Die Balkendiagramme zeigen hauptsächlich Bewertungen zwischen Grad 2 und 4. Grad 1 und 5 kommen fast nie vor.

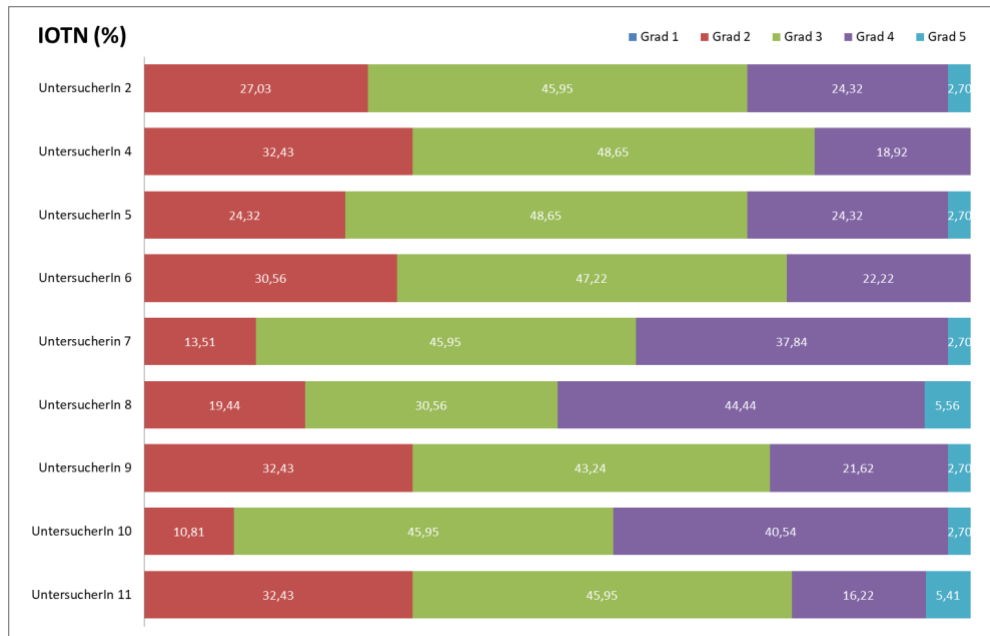


Abbildung 21: IOTN-DHC anteilmäßig Gegenüberstellung 9 UntersucherInnen

Veranschaulichung der IOTN- DHC der neun UntersucherInnen. Grad 3 wurde am häufigsten vermessen. Grad 1 und 5 kommen fast nie vor.

4.1.2. Übereinstimmung der IOTN-DHC Bewertungen

Um die Übereinstimmung der Bewertungen der neun UntersucherInnen hinsichtlich der DHC Komponente festzustellen, wurden die Beurteilungen paarweise auf Intraklassen-Korrelation geprüft. Tabelle 1 veranschaulicht die Ergebnisse.

Tabelle 1: IOTN-DHC Interrater Reliabilität durch 9 UntersucherInnen
Cronbachs Alpha (37 Modelle, jeweils 2 UntersucherInnen)

UntersucherInnen	4	5	6	7	8	9	10	11
2	0,740	0,767	0,622	0,422	0,562	0,842	0,589	0,448
4		0,758	0,581	0,231	0,602	0,854	0,645	0,611
5			0,683	0,281	0,675	0,883	0,631	0,709
4				0,336	0,684	0,687	0,358	0,624
7					0,298	0,283	0,598	0,051
8						0,637	0,324	0,620
9							0,534	0,682
10								0,350

Übereinstimmung:

- sehr gut (n=3)
- gut (n=17)
- wenig bis gering (n=7)
- schlecht (n=9)

Gelb ergab eine gute Übereinstimmung (0,61-0,80), grün eine sehr gute Übereinstimmung (>0,81). Die grauen und orangenen Felder verdeutlichen eine geringe bis schlechte Übereinstimmung. Die Paarungen der UntersucherInnen 9 mit 2, 4 und 5 ergaben eine sehr gute Übereinstimmung.

4.2. IOTN - AC

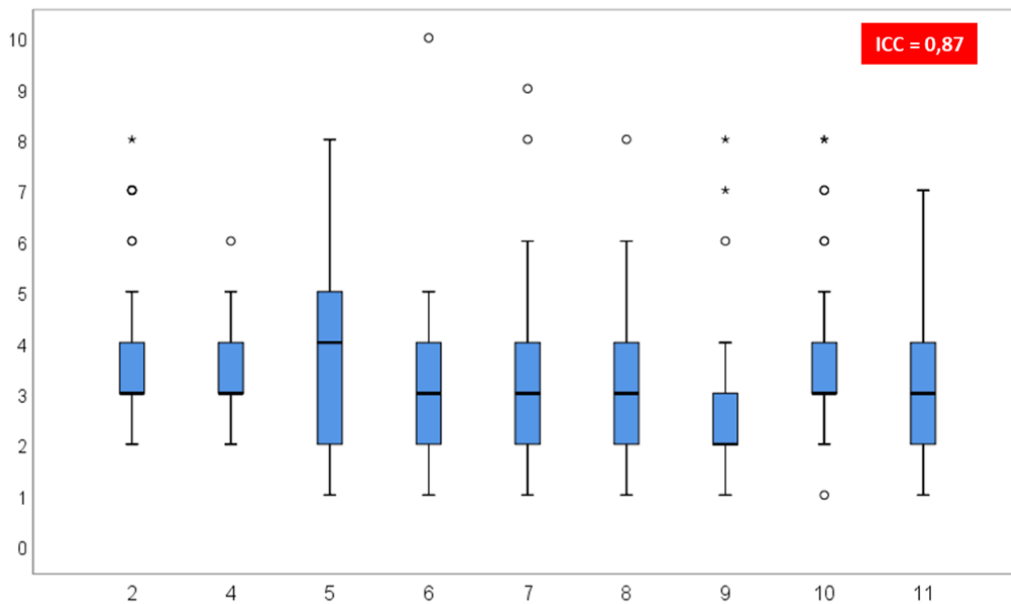


Abbildung 22: IOTN-AC Mittelwerte und Streuung von 9 UntersucherInnen

Schaut man sich für alle UntersucherInnen die AC an, lässt sich bei sieben von neuen UntersucherInnen ein Medianwert von 3 herauslesen. Lediglich zwei UntersucherInnen wählen 1 x 4 und 1 x 1 als AC. Außerdem gibt es einige Ausreißer. Der Interkorrelationskoeffizient beträgt 0,87, was eine sehr gute Übereinstimmung aufzeigt.

