

Aus der Klinik für  
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

**Evaluation der Wertigkeit der DVT im Vergleich zur CT  
zur Beurteilung des Repositionsergebnisses  
bei Orbitabodenfrakturen**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)  
vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Viktoria Nellissen

aus Oldenburg

Datum der Promotion: 25.06.2017

Meinen Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abstrakt</b> .....	V
<b>1 Einleitung</b> .....	1
1.1 Anatomie der Orbita.....	2
1.2 Weichgewebe der Orbita .....	3
1.3 Orbitabodenfrakturen.....	5
1.4 Frakturmechanismus .....	6
1.5 Therapie.....	7
1.5.1 Operativer Zugang .....	7
1.5.2 Frakturversorgung.....	8
1.6 Bildgebende Verfahren im Vergleich .....	10
1.6.1 Bildgebung bei Orbitabodenfrakturen.....	10
1.6.2 Konventionelles Röntgen .....	11
1.6.3 Computertomographie .....	11
1.6.4 Digitale Volumentomographie .....	13
1.7 Strahlenschutz .....	14
<b>2 Fragestellung</b> .....	16
<b>3 Patienten und Methoden</b> .....	17
3.1 Ethikantrag.....	17
3.2 Patientendatensätze .....	17
3.3 Iluma Vision® System.....	19
3.4 CT-System.....	21
3.5 Prüfpersonen .....	22
3.6 Fragebögen .....	22
3.7 Untersuchungsablauf .....	23
3.8 Untersuchungsmaterial und Design der Studie.....	24
3.9 Statistische Auswertung .....	26

---

<b>4 Ergebnisse</b> .....	29
4.1 Unterschiede zwischen der DVT und der CT bei postoperativen Orbitabodenfrakturen (F1) .....	29
4.2 Unterschiede zwischen der DVT und der CT bei postoperativen Orbitabodenfrakturen bzgl. eingebrachten Materials (F2), des Repositionsergebnisses (F3) und Strahlenartefakten (F4) .....	32
4.3 Einfluss der Erfahrung und Qualifikation der Prüfpersonen .....	34
4.4 Beurteilung der Einzelaspekte bezogen auf die unterschiedliche Qualifikation der Prüfpersonen .....	39
4.5 Die Gesamtbewertung der Methoden .....	42
<b>5 Diskussion</b> .....	43
5.1 Stand der Wissenschaft .....	43
5.2 Diskussion der Ergebnisse .....	44
5.2.1 Fragebogen I.....	44
5.2.2 Fragebogen II.....	51
<b>6 Zusammenfassung</b> .....	53
<b>Literatur</b> .....	56
<b>Anhang</b> .....	64
Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis .....	64
Anhang 2: Abbildungsverzeichnis .....	65
Anhang 3: Tabellenverzeichnis .....	66
Anhang 4: Fragebögen.....	67
<b>Lebenslauf</b> .....	70
<b>Vorträge</b> .....	71
<b>Danksagung</b> .....	72
<b>Eidesstattliche Versicherung</b> .....	73

## **Abstrakt**

### **Evaluation der Wertigkeit der DVT im Vergleich zur CT zur Beurteilung des Repositionsergebnisses bei Orbitabodenfrakturen**

#### **Einleitung:**

Die Computertomographie (CT) ist bei Frakturen des Mittelgesichts Goldstandard.

Seit 1998 steht ein weiteres dreidimensionales bildgebendes Verfahren zur Verfügung, die digitale Volumentomographie (DVT).

Der Einsatz des DVTs war aufgrund des geringen Volumens vorwiegend auf dentoalveoläre Strukturen begrenzt. Neuere Geräte lassen allerdings ein Verfahren für den gesamten Gesichtsschädel zu und können damit das gesamte Volumen eines Gesichtsschädels darstellen. Der Vorteil der DVT liegt in einer vermeintlich geringeren Strahlenbelastung im Gegensatz zur CT.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich damit, ob zur postoperativen Darstellung von Orbitabodenfrakturen die DVT gleichwertig gegenüber der CT ist.

#### **Patienten- und Methoden:**

In einem Zeitraum zwischen 2007-2009 wurden 289 Patienten, die aufgrund einer Orbitabodenfraktur in der Charité, Campus Virchow Klinikum operiert wurden in die Studie eingeschlossen. Patienten vor 2007 bekamen postoperativ eine CT und nach 2007 eine DVT. Anhand analoger Fraktur und Versorgungsmuster wurden jeweils 6 Patienten die postoperativ eine CT und wiederum 6 Patienten die postoperativ eine DVT bekamen aus dem Patientenkollektiv ausgewählt. Für die Evaluation der postoperativen Beurteilbarkeit wurde anhand zweier Fragebögen nach der Likert-Skala durch 6 Prüfpersonen (Oberarzt MKG, Assistenzarzt MKG, PJ-Student MKG, Oberarzt Radiologie, Assistenzarzt Radiologie, PJ-Student Radiologie) die postoperative Darstellbarkeit von Orbitabodenfrakturen anhand verschiedenener Kriterien untersucht.

#### **Ergebnisse:**

Ein kurzer Überblick über die Ergebnisse zeigt, dass die CT in der Gesamtbeurteilung signifikant besser bewertet wird als die DVT. Im Hinblick auf eingebrachte Materialien, gab es keinen signifikanten Unterschied in der CT und der DVT zwischen Titan-Mesh® und einer PDS-Folie®. Auch die Darstellbarkeit des Repositionsergebnisses ist bei bei-

den Verfahren nicht signifikant. Bezogen auf Strahlenartefakte wird die CT als signifikant besseres Aufnahmeverfahren bewertet. Hinsichtlich der unterschiedlichen Qualifikation der Prüfpersonen bewerteten die Radiologen beide Aufnahmeverfahren signifikant besser als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen. Die Prüfgruppe der Assistenzärzte bewertete sowohl die Darstellbarkeit von alloplastischem Material als auch die Darstellbarkeit von periorbitalem Weichgewebe in der CT signifikant besser als in der DVT. Die Darstellbarkeit von Osteosynthesematerial wurde von der Prüfgruppe der Oberärzte in der DVT signifikant besser bewertet als in der CT. Dagegen bewertete die Gruppe um die PJ-Studenten die CT in diesem Punkt als signifikant besser.

**Zusammenfassung:**

Zusammenfassend lässt sich unter Berücksichtigung des geringen Patientengutes sagen, dass die CT in der Einzelbeurteilung der Darstellung spezifischer Strukturen signifikant besser beurteilt wird als die DVT.

Dagegen zeigte sich bei der Beurteilung im Vergleich der bildgebenden Verfahren (DVT vs. CT) kein signifikanter Unterschied, sodass die DVT der CT als nahezu gleichwertig, auf den klinischen Alltag bezogen werden kann.

## Abstract

### **Evaluation of the quality of the CBCT compared to CT for the evaluation of the resulting repositioning in orbital floor fractures**

#### **Introduction:**

The computed tomography (CT) is the gold standard in fractures of the midface. Since 1998 there is another three-dimensional imaging technique available, called cone beam computed tomography (CBCT). The use of CBCT was limited mainly to dentoalveolar structures due to the low volume. However, newer devices allow for a process for the entire facial skeleton and can represent the entire volume of the facial skeleton. The advantage of the CBCT is located in a lower radiation dose in contrast to CT. The present study discusses whether the postoperative view of the orbital floor CBCT is equivalent to CT.

#### **Patients and Methods:**

In a period between 2006-2008, 289 patients who were operated due to orbital floor in the Charité, Campus Virchow Clinic were included in the study. Patients before 2007 were given postoperatively a CT and after 2007 a CBCT. Based on analogous fracture and supply pattern 6 patients underwent postoperative CT and 6 patients got postoperative a CBCT. The evaluation of postoperative assessability and postoperative presentability of orbital floor fractures was based on two questionnaires to the Likert scale by 6 panelists examined.

#### **Results:**

A brief overview of the results shows that the CT is rated significantly better in the overall assessment than the CBCT. In view of introduced materials, there was no significant difference in the CT and the CBCT between Titan-Mesh® and PDS-Folie®. The imaging of the resulting repositioning is not significant in both methods. In relation to radiation artifacts the CT is rated as a significantly better recording method. Regarding the different qualification of assessors the radiologists rated both methods significantly better than the oral and maxillo-facial surgeons.

The test group of medical assistant physicians reviewed both the representability of alloplastic material and the representability of periorbital soft tissue in the CT as signifi-

cantly better than in the CBCT. The representability of osteosynthesis was evaluated by the test group of senior physicians significantly better in the CBCT than in CT. By contrast, the group of the PJ students assessed the CT as significantly better in this point.