4.3. Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung

Tabelle 2: Zeitaufwand für die IOTN Beurteilung – 9 UntersucherInnen

	Zirkonzeit (T1 + T2)	Onyxzeit (T3 + T4)	Gesamt (T1 - T4)
	MW (SD)	MW (SD)	MW (SD)
UntersucherIn 2	09:06 (03:26)	12:38 (05:51)	21:44 (11:45)
UntersucherIn 4	15:18 (07:38)	21:51 (11:35)	37:08 (21:16)
UntersucherIn 5	08:44 (02:56)	11:05 (03:15)	19:48 (06:56)
UntersucherIn 6	11:12 (03:38)	30:03 (09:27)	41:14 (19:02)
UntersucherIn 7	06:10 (00:47)	07:25 (03:01)	13:33 (04:20)
UntersucherIn 8	08:58 (03:24)	14:09 (05:41)	23:07 (11:52)
UntersucherIn 9	06:17 (00:41)	08:43 (02:21)	14:59 (03:57)
UntersucherIn 10	08:31 (01:52)	14:47 (06:58)	23:16 (11:13)
UntersucherIn 11	07:56 (01:36)	12:26 (05:44)	20:22 (08:42)
Gesamt	09:08 (04:20)	14:47 (09:21)	23:55 (09:20)

Tabelle 2 zeigt den Zeitaufwand für die gesamte digitale IOTN Bewertung, ZZ und OZ. Die mittlere Scan- und Auswertungzeit verteilt sich von 13:33 Minuten (UntersucherIn 7) bis 41:14 Minuten (UntersucherIn 6). Schaut man sich getrennt T1/T2 und T3/T4 an ergibt sich folgendes: Für das Scannen und Administration benötigen die neun UntersucherInnen im Schnitt 09:08 Minuten, während sie für die Modellbearbeitung und IOTN Auswertung 14:47 Minuten benötigen.

4.3.1. Maße der Mitte und Streuung

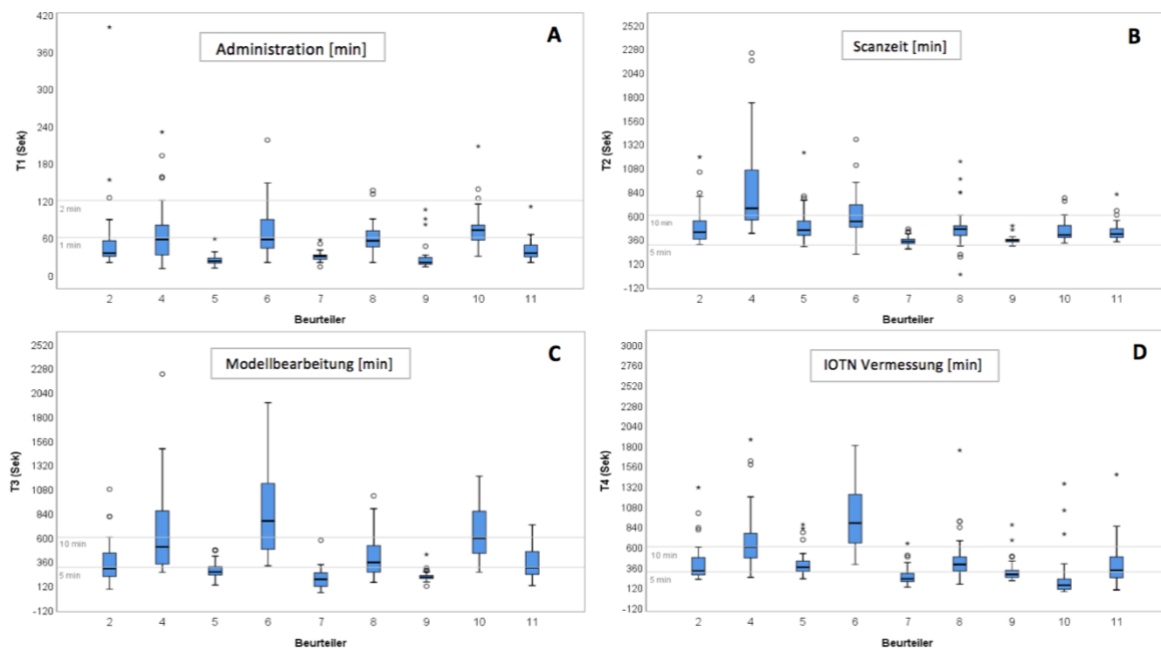


Abbildung 23: Zeitaufwand für Scan- und digitale IOTN Bestimmung: Mittelwert und Streuung

Abbildung 23 zeigt anhand von Box Plots den Zeitaufwand des/der jeweiligen Untersuchers/UntersucherIn. Die Spannweite von beispielsweise UntersucherIn 4 beim Scannen erstreckt sich von ungefähr 400 Sekunden bis 1800 Sekunden. UntersucherIn 9 lediglich von etwa 340 bis 350. Außerdem sind einige Ausreißer ersichtlich.

4.3.2. Lernkurven

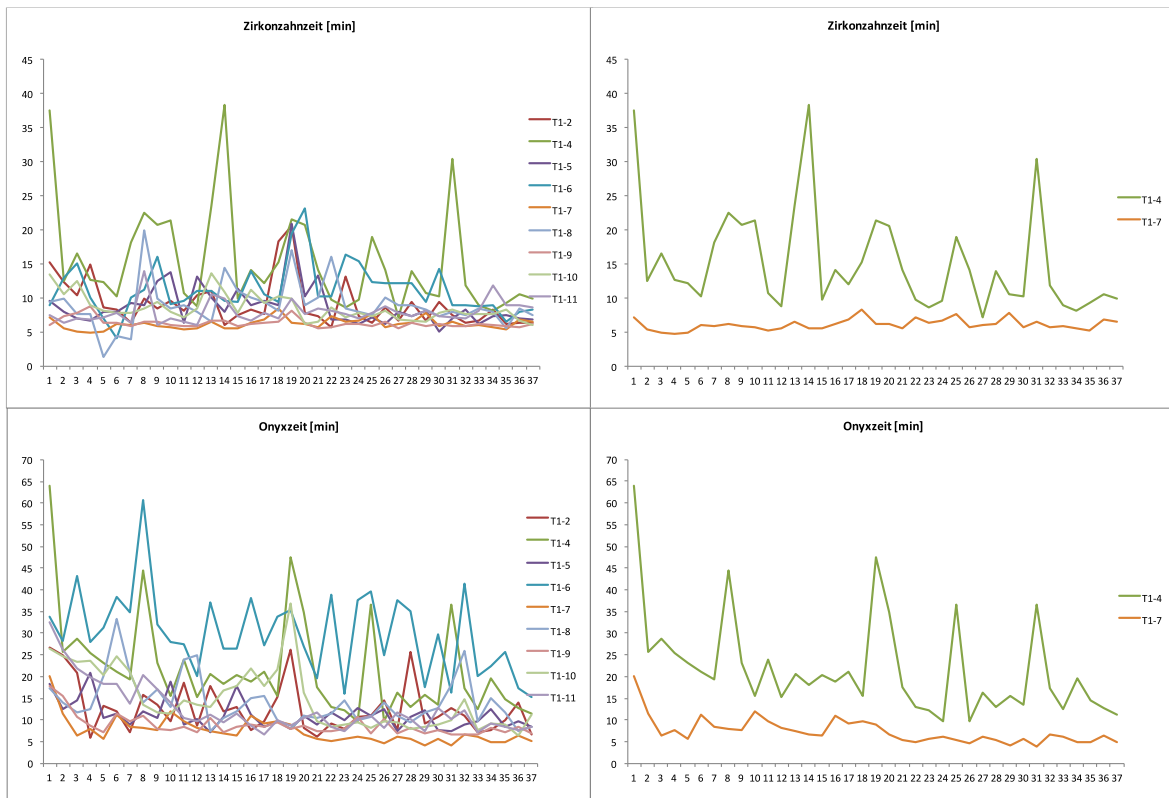


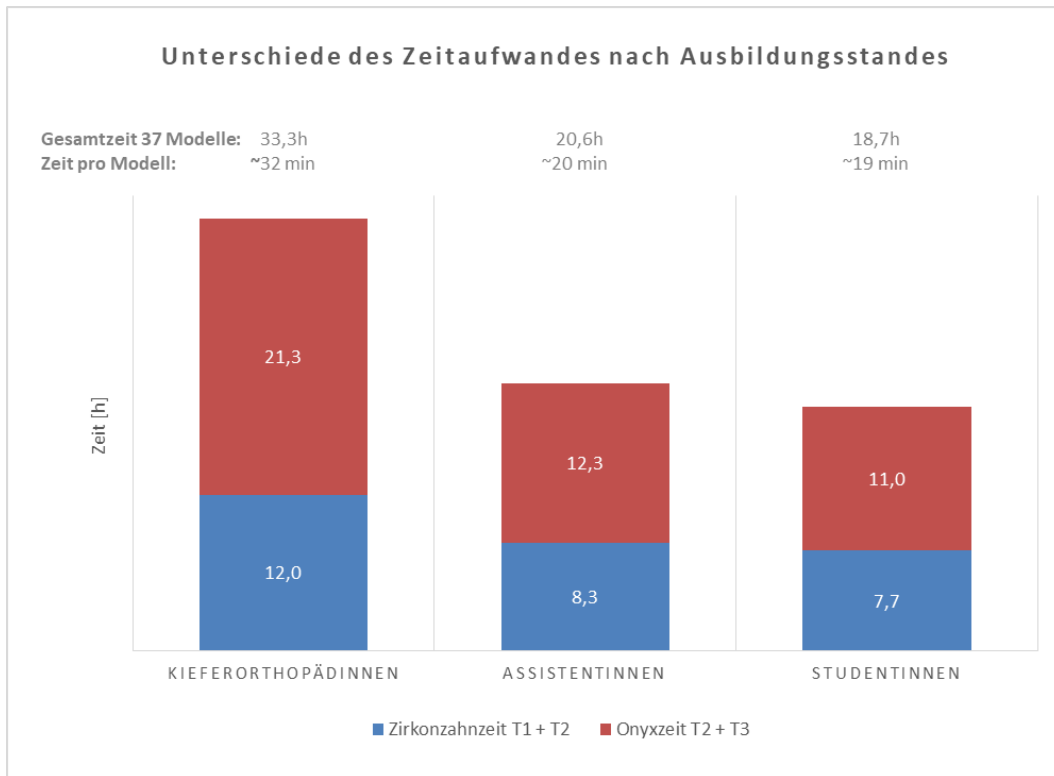
Abbildung 24: Lernkurven für Zirkonzahnzeit und Onyxzeit
(Scanner: S600 Arti, Fa. Zirkonzahn; Onyx Software, 3D Modul, Version IOTN 2)

Abbildung 24 veranschaulicht die die Lernkurven der neun UntersucherInnen. Einige haben starke, andere weniger starke Schwankungen in der Dauer der einzelnen Messungen. Abbildung 24 (rechte Seite) hingegen sind zwei auserwählte UntersucherInnen mit sehr unterschiedlichen Lernkurven. Dabei handelt es sich einmal um eine/einen Kieferorthopäden/Kieferorthopädin und einmal um eine/einen Studierende/Studierender.

4.3.3. Unterschiede nach Ausbildungsstand (ZÄ, STUD, ZAS)

Im Hinblick auf die Zirkonzahnzeit (T1 + T2) und Onyxzeit (T3/T4) kann man bei den einzelnen Untersucherguppen feststellen, dass die KieferorthopädInnen pro Modell durchschnittlich 32:43 Minuten (ZZ 12 Minuten und OZ 21,3 Minuten) für ein Modell

in Anspruch genommen haben, die AssistentInnen benötigten 20 Minuten (ZZ 8,3 und OZ 12:03 und die StudentInnen 19:01 Minuten (ZZ 7,7 Minuten und OZ 11,0 Minuten).



**Abbildung 25: Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung:
3 Untersucherguppen nach Ausbildungsstand**

5. DISKUSSION

5.1. UntersucherInnen

Die Untersucherguppe besteht aus neun UntersucherInnen mit verschiedenen zahnmedizinischen Ausbildungsgraden: drei ZahnärztInnen, drei StudentInnen und drei AssistentInnen, welche jede für sich, unterschiedliches Erfahrungs- und Ausbildungsniveau aufweist. Durch diese Unterteilung ist es uns möglich herauszufinden, welchen Einfluss diese verschiedenen Erfahrungs- und Ausbildungsniveaus der jeweiligen UntersucherInnen auf die Ergebnisse in Bezug auf die Übereinstimmung aufweisen. In Untersucherguppe 1 (KieferorthopädInnen) handelt es sich um Behandler, mit dem Geburtsjahr 1955-1965, welche der Generation angehören, die ohne digitale Medien aufgewachsen ist. Für sie ist daher die digitale Vermessung durch die Notwendigkeit einen Computer, einen Scanner und die dazu passende Software zu bedienen (eigene Aussage der Untersucherin). Untersucherguppe 2 (Assistentinnen) hat sehr unterschiedliche kieferorthopädische Erfahrungen trotz gleichem Ausbildungsgrad, vor allem, was das digitale Können betrifft. Bei Untersucherguppe 3 handelt es sich um StudentInnen mit wenig Erfahrung in der IOTN Auswertung, jedoch wahrscheinlich mit größerem digitalem Verständnis, da diese Gruppe in der Nutzung digitaler Medien versierter ist, als die beiden anderen.

Schaut man in die Literatur wird deutlich, dass es ein wichtiger Faktor ist, den IOTN zuerst einmal zu erlernen. Pobat et al. untersuchen in ihrer Studie, inwieweit ZahnmedizinstudentInnen im dritten Jahr auf den IOTN erfolgreich kalibriert werden können. Das Ergebnis zeigt ein „substantial Agreement“ im DHC. Dies zeigt, dass IOTN-Unterricht dringend erforderlich ist, und zu guten Ergebnissen führt (Probat et al. 2013).

Eine andere Studie von Jawad et al. bat 229 Teilnehmer 14 vorausgewählte IOTN Fälle zu bewerten und zusätzlich einen kurzen Fragebogen auszufüllen. Der Fragebogen enthielt Fragen zum Ausbildungsstand, Arbeitsort, Häufigkeit der Verwendung des IOTN und die Anzahl der IOTN Trainings. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass der Arbeitsort, die Häufigkeit der Verwendung des IOTN und der zugehörigen Gruppe den meisten Einfluss für die Genauigkeit der Verwendung des IOTN haben. Der Autor weist darauf hin, dass angepasste Schulungen und

Instrumente angeboten werden müssen, die den IOTN praktizierenden Personen helfen sollen, genauere und reproduzierbarere Messungen zu erreichen. Nur so kann eine akzeptable kieferorthopädische Grundversorgung angeboten werden (Jawad et al. 2016).

Albino zeigt auf, dass Personen mit einer zahnmedizinischen Grundausbildung relativ verlässliche Einschätzungen über den Schweregrad der Malokklusion treffen können. Laien haben allerdings zu wenig Wissen und Training um in speziellen Fällen richtige Entscheidungen zu treffen. Dennoch, betont der Autor, ist es möglich für Personen mit wenig fachlichem Wissen, sich dieses durch Training anzueignen (Albino et al. 1978).