**Conclusion:**

In summary, taking into account the small patient population, the CT in the individual assessment of the representation of specific structures is assessed significantly more positive than the CBCT. By contrast, showed in the evaluation compared the imaging methods (CBCT vs CT) there is no significant difference. This means that the CT and CBCT can be based to be nearly equivalent to the daily clinical practice.

# 1 Einleitung

Der knöcherne Gesichtsschädel ist eine komplexe dreidimensionale Struktur. Im Falle eines Traumas ergeben sich hier Fragestellungen, die nur mit Hilfe einer dreidimensionalen (3D) Bildgebung gelöst werden können. Hierzu gehört unter anderem die Beurteilung von Frakturen der Orbita, insbesondere des Orbitabodens. Die Computertomographie (CT) zählt daher bei Frakturen des Mittelgesichts heute zum Goldstandard [1-6].

Seit 1998 ist mit der digitalen Volumentomographie (DVT) ein zusätzliches 3D-bildgebendes Verfahren in klinischer Anwendung, welches sich durch eine vermeintlich geringere Strahlenbelastung auszeichnet [7].

Aufgrund des primär limitierten Abbildungsvolumens wurde die DVT zunächst vor allem zur Beurteilung dentoalveolärer Strukturen verwendet [8]. Heute lässt sich aufgrund größerer Abbildungsvolumina der gesamte Gesichtsschädel darstellen, so dass die Indikation von der elektiven dentoalveolären Diagnostik hin zur gesamten Beurteilung sämtlicher knöcherner Strukturen des Gesichtsschädels erweitert werden konnte [9].

Durch die zunehmende Bedeutung der DVT gibt es in der Literatur eine große Zahl an Studien zur CT und zur DVT. Diese zielen häufig auf einen Vergleich der Strahlendosis beider Geräte ab.

Kadesjö et al. beispielsweise untersuchten in ihrer Studie die Strahlenbelastung im Vergleich zwischen CT und DVT anhand von Phantommodellen im Kopfbereich [10]. Tsao et al. führten 2014 eine ähnliche Studie durch, indem sie 4 Patienten mit postoperativen Orbitabodenfrakturen untersuchten [11]. Jeder Patient bekam präoperativ eine CT und postoperativ eine DVT. Die postoperativen Bilder wurden dann nach eingebrachtem Material beurteilt und ausgewertet.

In der vorliegenden Studie hingegen wurde anhand von Fragebögen, die von Medizinern ausgefüllt wurden, die Darstellung von postoperativen Orbitabodenfrakturen durch die CT und die DVT hinsichtlich verschiedener Aspekte vergleichend beurteilt. Neben der Beurteilung von operativ eingebrachtem Material handelte es sich dabei um die Beurteilung des Repositionsergebnisses, zudem um die Beurteilung hinsichtlich auftretender Strahlenartefakte und schließlich um die Beurteilung in Abhängigkeit der Fachrichtung und Qualifikation der die Fragebögen ausfüllenden Prüfpersonen. Dieser Fokus wurde bisher in keiner anderen Studie angelegt.

Gemäß den Forderungen des Strahlenschutzes, die Strahlenbelastung von Patienten unter Erhaltung der diagnostischen Relevanz zu minimieren, sollen im Folgenden zwei dreidimensionale, auf Röntgenstrahlen basierende, bildgebende Verfahren verglichen werden.

Hierbei handelt es sich zum einen um die CT und zum anderen um die DVT. Insbesondere soll untersucht werden, ob und inwieweit die DVT der CT, in Hinsicht auf verschiedene Aspekte möglicherweise überlegen ist.

## 1.1 Anatomie der Orbita

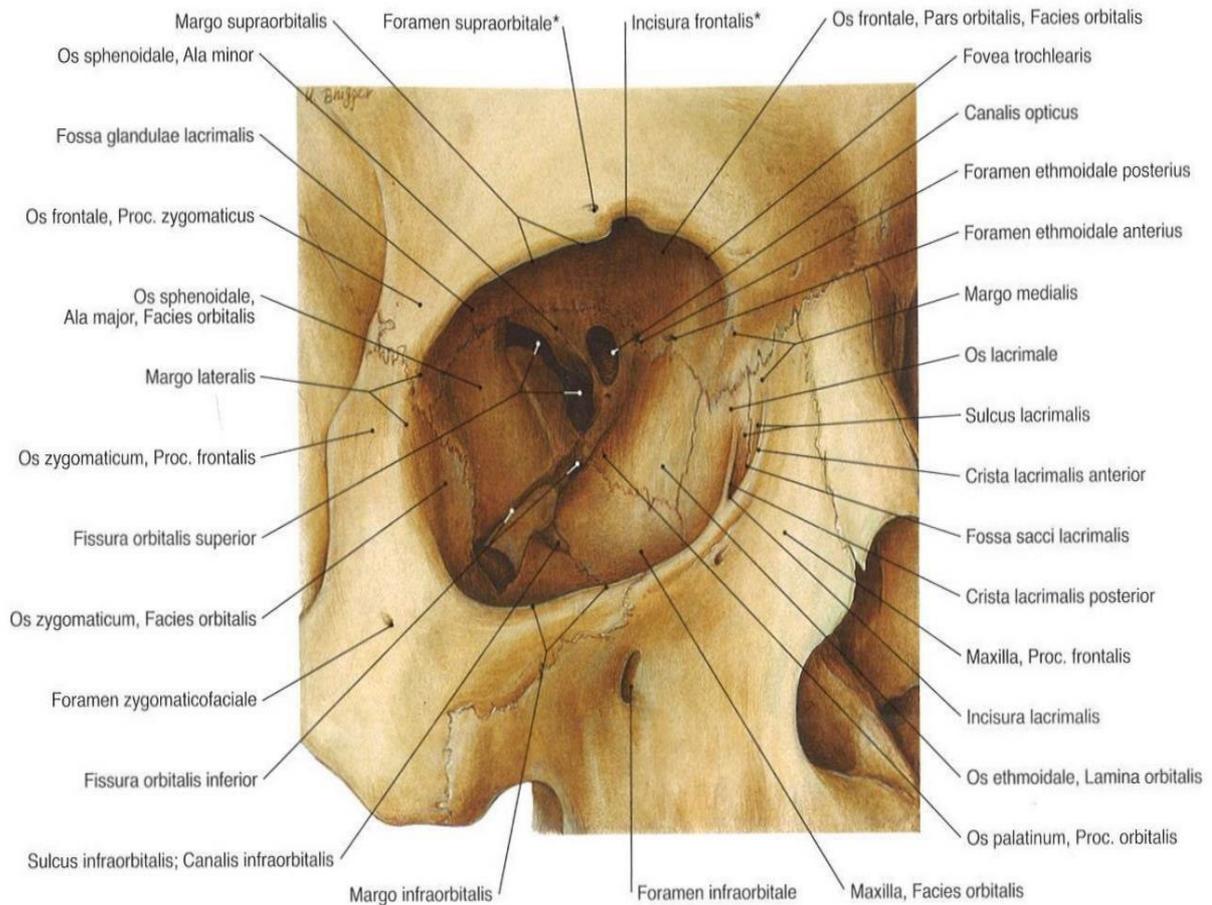
Die Orbita beschreibt die knöchernen Augenhöhle, die den Bulbus oculi (Augapfel) und die umgebende Periorbita (Weichgewebe) enthält. Sie nimmt eine nach hinten, innen spitze Form an. Sie ist leicht nach lateral und kaudal ausgerichtet und besteht aus sieben verschiedenen knöchernen Anteilen, dem Os frontale, Os sphenoidale, Os zygomaticum, Os ethmoidale, Os lacrimale, Os palatinum und der Maxilla.

Der Aditus orbitae bildet die Basis und verjüngt sich nach distal. Der obere knöchernen Rand der Orbita wird durch die Margo supraorbitalis und der untere knöchernen Rand durch die Margo infraorbitalis gebildet.

Zusätzlich gibt es eine mediale und eine laterale knöchernen Begrenzung durch die Maxilla und das Os zygomaticum, sodass der Aditus orbitae insgesamt durch vier verschiedene knöchernen Anteile begrenzt wird. Neben der medialen und lateralen Begrenzung bildet der Orbitaboden das Dach der Kieferhöhle [12].

Die knöchernen Anteile der Orbita bilden und beinhalten folgende Nerven- und Gefäß-Ein- und Austrittspunkte.

- Canalis opticus
- Fissura orbitalis superior
- Foramen ethmoidale anterius
- Foramen ethmoidale posterius
- Canalis nasolacrimalis
- Canalis infraorbitalis (verläuft durch den Orbitaboden)



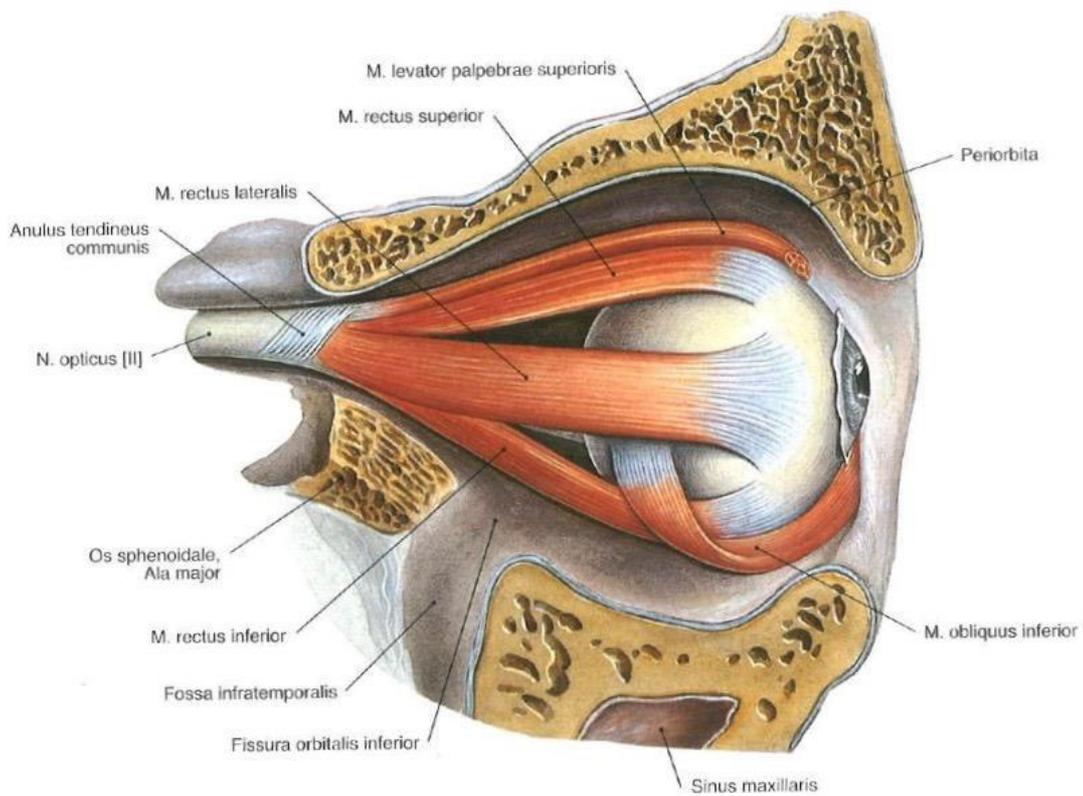
**Abb. 1:** Knöcherner Augenhöhle  
Nach Sobotta [13]

## 1.2 Weichgewebe der Orbita

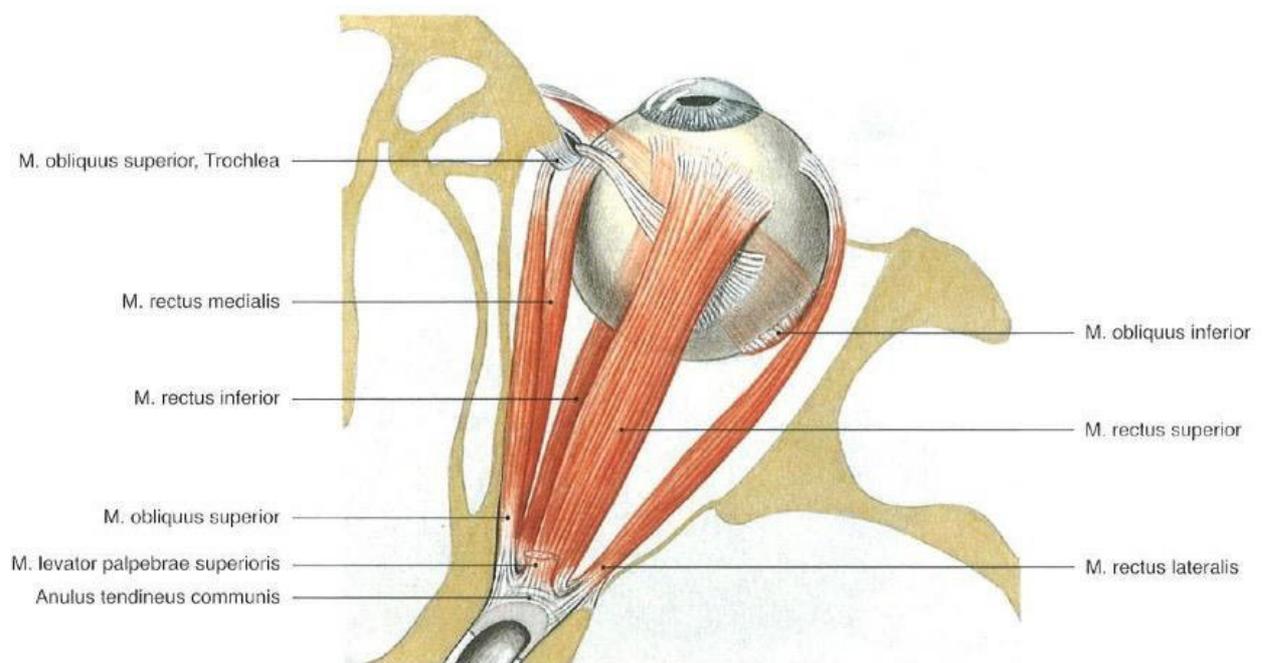
Die Orbita ist mit Periost (Knochenhaut) ausgekleidet und beinhaltet Fettgewebe, den N. opticus, den Bulbus oculi (Augapfel) und die Augenmuskulatur. Der Bulbus oculi füllt die Orbita mit seiner Größe nicht komplett aus, sondern ist eingelagert in die bindegewebige Tenon-Kapsel, die wiederum in die Corpora adiposa (periorbitales Fettgewebe) eingebettet ist. Durch die Tenon-Kapsel erhält der Bulbus oculi seine Beweglichkeit [12].

Die Augenmuskulatur innerhalb der Orbita besteht aus vier gerade verlaufenden Muskeln (M. rectus superior, M. rectus inferior, M. rectus medialis, M. rectus lateralis) und zwei schräg verlaufenden Muskeln (M. obliquus superior, M. obliquus inferior) (Abb.2). Die gerade Augenmuskulatur und der M. obliquus superior haben einen gemeinsamen Ursprung, den Anulus tendinosus communis, während der M. obliquus inferior seinen Ursprung an der medialen Orbitawand hat. Ansatzpunkt aller Muskeln ist der Bulbus.

Bevor der M. obliquus superior am Bulbus ansetzt wird er über die Trochlea am Os frontale abgelenkt [12].



**Abb. 2:** Äußere Augenmuskulatur  
Nach Sobotta [13]



**Abb. 3:** Äußere Augenmuskulatur  
Nach Sobotta [13]

### 1.3 Orbitabodenfrakturen

Bei Frakturen des Mittelgesichts ist die knöcherne Orbita häufig involviert. Frakturen des Orbitarandes oder des Orbitabodens gehen oft mit einer zygomaticomaxillären, komplexen Fraktur einher. Wenn nur der Orbitaboden betroffen ist spricht man auch von einer sogenannten Blowout-Fraktur [14, 15].

Bei einer kaudalen Dislokation des Orbitabodens kann sich das periorbitale Weichgewebe in die Kieferhöhle vorwölben [16]. Es kommt zu einem periorbitalen Prolaps. Bei einer Einklemmung des periorbitalen Weichgewebes, vor allem des M. rectus inferior spricht man von einer Inkarzeration [17].

Durch die Abweichung des Bulbus aus der Sehachse oder bedingt durch eine Einschränkung der Bulbusmotilität bei Inkarzeration können klinisch Doppelbilder auftreten, die sogenannte Diplopie [18, 19]. Neben der funktionellen Diplopie zeigt sich das klinische Bild eines Exophthalmus oder Enophthalmus sowie einer eingeschränkten Bulbusmotilität [20, 21]. Ein Exophthalmus beschreibt das Hervortreten des Bulbus aus der Orbita, wohingegen der Enophthalmus eine dorsale Lage des Bulbus beschreibt.