5.2. Prüfgegenstände: Studienmodelle

Bei den Studienmodellen handelt es sich um selbst angefertigte Gipsmodelle von Studierenden des Humanmedizinstudiums. Die Verteilung der verschiedenen IOTN Grade bei diesen Modellen, lässt sich nur eingeschränkt auf die Allgemeinbevölkerung umlegen, da es sich dabei zum einen um teils bereits regulierte StudentInnen handelt, zum anderen um Personen mit hohem Bildungsniveau.

In der Studie ausgeschlossen wurden Modelle welche nur 1 Kiefer aufwiesen, sowie Modelle ohne Bissplatte. Außerdem benutzen wir ausschließlich Gipsmodelle, bei welchen die Zähne eins bis sieben keine Beschädigung zeigen.

5.3. IOTN DHC

Der IOTN DHC zeigt im Allgemeinen eine starke Ausprägung zum Grad 3 .70% weisen Grad 3 auf, als das häufigste Merkmal wird das Merkmal „d“ bewertet, mit 73%. Diese Tendenz zu weniger starken Malokklusionen lässt sich vor allem dadurch erklären, dass es sich um StudentInnen handelt, welche zu einem Teil bereits reguliert wurden.

5.3.1. Verteilung der IOTN DHC Bewertung

Sieht man sich die Behandlungsnotwendigkeit laut der neun UntersucherInnen im Überblick an, kann man kein einheitliches Bild erkennen. Jede(r) UntersucherIn weist eine andere Verteilung der DHC Grade und Merkmale auf. Es lässt sich jedoch eine

Tendenz der UntersucherInnen zum Merkmal „d“ erkennen. Vergleicht man jedoch beispielsweise UntersucherIn 8 (STUD) und 7 (STUD) erscheinen die Balken sehr uneinheitlich. Möglicherweise liegt dies an der geringen Erfahrung, welche die StudentInnen aufweisen.

Aus den Abbildungen 23, 24 und 25 ist nicht ersichtlich, ob der/die UntersucherIn dem gleichen Modell z.B. die Bewertung „3d“ gegeben hat wie ein/eine anderer/andere UntersucherIn.

5.3.2. Übereinstimmung der IOTN DHC Bewertungen

Schaut man sich Tabelle 1 an, sieht man eine sehr geringe Anzahl an sehr guter Übereinstimmung. Nur bei 3 Paarungen war die Übereinstimmung hier über 0,8. Der überwiegende Teil lag sogar deutlich unter 0,6, was auf eine mangelnde Übereinstimmung schließen lässt. Diese mangelnde Übereinstimmung kann durch viele Faktoren ausgelöst worden sein. Zum einen durch den unterschiedliche Ausbildungsgrad der neun Untersucher, zum anderen aber auch die Scan- und Auswertungssoftware. Der Einfluss des Ausbildungsgrades lässt sich jedoch falsifizieren, da sowohl innerhalb der gleichen Ausbildungsgrade wenig Übereinstimmung herrscht. Die 3 Paarungen (UntersucherIn 9 = ZAS) zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit sowohl ZÄ (UntersucherIn 5 und 4), ZAS (UntersucherIn 2).

5.4. IOTN AC

Die Ästhetische Komponente der neun UntersucherInnen zeigt einen Interkorrelationskoeffizienten von 0,87, was eine sehr gute Übereinstimmung darstellt. Sowohl aus den unterschiedlichen Maßen des Mittelwertes (Median) als aus der Streuung (Quartile, Minima, Maxima) lässt sich kein Zusammenhang im Hinblick auf Ausbildungsstand der neun UntersucherInnen feststellen.

In einer Vergleichsstudie von Aman et al. zeigt sich eine moderate AC Übereinstimmung zwischen den Untersuchern/UntersucherInnen (Aman et al., 2016).

5.5. Faktor Zeit

5.5.1. Zeitaufwand für Scan und digitale IOTN Bestimmung

Aus Tabelle 2 erkennt man wie unterschiedliche lang sowohl die Zirkonzahn-, als auch die Onyx- Zeit der neun UntersucherInnen ist. Es sind sehr große Schwankungen zu sehen. Betrachtet man die mittlere Gesamtzeit von 23:55 Minuten, zeigt sich wie lange tatsächlich ein Gipsmodell benötigt um digital ausgewertet zu werden.

5.5.2. Zirkonzahn - und Onyxzeit

Sowohl die Streuung als auch der Medianwert sind sehr unterschiedlich. Die zeitliche Spanne reicht im Gesamten (ZZ + OZ) von 13:35 Minuten bis 41:15 Minuten pro Modell. Stärkere Schwankungen hatten vor allem UntersucherInnen 4, 2 und 8, weniger starke Schwankungen bei UntersucherIn 5, 9, und 7. Schaut man sich an um welche Untersuchergruppen es sich dabei handelt, zeigt sich keine Tendenz hinsichtlich der Untersuchergruppen. In einer Ordination, Zahnklinik oder der Krankenkasse ist der zeitliche Aufwand der digitalen IOTN Bewertung und Scans wichtig, um Prognose für Personalkalkulationen zu erstellen. Bis zum Abschluss der Modellbearbeitung (Abbildung 23/A-C) könnte eine eingearbeitete ZAS/Lehrling die Arbeit übernehmen. Für die IOTN Auswertung, ab segmentieren, (Abbildung 23/D) wird eine Fachkraft mit tiefgründigem Hintergrundwissen benötigt.

5.5.3. Lernkurven

Analysiert man die Zeitkurven, zeigt sich bei 40 Modellen keine erwähnenswerte, einheitliche und/oder sukzessive Verkürzung der Bewertungszeit, weder zwischen den Untersucherinnen noch im Hinblick auf die Untersuchergruppen. Daraus kann abgeleitet werden, dass 40 Modelle zu wenig sind um einen Lernerfolg durch verkürzte Beurteilungszeiten und somit richtige Lernkurve zu erhalten. Möglicherweise würden sich nach 100-200 Modellen eindeutigere Lernkurven zeigen.

Betrachtet man UntersucherIn 4 (KieferorthopädInnen) und 7 (ZahnmedizinstudentInnen), wird deutlich, wie unterschiedlich die Zeitkurven aussehen. UntersucherIn 4 zeigt deutliche Schwankungen sowohl in der Scan- als auch in der Auswertungszeit. Mögliche Erklärungen dafür sind: technische Probleme

(Abbildung 28) bzw. Probleme im Handling oder mangelndes Wissen und damit einhergehende Unsicherheit. UntersucherIn 7 zeigt eine relativ lineare Zeitkurve mit wenigen Ausreißern.

Steinhuber untersuchte, ob durch 3D Anwendungen eine Ersparnis hinsichtlich des Zeitaufwandes im Vergleich zur herkömmlichen 2D Anwendung auftritt. Bei seiner Studie zeigte sich eine deutliche Verringerung des zeitlichen Aufwandes durch die 3D Vermessung bei chirurgischen Planungen im kieferorthopädischen Bereich. Ein Grund für den geringeren Zeitaufwand könnte hier das Outsourcing bestimmter vorbereitender Schritte an externe Unternehmen gewesen sein. (Steinhuber et al. 2018).

5.5.4. Unterschiede nach Ausbildungsstand (ZÄ, STUD, ZAS)

Betrachtet man nun die Gesamtzeit der digitalen IOTN Auswertung in Bezug auf die Untersuchergruppen, fällt auf, dass vor allem die KieferorthopädInnen durchschnittlich doppelt so viel Zeit benötigen wie die anderen Untersuchergruppen, obwohl diese das größte fachliche Wissen mitbringen. Dies ist entweder auf die geringere digitale Erfahrung zurückzuführen, oder auf eine höhere Genauigkeit in der Auswertung durch die KieferorthopädInnen.