Darüber hinaus zeigen Patienten mit einer Orbitabodenfraktur häufig das klinische Bild eines Hyposphagma, sowie eines begleitenden Monokelhämatoms, ein Hämatom zirkulär um das betroffene Auge herum [22]. Des Weiteren kann durch die Fraktur des Orbitabodens ein Defekt zum Sinus maxillaris entstehen. Kommt es zu einem Druckaufbau, kann ein Orbitaemphysem entstehen [23].

Eine gefürchtete, aber in seltenen Fällen vorkommende Komplikation ist das Retrobulbärhämatom mit Bildung eines orbitalen Kompartimentsyndroms, welches zur Kompression des Nerven- und Gefäßbündels um den N. opticus herum führen kann und im schlimmsten Fall eine Erblindung zur Folge hat [24]. Ursachen von Orbitabodenfrakturen sind meist Verkehrsunfälle, Rohheitsdelikte, Arbeits- oder Sportunfälle [25, 26].

## 1.4 Frakturmechanismus

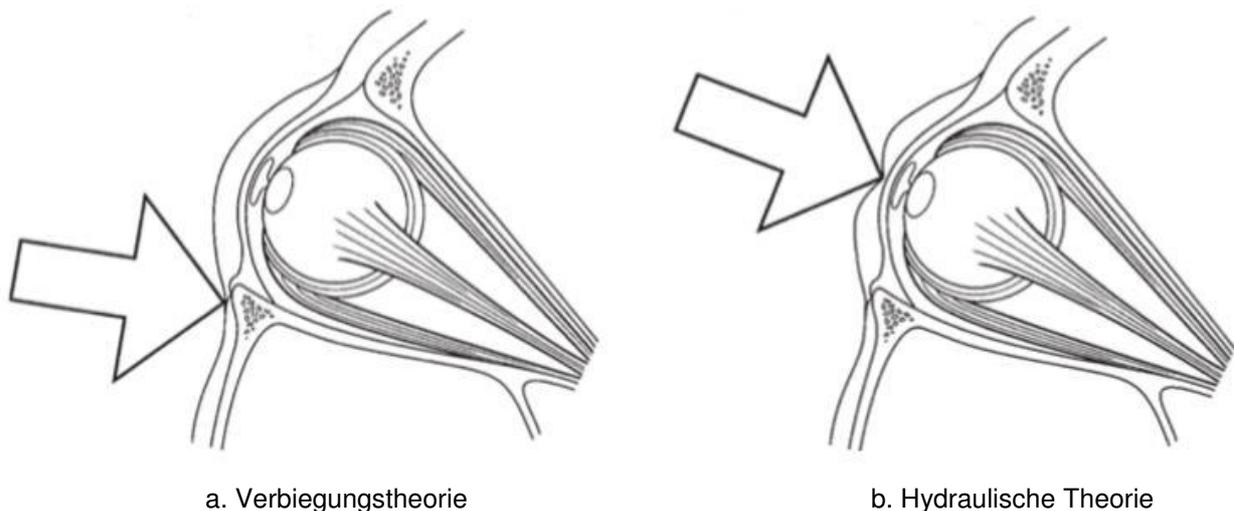
Es gibt zwei Entstehungsmechanismen, bzw. zwei biomechanische Modelle, die den Frakturmechanismus von isolierten Orbitabodenfrakturen erklären (Abb. 4):

- Die Verbiegungstheorie
- Die hydraulische Theorie [27-29]

Die Verbiegungstheorie sagt aus, dass es eine direkte Krafteinwirkung auf den, die Orbita umgebenden Infraorbitalrand gibt [28]. Der Knochenrahmen verbiegt sich durch die direkte Krafteinwirkung und es kommt an den schwächsten Stellen des Knochens zur Fraktur [27-29].

Die hydraulische Theorie besagt, dass es durch eine Gewalteinwirkung direkt auf den Orbitainhalt zu einem Druckaufbau innerhalb der Orbita und wie bei der Verbiegungstheorie zu einem Knochenbruch an der schwächsten Stelle kommt [27, 28].

Bei beiden Entstehungsmechanismen ist zu beobachten, dass die häufigsten Sollbruchstellen die mediale Orbitawand und/oder der Orbitaboden sind [28]. Selten kommt es zu einer Fraktur des Orbitadachs und/oder der lateralen Orbitawand.



**Abb. 4:** Schematische Darstellung der Frakturmechanismen  
Nach Waterhouse et al. [28]

## 1.5 Therapie

Ziel der Therapie ist die anatomische und funktionelle Wiederherstellung in Abhängigkeit vom Grad des Frakturausmaßes und der klinischen Symptomatik [30].

### 1.5.1 Operativer Zugang

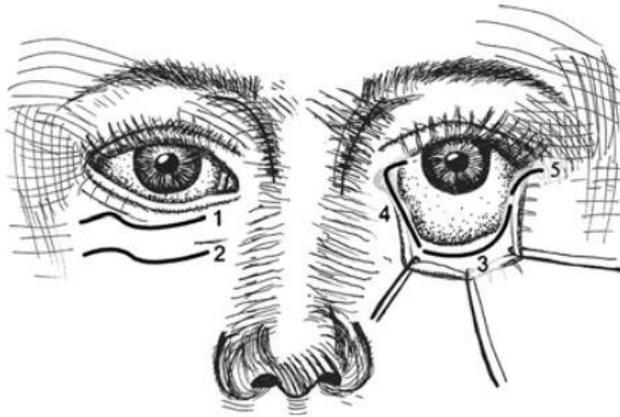
Zur operativen Versorgung des Orbitabodens gibt es eine Reihe von Operationstechniken und Zugangswege (Abb. 5).

In der vorliegenden Arbeit wird nur auf die transkonjunktivale Inzision eingegangen, da diese standardmäßig in der Mund,- Kiefer- und Gesichtschirurgie der Charité, Campus Virchow Klinikum angewandt wird.

Bei der transkonjunktivalen Inzision wird das Unterlid mit Hilfe eines Lidhakens nach unten gezogen. Die Schnittführung erfolgt innerhalb der Konjunktiva, ca. 2 mm unterhalb der Lidkante. Nach der subperiostalen Präparation auf dem Infraorbitalrand kann die Orbitabodenfraktur dargestellt werden. Die transkonjunktivale Inzision kann durch zwei verschiedene Schnittführungen durchgeführt werden, durch die präseptale und die retroseptale (postseptale) Schnittführung. Bei der präseptalen Schnittführung bleibt das orbitale Fettgewebe außerhalb des Operationsgebietes. Das orbitale Septum wird nicht verletzt. Durch den retroseptalen Zugang erhält der Operateur einen direkteren und einfacheren Zugang zur Orbita, wobei das Fettgewebe innerhalb des Operationsgebietes liegt. Bei dieser Art des Zuganges tritt eine höhere Rate an Unterlidkomplikationen auf [31].

Komplikationen, die bei allen operativen Zugangswegen entstehen können, sind die Nichteinhaltung des Abstandes zur Lidkante bei der Inzision. Ein zu geringer Abstand kann zu einer Schädigung der Haarfollikel der Wimpern führen, sodass diese ausfallen und nicht mehr nachwachsen. Gleichzeitig kann es zu einem Ektropium kommen, was durch narbiges Gewebe am Unterlid zustande kommt und eine Auswärtsdrehung des Unterlides auslöst [32-34].

Vorteilhaft an der transkonjunktivalen Schnittführung ist das Vermeiden von äußerlich sichtbaren Narben, wodurch sich in ästhetischer Hinsicht sehr gute Ergebnisse erzielen lassen [35, 36].



1. Subtarsale Inzision
2. Infraorbitale Inzision
3. Transkonjunktivale Inzision
4. Transkurunkuläre Inzision
5. Transkarunkuläre Inzision mit seitlicher Extension

**Abb. 5:** Frontale Ansicht verschiedener Inzisionen zur Rekonstruktion des Orbitabodens  
Nach Kothari et al. [32]

### 1.5.2 Frakturversorgung

Nach Darstellung der Fraktur und Reposition des prolabierten und gegebenenfalls inkarzerierten Weichgewebes kann je nach Ausmaß eine direkte Reposition des Orbitabodens durchgeführt werden oder, sofern dies nicht möglich ist, eine Rekonstruktion des Orbitabodens mithilfe von Fremdmaterial erfolgen.

Hierbei kommen autologe und alloplastische Materialien zum Einsatz [37].

Alloplastische Materialien sind synthetisch hergestellte Implantate. Die Verfügbarkeit ist unbegrenzt und es kommt zu keiner weiteren Entnahmestelle [20]. Dies bedeutet zwar eine verkürzte Operationszeit, allerdings auch das Einbringen eines Fremdkörpers in den Organismus. Die alloplastischen Materialien werden in resorbierbare und nicht resorbierbare Materialien unterteilt [38]. Zu den resorbierbaren Materialien gehört die PDS-Folie® (Ethicon, Norderstedt, Deutschland) bestehend aus Poly-p-Dioxanon, und das Ethisorb-Patch® (Ethicon, Norderstedt, Deutschland), bestehend aus Vinyl (Polyglactin 910) und Polydioxanen (PDS) [20].

Die Resorption von Ethisorb ist in der Regel nach zwei Monaten abgeschlossen, während die Resorption einer PDS-Folie® durchschnittlich sechs Monate dauert [39].

Zu den nicht resorbierbaren Materialien gehören unter anderem Titan-Mesh® Implantate (z.B.: Medartis, Basel, Schweiz). Hierbei handelt es sich um ein formstabiles Gitter bestehend aus Titan, das dauerhaft im Körper verbleibt und nicht vom Organismus resorbiert wird (Abb. 6). Entsprechend seines Aufbaus und seiner Struktur ist das Titan-

Mesh® gegenüber den resorbierbaren Folien starr und wird daher insbesondere für größere Defekte verwendet [15, 40].

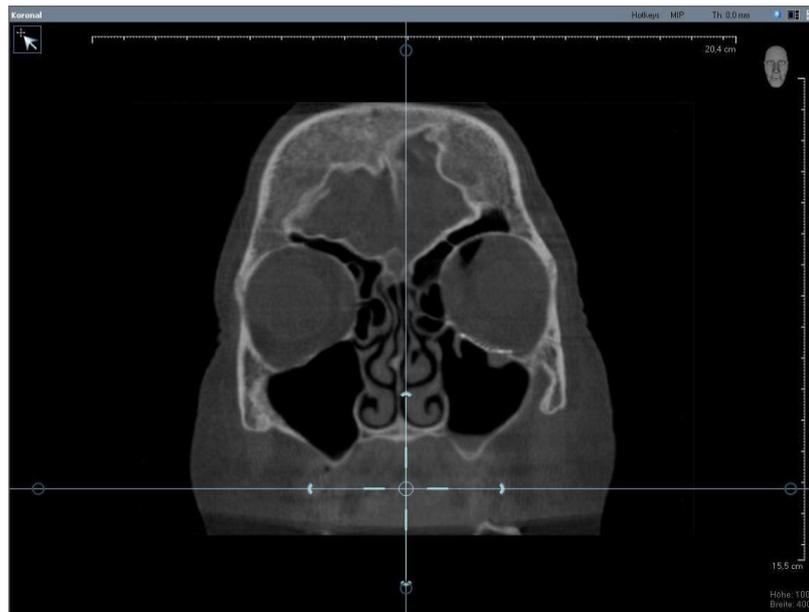
Nachteilig ist der dauerhafte Verbleib eines starren Fremdkörpers mit erhöhtem Risiko einer sekundären Verletzung unter Beteiligung des Fremdkörpers (z.B. Erblindung durch Verletzung des N. opticus). Aufgrund der narbigen Verwachsungen wird von einer routinemäßigen Entfernung abgesehen [15].

Seltenere Möglichkeiten zur Orbitabodenrekonstruktion sind die Verwendung von:

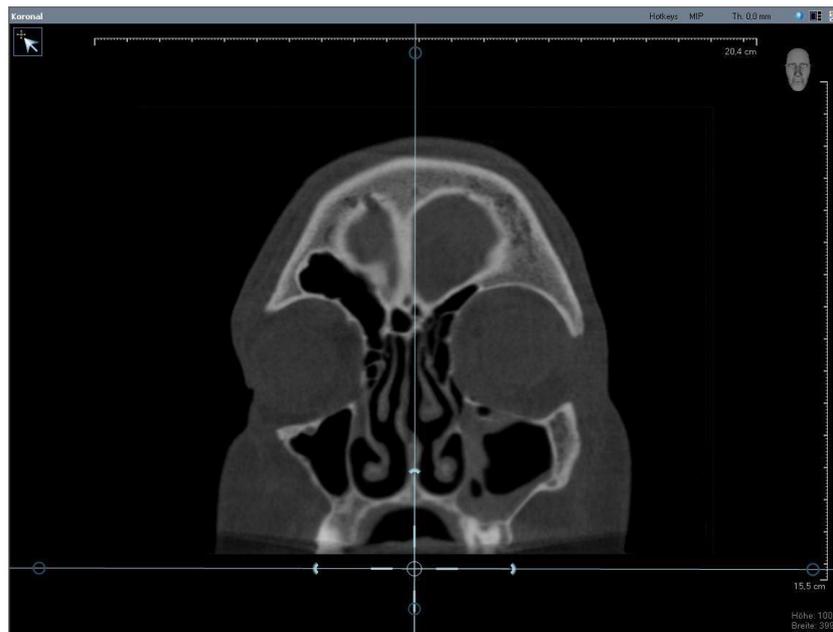
- Autologem Material, der Verwendung körpereigenen Knochens, bei der immer eine weitere Entnahmestelle generiert werden muss [15].
- Xenogenes Knochenersatzmaterial, bovin oder porzin gewonnen [15].
- Individuell gefertigte oder konfektionierte Orbitaschalen aus Keramik, Titan oder Kunststoff mit Hilfe von CAD/CAM (Computer aided Design/ Computer aided Manufacturing) [41, 42]. In der primären Frakturversorgung gewinnt diese Form zunehmend an Bedeutung, wurde bislang aber vorwiegend in der sekundären Rekonstruktion nach Tumorresektion oder ausgedehnten Verletzungsmustern angewendet.

Die Wahl des Zuganges hängt vom Ausmaß der Fraktur und der persönlichen Präferenz des Operateurs ab [43].

Ziel der Therapie von Orbitabodenfrakturen ist es, eine funktionelle und ästhetische Wiederherstellung durch eine anatomische Rekonstruktion der knöchernen Orbita und eine Reponierung des prolabierte Weichgewebes in die Orbita zu erreichen.



**Abb. 6:** Postoperative Darstellung einer mit Titan-Mesh® versorgten Orbitabodenfraktur (links) im DVT in der koronaren Schichtebene (Quelle: Charité)



**Abb. 7:** Postoperative Darstellung einer mit knöchernen Reposition versorgten Orbitabodenfraktur (links) im DVT in der koronaren Schichtebene (Quelle: Charité)

## 1.6 Bildgebende Verfahren im Vergleich

### 1.6.1 Bildgebung bei Orbitabodenfrakturen

In der Frakturdiagnostik bei Orbitabodenfrakturen sollte auch im Bereich des Gesichtsschädels eine röntgenologische Bildgebung in mindestens drei Ebenen erfolgen [44].

Die computergestützten Schnittbildgebungen ermöglichen Rekonstruktionen in allen Ebenen des Raumes und erfüllen daher diese Forderung, da die natürliche Dreidimensionalität anatomischer Strukturen ohne Dimensionsverlust in allen Raumebenen wiedergegeben werden kann [45].

Die üblichen Ebenen in der dreidimensionalen Bildgebung sind wie folgt:

- axial: durch die Horizontalebene
- koronar: durch die Transversalebene
- sagittal: durch die Medianebene

### 1.6.2 Konventionelles Röntgen

Die Röntgenstrahlung wurde am 8. November 1895 von Wilhelm Conrad Röntgen entdeckt. Sie zeichnet sich durch ionisierende Strahlung aus, die wiederum durch elektromagnetische Wellen entsteht. Ionisierende Strahlung besitzt die Fähigkeit, das Gewebe zu durchdringen und wird durch die verschiedenen Dichten des Gewebes unterschiedlich absorbiert. Die elektromagnetischen Wellen werden in einer Röntgenröhre erzeugt und auf eine Verstärkerfolie, die den eigentlichen Röntgenfilm umgibt, projiziert. Es entsteht das Röntgenbild [46].

Die Röntgenstrahlung wird in der Einheit milliSievert (mSv) gemessen.

Röntgenstrahlen wirken mutagen und können das Erbgut schädigen.