5.6. Digitalisierung in der Kieferorthopädie

Vergleicht man das Ergebnis mit der Literatur zeigt die Studie von J. Czarnota et al., wie zuverlässig Messungen sind, die an digitalen Modellen durch einen Desktopscanner und einer Analysesoftware durchgeführt wurden. Sie wählten herkömmliche Gipsmodelle, welche digital ausgewertet wurden. Sie schlussfolgerten, dass die digitale Vermessung von Modellen ausreichend reproduzierbar und für den kieferorthopädischen Praxisalltag tauglich waren (Czarnota et al. 2016).

Eine Umstellung auf digitale Vermessung verspricht viele Vorteile: 1) ein sofortiges Abrufen und sofortiger Austausch digitaler Informationen aus der Patientenakte ist möglich, 2) Archivieren von digitalen Daten und Modellen benötigt viel weniger Platz und damit Ressourcen, 3) keine Gefahr von Beschädigungen oder Verlust von Modellen bei Lagerung oder Transport und 4) liefern digitale Modelle als Grundlage für virtuelle Behandlungssimulation (Darroudi et al. 2017).

Die Hauptfrage im Hinblick auf eine Umstellung auf die digitale Auswertung ist aber, wie verlässlich die Ergebnisse der digitalen Vermessungen sind. Ist es möglich, durch die immer weiter voranschreitende Digitalisierung eine im Vergleich zur manuellen IOTN Bewertung einfachere und reproduzierbarere Methode zu bekommen? Und wie groß bleibt der Faktor „Mensch“ auch bei den digitalen Auswertungen?

Ein Nachteil in der digitalen Datenerfassung ist, dass viele Schritte in der Auswertung händisch gemacht werden müssen. Zum Beispiel müssen bei der Auswertung von Overjet und Displacement Punkte manuell gesetzt werden, was Zeit kostet und zu Ungenauigkeiten führen kann. Interessant wäre eine weiterführende Studie, die sich damit beschäftigt, in wieweit UntersucherInnen die „d“ Komponente am gleichen Zahn messen. Außerdem könnte man sich anschauen an welchem Zahn die UntersucherInnen den größten Overjet definieren.

Ein großer Faktor, mit wahrscheinlich starker Auswirkung auf die Scan- und Auswertungszeit, waren technische Probleme, welche aufgetreten sind. Jede Untersucherin sollte aufschreiben, sobald es Probleme mit dem Scanner oder dem Auswertprogramm gab. Abbildung 28 zeigt ein Scan Protokollauszug von UntersucherIn 9. Die häufigste Ursache für Probleme ist technischen Ursprungs. Dabei handelt es sich sowohl um Probleme mit dem Scan- und Auswertprogramm, als auch mit der Internetverbindung und Speicherplatz. Die digitale Auswertung sollte einfacher und mit weniger Problemen gestaltet sein.

Darroudi et al. gehen davon aus, dass aufgrund der Fähigkeiten und Erfahrungen des/der Bedieners/Bedienerin Fehler in Bezug auf das Scannen und die Auswertung auftreten können. Dies betrifft sowohl die mangelnde digitale Kenntnis, als auch mangelndes Fachwissen (Darroudi et al. 2017).

Mok et al. untersuchen in ihrer Studie in wieweit 2-dimensionale digitale Bilder einen Vorteil im Vergleich zu Gipsmodellen darstellen. Sie beschreiben vor allem die dringende Notwendigkeit der Digitalisierung von Gipsmodellen, da ein Viertel seiner verloren gingen, beschädigt wurden oder Mängel aufwiesen (Mok et al. 2009).

Als ein weiterer limitierender Faktor lassen sich die Kosten der digitalen Modellauswertung hervorheben. Abgesehen von der langen Auswertungs- und

Scanzeit, was sich auch in den Kosten für die scannenden Angestellten niederschlägt, kostet der Scanner zwischen 30.000 und 70.000 Euro. Diese Kosten müssen Ordinationen erst einmal auf sich nehmen. Hinzu kommen Kosten für Software und Hilfeleistungen bei digitalen Problemen oder Reparaturen. Weiter erfordert der erhöhte Bedarf an Speicherplatz für die Daten der Modellbeurteilung meist ein Aufrüsten der vorhandenen Hardware inkl. einer entsprechenden Sicherheitstechnik.

Ein positiver Faktor hingegen ist der wegfallende Platzbedarf für die Modellarchivierung. Man benötigt durch die digitale Modellbearbeitung weniger Platz in der Ordination und die Daten lassen sich leichter speichern und weiterversenden. Auch Mängel welche durch Versand oder Lagerung bei den Gipsmodellen auftreten, sind bei der digitalen Modellbearbeitung zu vernachlässigen.

Eine vervollständigte digitale Auswertung mit entsprechender Programmierung ist hier dringend notwendig um Fehler durch subjektive Messungen komplett auszuschließen. Im Hinblick auf eine faire Verteilung der Gelder für die Bezuschussung kieferorthopädischer Behandlungen, sollte dies genauso wie eine Kalibrierung der Kieferorthopäden stärker forciert werden, da eine reproduzierbare IOTN-Auswertung die Basis der Aufteilung der Finanzen ist.

6. KONKLUSION

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die digitale Vermessung des IOTN nicht das „Allheilmittel der Reproduzierbarkeit“ erwarten lässt. Die Übereinstimmung zwischen den UntersucherInnen variiert vielfach, was sich auch ausschlaggebend für einen allenfalls bestehenden Anspruch auf die Krankenkassenspanne zeigt. Bei ONYX Ceph handelt es sich um eine semiautomatisierte quantitative Vermessungs-Software, die von qualitativen Eingaben der UntersucherInnen abhängig ist. Nicht zu unterschätzen sind Zeitaufwand und gehäuft technische Probleme. Die erhoffte einfache, einheitliche und untersucherunabhängige Umsetzung der IOTN Vermessung lässt noch zu wünschen über. Während das zeitaufwendige Scannen von Gipsmodellen an das Assistenzpersonal delegiert werden kann, bedarf die IOTN Vermessung ein spezialisiertes Fachwissen. Auch die digitale Modellaufbereitung ist ohne zahnmedizinische Fachkenntnisse nicht durchführbar. Neben einer standardisierten Lehre an Österreichs Hochschulen und postgraduellen Fortbildungskurse soll die Weiterentwicklung von Scan- und Auswertesoftware zu einer zunehmenden Vereinheitlichung der IOTN Vermessung und zu weniger Konflikten im klinischen Alltag beitragen.

7. LITERATURVERZEICHNIS

Albino, J.E., Lewis, E.A., & Slakter, M.J. 1978. Examine Reliability for Two Methods of Assessing Malocclusion. *The Angle Orthodontist* (48.4): p.297–302.

Angle, E.H., D.D.S., St. Louis, & Mo. 1899. Classification of malocclusion. (41): p.248–264.

Bagheban, A.A., Nourit, M., & Safavit, M. 2008. Assessment of agreement in measuring orthodontic treatment need with the modified DHC. *Australian Orthodontic Journal* : p.10–14.

Burden DJ; Pine CM; Burnside G. 2001. Modified IOTN: an orthodontic treatment need index for use in oral health survey. *Community dentistry and oral epidemiology*: 29: 220-5

Brook, P.H., & Shaw, W.C. 1989. The development of an index of orthodontic treatment priority. *11(3), 309-320. (11(3))*: p.309–320.

A. Björk, Aa. Krebs, B. Solow. 1964. A Method for Epidemiological Registration of Malocclusion. *Acta odont. scandinav.* 22: 27-41

Cubas, Y.P., Hardy, D., & Orellana, M.F. 2012. Effectiveness training dental students in two occlusal indices. (76(6)): p.739–745.

Gerdiner, & Holmes, J. 1956. A survey of malocclusion and some aetiological factors in 1000 Sheffield schoolchildren. *Dent Pract* 6: p.187–198.

Kragt, L., Hermus, A., Wolvius, E., & Ongkosuwito, E. 2016. Three-dimensional photographs for determining the Index of Orthodontic Treatment Need in scientific studies. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 150(1): p.64–70.

Proffit, & Fields. 2000. Contemporary Orthodontics. *Elsevier Health Sciences*.

Turbill, E.A., & Richmond, S. 1996. A critical assessment of orthodontic standards in England and Wales (1990-1991) in relation to changes in prior approval. *British journal of orthodontics* (23.3): p.221–228.

Accuracy of full-arch scans using intraoral and extraoral scanners: an in vitro study using a new method of evaluation. Jonas Muallah, Christian Wesemann, Roxana

Nowak, Jan Robben, James Mah, Peter Pospiech, Axel Bumann Int J Comput Dent. 2017; 20(2): 151–164.

Steinhuber, T. et al. 2017. Is Virtual Surgical Planning in Orthognathic Surgery Faster Than Conventional Planning? A Time and Workflow Analysis of an Office-Based Workflow for Single- and Double-Jaw Surgery. *Journal of oral and maxillofacial surgery : official journal of the American Association of Oral and Maxillofacial Surgeons* 76(2): p.397–407.

R. A. Kirsch 1998; SEAC and the start of image processing at the National Bureau of Standards; *IEEE Annals of the History of Computing*: p.9

Chung-Wai Mok, Lei Zhou, Colman McGrath Urban Ha GG& Margareta Bendeus. 2009. Digital images as an alternative to orthodontic casts in assessing malocclusion and orthodontic treatment need. *Acta Odontologica Scandinavica P.* 362-368.

Shastry Shruti, Park Jae. 2013. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *The Angle Orthodontist*.

Park Hong-Seok, Shah Chintal. 2014. Development of High Speed and High Accuracy 3D Dental Intra Oral Scanner. *Procedia Engeneering*. 1174- 1181

Brauner, Manuela. 2015. Einfluss der Zahnstellung und zweier Scanmethoden auf die Genauigkeit eines intraoralen Scanners in vitro. (Dissertation, Medizin) Charite - Universitätsmedizin Berlin

Brockhaus. Enzyklopädie. 21. Ausg. ed. Leipzig, Mannheim: Bibliographisches Institut; 2006. p. 106.

Karatas, Orhan Hakki, and Ebubekir Toy. "Three-dimensional imaging techniques: A literature review." *European journal of dentistry* vol. 8,1 (2014): 132-140. doi:10.4103/1305-7456.126269

Erten, Oya, and Burcu Nur Yılmaz. "Three-Dimensional Imaging in Orthodontics." *Turkish journal of orthodontics* vol. 31,3 (2018): 86-94. doi:10.5152/TurkJOrthod.2018.17041

Dieter Dirksen, Steffen Diedrichs, Christoph Runte, Gert von Bally, Friedhelm Bollmann. 1999. Dreidimensionale Erfassung und Visualisierung von Meßpunkten des Zahnbogens anhand optisch vermessener Modelle. *Journal of Orofacial Orthopedics*. 60, 152-9

Matteo Munaro, Edmond Wai Yan So, Stefano Tonello, Emanuele Menegatti. 2015. Efficient Completeness Inspection using real-time 3D Color Rekonstruction with a Dual- Laser Triangulation System. Springer Verlag

Eric Kuo, DDS, MS,^a and Ross J. Miller, DDS, MS. 2003. Automated custom-manufacturing technology in orthodontics. Am J Orthod Dentofacial Orthop; 123:578-81

Zahnärztekammer, 2014 (Online) Available:

https://noe.zahnaerztekammer.at/fileadmin/content/niederoesterreich/Downloadcenter/KFO/oezz_0214_IOTN.pdf (Accessed: 05.02.2020)

Zahnärztekammer, 2015 (Online) Available:

https://noe.zahnaerztekammer.at/fileadmin/content/niederoesterreich/Downloadcenter/KFO/Antrag_auf_Kostenerstattung_ab_2016.pdf (Accessed: 05.02.2020)

Mathias Prokop, Michael Galanski, Cornelia Schaefer- Prokop, Aart J. van der Molen; 2007; Ganzkörper- Computertomographie Spiral und Multislice - CT; Georg Thieme Verlag KG; Seite 2

Zirkonzahn (Online) Available: <https://www.zirkonzahn.com/de/cad-cam-systeme/scanner-s600-arti> (Accessed: 04.02.2020)

Mary L. McHugh, 2012. Interrater reliability: the kappa statistic. Department of Nursing, National University, Aero Court, San Diego, California

Stephen Richmond, B.D. S., F. D. S., M. Sc. D. 1993. Personal Audit in Orthodontics. British Journal of Orthodontics.

Aman Sachdeva, Shweta Raghav, Kamalshikha Baheti, Meer Juned Ali and Munish Goel, 2016. Assessment of Orthodontic Treatment Needs Among School Going Children Using Index of Orthodontic Treatment Need (IOTN) in Indore (Central India), Madhya Pradesh, India. EC Dental Science. 908-918.