Beispiele von konventionellen Röntgenaufnahmen im Gesichtsschädel sind:

- Schädel posterior anterior
- Schädel Posterior antero 15°
- Schädel seitlich
- Fernröntgenseitenbild (FRS)
- Nase seitlich
- Schädel halbaxial
- Nasennebenhöhlenaufnahmen (NHH)
- Schädel axial

### 1.6.3 Computertomographie

Die Computertomographie wurde von Sir Godfrey N. Hounsfield im Jahr 1967 entwickelt [47, 48]. Die Computertomographen der ersten Generation waren nur für Schädel-

aufnahmen vorgesehen, und die durchschnittliche Zeit eines Scans war mit 35 Minuten die Regel. In der Folge war es daher Ziel, die Untersuchungszeiten zu verkürzen und dabei gleichzeitig die Darstellung zu optimieren.

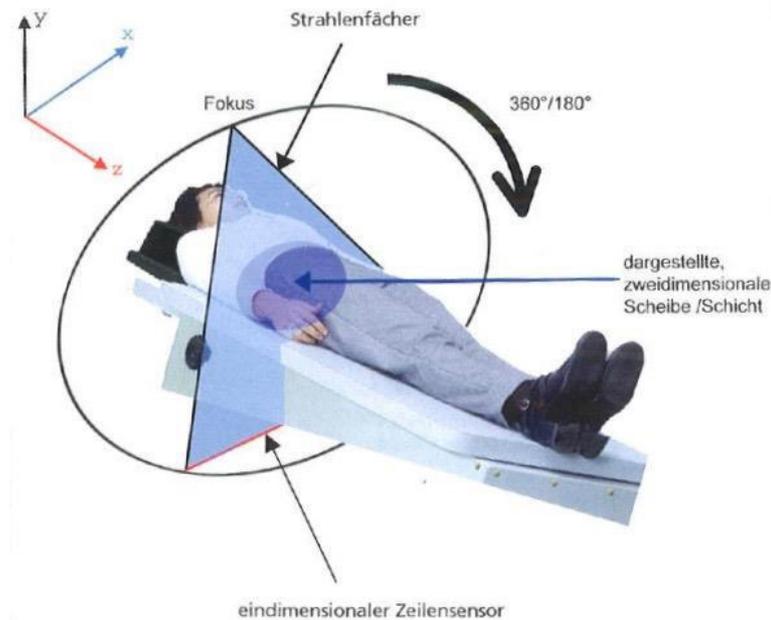
Bei einer CT Aufnahme gibt eine um den Patienten rotierende Röntgenröhre fächerförmige Strahlung ab [48]. Gegenüber der Röntgenröhre befindet sich der Detektor, der synchron mit der Röntgenröhre um den Patienten rotiert. Röntgenröhre und Detektor liegen in der sogenannten Scan-Einheit, die auch als Gantry bezeichnet wird. Während bei älteren Geräten die Gantry um einen Tisch, auf dem der Patient liegt herum rotiert, bewegt sich bei neueren Geräten, den Spiral-CT Geräten der Tisch, sodass der Patient in der Gantry vorgeschoben wird. Pro Röhrenumlauf wird ein Gewebeschnitt erreicht. Im modernen CT können 320 Schnittbilder pro Aufnahme aufgenommen werden. Hieraus ergibt sich die Möglichkeit eine 3D Rekonstruktion am Computer zu betrachten [7, 49]. In Abhängigkeit der Gewebedichte werden die einzelnen Schichten in verschiedenen Grautönen angezeigt. Je nach dem, um was für eine spezifische Gewebedichte es sich handelt, ergibt sich ein definierter Graubereich. Für jedes Gewebe kann in Abhängigkeit seiner Dichte pro Volumenelement (Voxel) der Absorptionsgrad berechnet werden. Der Absorptionsgrad wird in Hounsfield Einheiten (HE) gemessen, eine dimensionslose Einheit. Durch berechnen der einzelnen Gewebeschichten, können Rückschlüsse auf pathologisch verändertes Gewebe geschlossen werden.

Die Skala der Hounsfield Einheiten wird folgendermaßen festgelegt:

1. Die Röntgendichte von Wasser sind 0 HE
2. Die Röntgendichte von Luft sind -1000 HE
3. Die Röntgendichte von kompaktem Knochen sind 2000 HE

Nachteilig ist die hohe Strahlenbelastung der CT. Klinische Studien haben eine bis zu 300fach höhere effektive Dosis bei der CT im Vergleich zu konventionellen radiologischen Aufnahmetechniken festgestellt [50, 51]. Neuere Studien besagen allerdings, dass die CT inzwischen vergleichbare Strahlendosen wie die DVT aufweist [52].

Positiv dagegen ist, dass ein unbegrenztes Volumen darstellbar ist. Des Weiteren kann durch die Gabe von Kontrastmittel das Weichgewebe besser beurteilt werden.



**Abb. 8:** Funktionsprinzip des CT [53]

#### 1.6.4 Digitale Volumentomographie

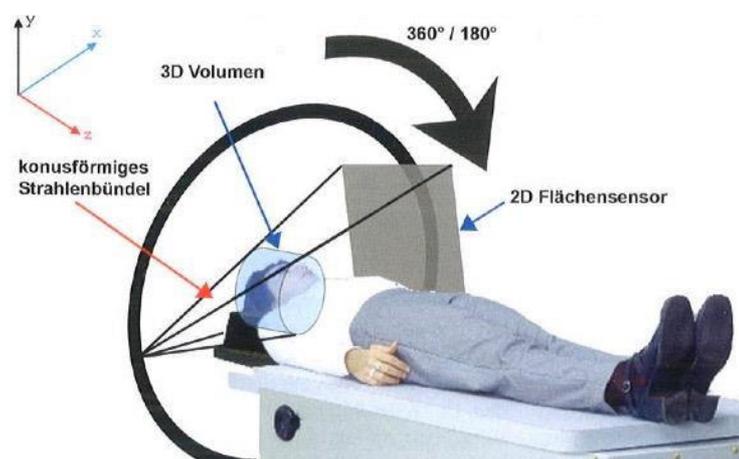
Die digitale Volumentomographie gehört wie die Computertomographie zu den dreidimensionalen Aufnahmetechniken und ist seit 1998 in der klinischen Anwendung [54, 55]. Zu Beginn wurde die DVT aufgrund des geringen Volumens vorwiegend zur Darstellung von dentoalveolären Strukturen verwendet. Aufgrund eines zunehmend größeren Abbildungsvolumens hat sich das Indikationsspektrum jedoch auf den gesamten Bereich des Gesichtsschädels erweitert, und das Gerät kommt vorwiegend in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und der Zahnmedizin zur Anwendung [45, 56].

Die Röntgenröhre der DVT verläuft in einer Kreisbahn um den Patienten herum und emittiert ein dreidimensionales Strahlenbündel (cone-beam) [57]. Es handelt sich hierbei um einen flächenförmigen Flachbilddetektor. Bei einer 360° Rotation der Röntgenröhre entsteht je Grad ein sagittales Schnittbild, das heißt, dass bei einer einmaligen Rotation ein komplettes Volumen entsteht. Aus den generierten Datensätzen entsteht mit Hilfe des Computers eine dreidimensionale Schnittbildgebung [57, 58] [59]. Das individuell einstellbare Field of View (FOV) kann entsprechend der aufzunehmenden Region verändert werden, sodass je nach dem welcher Bereich im Volume of Interest (VOI) liegt die Strahlenbelastung gesenkt werden kann. Zwischen den einzelnen DVT-Geräten schwankt die Strahlenbelastung zwischen Werten von 13  $\mu\text{Sv}$  und 1073  $\mu\text{Sv}$

[50, 60, 61]. Eine DVT Aufnahme des Ober- und Unterkiefers weist in der Regel eine Strahlendosis von 13-82  $\mu\text{Sv}$  auf [50]. Weiterhin ist die Strahlendosis einer DVT Aufnahme 3-6 mal höher als bei einem OPTG [62].

Nachteilig an der DVT ist die geringe Weichgewebstdarstellung, da eine Kontrastmittelgabe nicht möglich ist. Weiterhin gibt es bei der DVT keine Zuordnung zu den Hounsfield Einheiten. Verschiedene Graustufen können keiner Hounsfield Einheit zugeordnet werden, was bedeutet dass keine Dichtemessungen vorgenommen werden können. Bei unbekanntem Strukturen kann sich dies nachteilig auf die Diagnostik auswirken [63].