8. ANHANG




 Medizinische Universität Graz Ethikkommission	Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz ethikkommission@medunigraz.at Tel.: +43 / 316 / 385-13928, Fax: -14348	
VOTUM gültig bis 27.12.2020		
EK-Nummer:	32-039 ex 19/20	
Studientitel:	Inter-examiner agreement of measuring orthodontic treatment need by digital means - a retrospective pilot study	
Prüfer:	Mag.DDr. Elisabeth Santigli Medizinische Universität Graz, Zahnklinik	
Sponsor:	Medizinische Universität Graz, Klinische Abteilung für Orale Chirurgie und Kieferorthopädie	
Ansprechpartner:	Mag.DDr. Elisabeth Santigli, 8010 Graz, Billrothgasse 4	
CRO:	-	
Antragsteller:	Medizinische Universität Graz	
Ansprechpartner:	Julia Reischmann	
Die o.a. Studie wurde von der Ethikkommission erstmals im 'expedited Review' am 11.10.2019 behandelt. Die Ethikkommission ist zu folgendem Schluss gekommen: Es besteht kein Einwand gegen die Durchführung der Studie in der vorliegenden Form. Kommissionsmitglieder, die für diesen Tagesordnungspunkt als befugten anzusehen waren und daher gemäß Geschäftsordnung an der Entscheidungsfindung und Abstimmung nicht teilgenommen haben: keine		
Zur Beurteilung vorliegende Dokumente: Dokumente eingegangen am 23.09.2019, begutachtet im 'expedited Review' am 11.10.2019		
✓ Cover Letter 2019 09 22 REISCHMANN ID 7650 COVER Letter Ethikantrag V01	22.09.2019	
✓ Antragsformular ECS Unterschriftenseiten	23.09.2019	
✓ Antragsformular ECS	23.09.2019	
✓ Originalprotokoll 2019 09 22 REISCHMANN Julia ID 7650 Prot_retrosp V01 subm V01	22.09.2019	
Dokumente eingegangen am 15.12.2019, begutachtet im 'expedited Review' am 27.12.2019		
✓ Letter of Authorization	15.12.2019	
Die Ethikkommission geht - rechtlich unverbindlich - davon aus, dass es sich um keine klinische Prüfung nach AMG bzw. MPG handelt. Es handelt sich um eine Studie im Rahmen einer Diplomarbeit. Das Votum der Ethikkommission berührt in keiner Weise die alleinige Verantwortung der Prüferin / des Prüfers / der Prüfer für die ordnungsgemäße Durchführung der Studie unter Einhaltung aller einschlägiger gesetzlicher Bestimmungen und Richtlinien. Weiters machen wir darauf aufmerksam, dass der Kommission unverzüglich zu melden sind: - Abweichungen vom Protokoll aus Sicherheitsgründen oder Protokolländerungen - Änderungen, die das Risiko der Teilnehmer/-innen erhöhen oder die Durchführung der Studie wesentlich beeinflussen		
EK-Nummer: 32-039 ex 19/20	Votum (27.12.2019)	Seite 1 von 2
<small>Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 2, A-8036 Graz, www.medunigraz.at Rechtsform: Juristische Person öffentlichen Rechts gem. Universitätsgesetz 2002. Information: Mitteilungsblatt der Universität und www.medunigraz.at. DVR-Nr: 210 9494. UID: ATU 575 111 79. Bankverbindung: Bank Austria Creditanstalt B.Z. 12000 Konto-Nr: 500 948 400 04, Raiffeisen Landesbank Steiermark B.Z. 38000 Konto-Nr: 49510.</small>		
- Mutmaßliche unerwartete schwerwiegende Nebenwirkungen - SUSARs (AMG-Studien ab 1.5.2004) oder schwerwiegende unerwünschte Ereignisse - SAEs (andere Studien) - Jegliche Information über sonstige Umstände, die die Sicherheit der Teilnehmer/-innen oder die Durchführung der Studie beeinträchtigen können Dieses Votum gilt für ein Jahr ab dem Datum der Ausstellung. Bei längerer Studiendauer ist rechtzeitig vor Ablauf der Gültigkeit des Votums ein Zwischenbericht vorzulegen (Berichtsformular), um eine etwaige Verlängerung zu erlangen. Graz, 27. Dezember 2019		
 Univ. Prof. Dr. Josef Haas Vorsitzender	 Univ. Prof. Dr. Hans Dimai Stv. Vorsitzender	
Achtung: Bitte bei allen das Projekt betreffende Schreiben oder telefonischen Anfragen die EK-Nummer angeben!		

Abbildung 26: Ethikantrag

Scan- und Auswertanleitung

IOTN 3000

SCAN Protokoll

V01


Scan Anleitung

Arbeitsplatzvorbereitung (ohne Zeitnehmung)

Bei Neustart vom PC zuerst Scanner einschalten → dann PC starten


- 1) Software Zirkon Zahn EIN – Kalibrierung läuft automatisch (evtl. Martina?)
[falls schon gestartet, dann nochmal schließen und wieder starten]
Tipp: Tastenkombination „Windows-Taste“ + „D“ für Desktopansicht
- 2) Software ONYX EIN: Vorname=Modellnummer eingeben + Doppelklick Pat. öffnen
- 3) Strg + 3 für „3D Daten“
→ **START Stoppuhr**
- Einzeldatenblatt nehmen + oberen Teil ausfüllen (Datum, Uhrzeit, Schachtelnummer,...)
→ **1. Zwischenzeit ablesen + ins Einzeldatenblatt eintragen!**


MODELL SCAN in ZIRKONZAHN



- 1) In Onyx rechts oben  kleiner Pfeil drücken → Scan → Oberkiefer + Unterkiefer wählen
- 2) ZirkonZahn öffnen (unten links in der Taskleiste blinkt grün)
- 3) Standard Artikulator wählen
- 4) QUICK Reg anklicken
- 5) Oberkiefer einlegen
- 6) **WEITER – (warten – warten – warten!) → >>[WEITER]<<**
- 7) Unterkiefer einlegen
- 8) **WEITER – warten – warten – warten! → >>[WEITER]<<**
- 9) Biss vorbereiten: Halterung dazu einsetzen
- 10) Oberkiefer dazu einsetzen → in Position mit Klammer fixieren → >>[WEITER]<<
- 11) Punktmarkierung Übereinstimmung RE → LI, LI ← RE → >>[WEITER]<<
- 12) Ebenso Punktmarkierung für Unterkiefer markieren >>[WEITER]<<
- 13) Speichern (rechts oben) klicken
- 14) **Warten – warten – warten** bis alle 3 Balken auf 100% (es gibt kein Weiter)

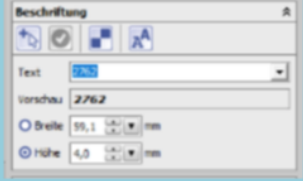
- **2. Zwischenzeit für Modell SCAN Ende ablesen und ins Einzeldatenblatt eintragen!**
(Modell befindet sich noch in ZirkonZahn, aber noch nicht in ONYX)
- ONYX öffnen



MODELLHERSTELLUNG in ONYX

- 1)  rechts oben. Kleiner Pfeil drücken → Dateiimport
- 2) Daten Oberkiefer + Unterkiefer markieren und in Sitzung ziehen (drag and drop)
- 3) Oberkiefer und Unterkiefer bleibendes Gebiss Symbol Zuweisung (drüberziehen)


- 4) Doppelklick auf Datei --> Ausrichten des Modells
- 5) Danach rechts unten „OK“ klicken → „Übernehmen“ klicken
- 6) Nochmals rechts unten „OK“ klicken → „Speichern“ klicken → „Ursprungsbilder löschen“ bestätigen
- 7) Rechts oben auf „Bilder“ klicken → 1x Modell anklicken, sodass blau hinterlegt ist
- 8) 8 Modellausrichtung (links oben)


- 9) „Beschneidemodus“ (rechts oben) klicken : LI gedrückt halten für Bewegen / RE Klick für Markierung, (Strg Z retour)
- 10) Zuerst Oberkiefer dann Unterkiefer
- 11) SCHERE für bestätigen (fragt in Farbe ab, ob richtig)
- 12) Sockel (rechts oben): Sockelschale = EU Standard
- 13) Weichteile berechnen
- 14)  links oben klicken
- 15) Beschriftung: TEXT XXX VN (rechts unten)




1. Laufende Nummer eingeben
 2.  drücken und auf Sockelrückseite OK mit rechter Maustaste platzieren (mittleres Bild von unten)
 3.  drücken
 4. Vorgang beim Uk Sockel wiederholen
- 16) „Ok“ klicken → „Speichern“ klicken → „Ok“ klicken

3. Zwischenzeit ablesen und ins Einzeldatenblatt übertragen (alternativ Uhrzeit wenn Stoppuhr vergessen)


MODELL BEFUNDUNG in ONYX

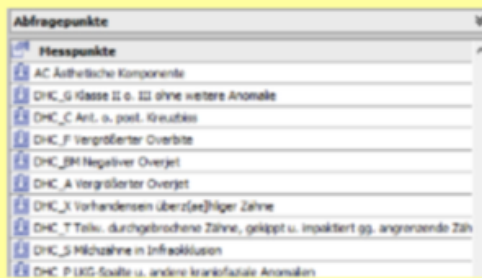
A) Segmentieren

Vorarbeit: Unbearbeitetes Modell Löschen (rechte Maustaste auf Modell klicken → Löschen)

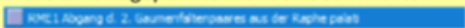

- 1) 1x Klick auf neues Modell (grau) →  klicken
- 2) Kronen segmentieren
- 3) Aus Liste rechts Zahn anklicken (z.B. „17 Zahnmittelpunkt“)
- 4) Mittelpunkte der Zähne mit rechter Maustaste markieren (wenn Zahn nicht vollständig erkannt, Punkt verschieben)
- 5) Kronen separieren
- 6) Kronen vervollständigen
- 7) Synthetische Kronen akzeptieren
- 8) „Ok“ rechts unten klicken → „Speichern“ klicken → „Ja“ klicken → „Ok“ klicken
Es entsteht das BEFUNDMODELL = ROSA!
- 9) Graues Modell löschen (Rechtsklick auf graues Modell → „Löschen“ klicken)

IOTN AUSWERTUNG in ONYX

- 1) 1x Klick auf rosa Modell (linke Maustaste) → 
- 2) Abfragepunkte beantworten: 2-Pfeile-Taste klicken



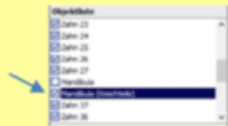
- 3) Nach dem Beantworten wieder mit 2-Pfeile-Taste schließen
- 4) Diese 2 Abfragepunkte manuell beantworten

- 5) Overjet muss ebenfalls manuell angegeben




- Bild links unten, Modell auf den Kopf stellen + Mandibula ausblenden



Blauen Pfeil anklicken

→ Overjet markieren

- 6) Im Einzeldatenblatt vermerkt welchen Zahn du dafür ausgewählt hast (z.B. Zahn 21/ distal)
- 7) → IOTN fertig!
- 8) Einzeldatenblatt:
 - MOCDO ausfüllen

Endzeit ablesen und ins Einzeldatenblatt übertragen! (Alternative Uhrzeit)

Abbildung 27: Scan- und Auswertungsanleitung

Fehlerprotokoll

Datum	Problem
18.04.19	Scanner eingeschalten und er ist wieder offline, OK Modell eingelegt, weiter geklickt, geht nichts. Zum Server zz.scan kann nicht verbunden werden.
19.04.19	Scanner eingeschalten und er ist wieder offline, beim OK+UK ist OK runtergefallen und die Platte ist verkehrt gestanden, ausgeschaltet, hat sich nicht mehr verbunden hab dann ausgeschaltet, aber er hat sich nicht mehr verbunden, Andreas hat es wieder hinbekommen, beim 5 Modell hat er wieder nur mehr Punkte gescannt.
21.04.19	beim Ersten einschalten, wieder nicht verbunden mit zz.scan, beim Zweiten mal wieder das gleiche. Frage Zirkonzahn, Artikulator Set ev. für verschiedene Artikulatoren
27.04.19	erstes Modell OK, UK alleine gescannt, Beide zusammen nicht mehr richtig gescannt. Modell dreht sich Minuten lang im Kreis, ein Modell ohne Probleme eingescannt ein Modell ohne Probleme gescannt, zweites Modell Überlagerungen
02.05.19	beim Ersten einschalten, wieder nicht verbunden mit zz.scan. Dann wieder offline. OK Modell gescannt UK wieder stehen geblieben und sich im Kreis gedreht nach mehrmaligen versuchen, gebe ich auf
03.05.19	beim 1.Mal gleich 2 Modelle gescannt. Beim 3. Modell wieder nicht mehr. PC neu gestartet. Zirkonzahn mit Maximilian gesprochen. Alles OK geht wieder zum Scannen
04.05.19	1. Mal eingeschaltet, zum Server zz.scan kann nicht verbunden werden. 2. Mal gleich 3.Mal gleich 4. Mal gleich
17.05.19	3 Mal gestartet bis er verbunden hat, danach 2 Modelle gescannt, beim 3 Modell in der Schräglage gepiepst und sich gedreht und nicht mehr richtig gescannt. Wieder eingeschaltet, Modell dreht sich, kein scannen möglich. Alles ausgeschaltet. Am Nachmittag wieder begonnen, 7 Modelle gescannt, beim 8 Modell wieder das Gleich wie vorhin. Schalte aus probiere es morgen wieder
18.05.19	1. Versuch verbindet nicht 2. Versuch Scanner offline. Schalte PC aus und versuch es nocheinmal. Zum Server zz.scan kann nicht verbunden werden. Schon das 3. mal Am Nachmittag wieder 2mal probiert, beim 3mal gegangen. Maximilian von Zirkonzahn hat dann wieder alles gerichtet. Fange wieder an zum Scannen
19.05.19	beim 1. Mal einschalten nicht gegangen, danach 2 Modelle gescannt, beim 3. Modell, wieder in der Schräglage gepiepst und Modell dreht sich und nicht mehr aufgehört. bei Zirkonzahn angerufen, hat aber keiner zurückgerufen!!! Hab dann abgebrochen gedrückt und nochmals von vorne angefangen, das 3 Mal wiederholt. Nach der Mittagspause wieder probiert, scannt wieder richtig, aber das Modell steht nicht richtig im Scanner, sondern schief.
	4 Modelle gescannt. Hab Scanner und das Programm geschlossen, um zu probieren, ob vielleicht das Modell wieder richtig steht. 2. Mal ein und ausgeschaltet, nicht gescannt, danach mit schweren Überlappungen gescannt. Noch einmal probiert, gleich wie vorhin. Modell steht jetzt aber wieder richtig.
24.05.19	alles geschlossen und neu gestartet, aber kann zum Server nicht verbunden werden. 2x mal probiert beim 3mal gegangen. Jetzt schliesse ich alles und gehe nach Hause.
	3 Modelle gescannt, beim 4 wie immer Schräglage und so weiter. Alles geschlossen und neu gestartet, aber kann zum Server nicht verbunden werden.
	Alles geschlossen und neu gestartet, Scanner offline . Nachmittag 2 Modelle beim 3 Modell, wieder alles von vorne. Nicht mehr geschafft den Scanner in Betrieb zu nehmen.
30.05.19	1. Modell Schräglage, ect. Immer wieder neu begonnen, nichts geholfen.
31.05.19	Scanner eingeschaltet und hat sich zu drehen begonnen, nicht mehr aufgehört, ein paar Mal probiert. 2 x Kalibrierung fehlgeschlagen. Es dreht sich immer noch und hört nicht mehr auf, schalte jetzt alles aus.
02.06.19	Scanner eingeschaltet und hat sich zu drehen begonnen, nicht mehr aufgehört, Kalibrierung wieder fehlgeschlagen, dreht sich und hört nicht mehr auf.
06.06.19	beim 1. Modell gescannt, beim 2. keine Verbindung , beim 3. Versuch zum Server, kann nicht verbunden werden. Kalibrierung erfolgreich abgeschlossen. Starte jetzt neu

Abbildung 28: Fehlerprotokoll