Positiv dagegen sind die deutlich geringeren Kosten in der Geräteanschaffung, sodass ein DVT häufig in vielen Praxen und Kliniken zu finden ist.



**Abb. 9:** Funktionsprinzip des DVT [53]

## 1.7 Strahlenschutz

Die International Commission on Radiation Protection (ICRP) ist die internationale Strahlenkommission, die Empfehlungen für den Strahlenschutz der Bevölkerung abgibt [46]. Diese Empfehlung folgt dem „ALARA“-Prinzip, (as low as reasonably achievable), was bedeutet, die Strahlenbelastung so „gering wie möglich zu halten, wie es unter vernünftigen Voraussetzungen möglich ist“ [46, 64, 65].

„In der Medizin hat sich jede Nutzung von ionisierender Strahlung damit zu rechtfertigen, dass ihr erkennbarer Nutzen für den Patienten die möglichen Risiken bei weitem überwiegt und dass es keine alternativen strahlungsfreien Methoden mit gleicher diagnostischer oder therapeutischer Qualität gibt“ [46]. Auf die oben genannten Grund-

---

sätze gilt das Bestreben, die ionisierende Strahlung so weit zu reduzieren, ohne einen therapeutisch relevanten Informationsverlust zu riskieren.

## 2 Fragestellung

Die dreidimensionale Bildgebung hat sich heute zur Beurteilung der Orbitabodenfrakturen aufgrund der anatomischen Komplexität als Standard etabliert, wobei die CT am häufigsten eingesetzt wird [1-5].

Mit der DVT steht ein weiteres dreidimensionales, bildgebendes, auf Röntgenstrahlen basierendes Verfahren zur Verfügung [66].

In der vorliegenden Arbeit soll anhand der postoperativen Bildgebung die Beurteilbarkeit des Repositionsergebnisses von Orbitabodenfrakturen zwischen CT- und DVT-Aufnahmen mittels Fragebögen evaluiert werden. Zur Beurteilung der Fragebögen wurden Mediziner aus den Fachbereichen Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie der Radiologie hinzugezogen.

1. Ein Oberarzt der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
2. Ein Assistenzarzt der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
3. Ein PJ-Student der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
4. Ein Oberarzt der Radiologie
5. Ein Assistenzarzt der Radiologie
6. Ein PJ-Student der Radiologie

Folgende Fragestellungen zur Darstellbarkeit von postoperativen Orbitabodenfrakturen sollen in der vorliegenden Studie analysiert werden:

1. Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung von Orbitabodenfrakturen?
2. Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung bei operativ eingebrachten Materialien?
3. Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung des Repositionsergebnisses von Orbitabodenfrakturen?
4. Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich auftretender Strahlenartefakte?
5. Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung in Abhängigkeit der Fachrichtung und Qualifikation der Prüfpersonen?

### **3 Patienten und Methoden**

Ziel der vorliegenden Studie ist es, die Bildgebung in Hinsicht auf die Beurteilbarkeit des Repositionsergebnisses zwischen CT und DVT Aufnahmen, mit Hilfe von Fragebögen, die von unterschiedlichen Prüfpersonen beantwortet wurden zu vergleichen. Es wurden 12 Bilddatensätze von Patienten in die Studie eingeschlossen. Bei 6 Patienten erfolgte postoperativ eine Bildgebung mittels DVT und bei 6 der Patienten eine Bildgebung mittels CT, sodass 2 Gruppen mit je 2 Bilddatensätzen gebildet werden konnten. Gruppe A bildete die Gruppe mit den DVT Bilddatensätzen und Gruppe B bildete die Gruppe mit den CT Bilddatensätzen.

#### **3.1 Ethikantrag**

Für die vorliegende Studie wurde ein Ethikantrag gestellt. Dieser Ethikantrag wurde mit der Prüfnummer EA2/057/13 am 23.07.2013 genehmigt.

#### **3.2 Patientendatensätze**

Zur Rekrutierung von Bilddatensätzen wurden Patienten aus der Mund,- Kiefer, und Gesichtschirurgie, Charité, Campus Virchow Klinikum mit versorgter Orbitabodenfraktur ausgewählt. Im Zeitraum vom 01.01.2006 – 31.12.2008 wurden in der Klinik 289 Patienten mit Orbitabodenfraktur operativ versorgt. Von diesen 289 Patienten erhielten 271 Patienten ein postoperatives DVT und 18 Patienten ein postoperatives CT. Bei 128 Patienten lag eine isolierte Fraktur vor und bei 161 Patienten zusätzlich eine Beteiligung anderer knöcherner Strukturen im Mittelgesicht.

Zur Beurteilung wurden in jede Gruppe die Patienten aufgenommen, die operativ knöchern reponiert, mit der Einlage einer PDS-Folie®/Ethisorb-Patch® oder mit einem Titan-Mesh® versorgt wurden.

Die Auswahl des Patientenkollektivs erfolgte anhand der matched-pairs-Analyse hinsichtlich des Frakturmusters, des Versorgungsmusters und der Darstellungsmethode. Insgesamt wurden 12 Patientendatensätze von insgesamt 289 Patientendatensätzen

für die Studie evaluiert, da nur diese die Parameter erfüllten um optimal verglichen zu werden.

Bei den 12 Patientendatensätzen handelt es sich bei 8 Datensätzen um männliche Patienten und bei 4 um weibliche Patienten. Das Alter der Patienten betrug zum Operationszeitpunkt 22-89 Jahre.

Anhand der Diagnosen konnte mit dem jeweiligen Diagnosecode die Überprüfung des Patientenpools über den gesamten Zeitraum erfolgen. Die Diagnosecodes wurden anhand der International Classification of Diseases Codes (ICD) herausgesucht. Die für die vorliegende Arbeit verwendeten Codes lauten wie folgt und wurden jeweils gematched:

S02.3: Orbitabodenfraktur

S02.4: Jochbeinfraktur

S02.7: Mittelgesichtsfraktur

Anhand dieser Prozedurencodierung erfolgte die Auswahl der Patienten für jede Gruppe. Jeder Fraktur/ Versorgungstyp wurde nach Vorauswahl, möglichst ähnliche Fraktur und Versorgungsmuster aufzuweisen von drei Fachärzten der MKG nach Vergleichbarkeit untersucht (Tab. 1). Der Patient mit den meisten Übereinstimmungen wurde für die vorliegende Studie ausgewählt.

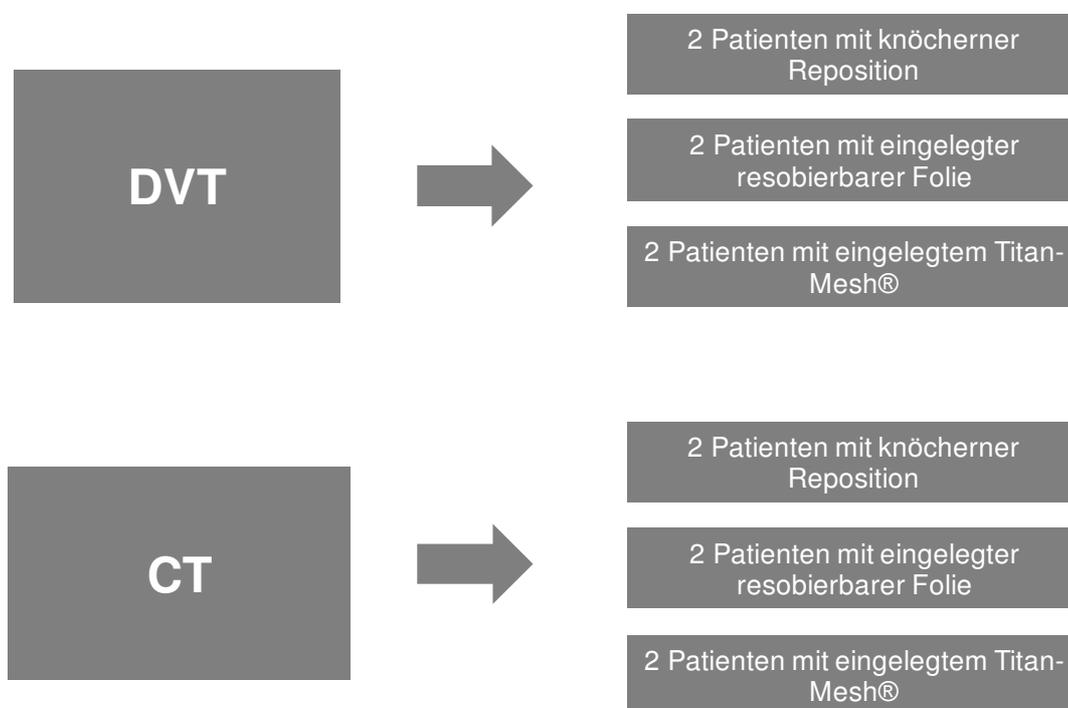
Die Suchkriterien zur Versorgungsart waren hierbei eine postoperativ versorgte Orbitabodenfraktur mit:

- Der Versorgung durch ein resorbierbares Material, wie die PDS-Folie®
- Der Versorgung durch ein resorbierbares Material, wie das Ethisorb-Patch®
- Der Versorgung durch knöcherner Reposition
- Der Versorgung durch ein Titan-Mesh®

Des Weiteren konnte anhand der Beurteilung der Bildgebung aus den Patientendaten in SAP® festgestellt werden, ob und welche Patienten postoperativ eine CT oder eine DVT bekommen haben. Nun wurden durch Auswertung der Bildgebung dahingehend ähnliche Frakturtypen mit vergleichbarem Frakturmuster und Versorgungsmuster herausgesucht, die entweder postoperativ eine CT oder eine DVT bekommen haben.

Frakturmuster	Postoperative CT	Postoperative DVT
Wenig komplexe Orbitabodenfraktur	Durch alleinige Reposition versorgt	Durch alleinige Reposition versorgt
Mäßig komplexe Orbitabodenfraktur, die durch Einlage eines resorbierbaren Materials versorgt wurde	Durch die Einlage eines resorbierbaren Materials versorgt	Durch die Einlage eines resorbierbaren Materials versorgt
Komplexe Orbitabodentrümmerfraktur im Rahmen einer lateralen Mittelgesichtsfraktur	Durch Titan-Mesh® / Osteosyntheseplatten versorgt	Durch Titan.Mesh® / Osteosyntheseplatten versorgt

**Tab. 1:** Auswahl der Patienten nach Fraktur- und Versorgungsmuster



**Abb. 10:** Schema zur Auswahl der Patienten

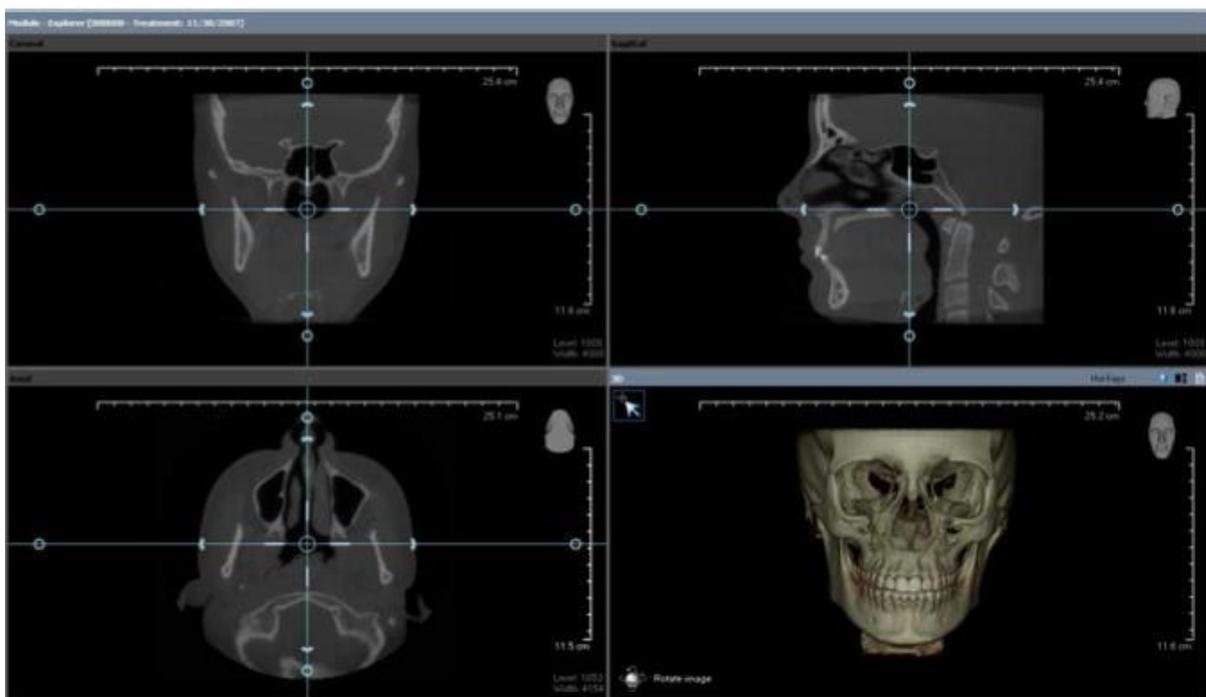
### 3.3 Iluma Vision® System

Bei dem in der vorliegenden Studie behandelten DVT Gerät, handelt es sich um den Typ Iluma® LFOV (Large field of view), 3M Imtec, 9/2008, USA, mit einer konstanten Hochfrequenz-Röntgenquelle. Der Aufnahmewinkel beträgt 360°. Während einer Aufnahme werden 602 Schnittbilder aufgenommen [67]. Im Rahmen einer Aufnahme hat der Untersucher bei diesem Gerät die Möglichkeit zwischen 2 Röntgenstrahlungsinten-

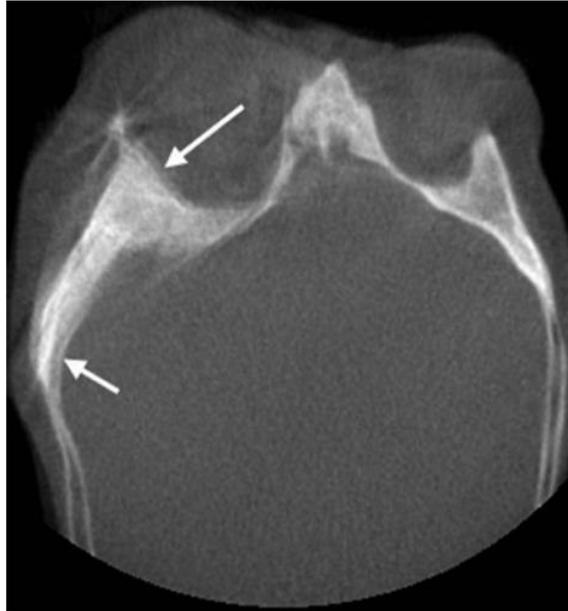
sitäten auszuwählen um die Strahlenbelastung bei Untersuchungen von Kindern zu senken. Zum einen handelt es sich um den normalen Intensitätsmodus und zum anderen gibt es den erweiterten Intensitätsmodus. Beide Modi unterscheiden sich durch den mA-Modus, der beim erweiterten Intensitätsmodus mit 3,8 mA deutlich über dem des normalen Intensitätsmodus mit 1,0 mA liegt.

Mit der IlumaVision® Software ist es möglich, dass am Monitor die DVT Aufnahmen betrachtet und bearbeitet werden. Mit der Maus kann das jeweilige Bild im angezeigten Fenster rotiert oder herangezoomt werden. Darüber hinaus ist es möglich, die jeweilige Aufnahme in verschiedenen Fenstern zu betrachten, unter anderem in der koronaren, axialen und sagittalen Ebene (Abb.11). Des Weiteren ist es möglich, den knöchernen Schädel als 3D Ansicht zu betrachten.

Die Patientenpositionierung erfolgt bei Iluma®-Geräten immer sitzend. Durch unbewusste Kopfbewegungen des Patienten kann dies zur Folge haben, dass auf den DVT Bildern typische Doppelkonturen sichtbar sind und eine Diagnose so erschwert wird (Abb.12).



**Abb. 11:** Darstellung der 4 Knochenfenster. Links oben: koronare Ebene, rechts oben: sagittale Ebene, links unten: axiale Ebene, rechts unten: 3D-Rekonstruktion (Quelle: Charité)



**Abb. 12:** Die Pfeile zeigen typische Doppelkonturen, die durch Bewegungen des Patienten während einer DVT Aufnahme entstanden sind  
Nach Schulze et al. [68]

### 3.4 CT-System

Der in der Charité im Campus Virchow Klinikum zur Zeit der Untersuchung benutzte Computertomograph ist ein 16-Zeilen Spiral-CT vom Typ GE Lightspeed 16 Pro®. Dieser zeichnet sich durch sehr kurze Erfassungszeiten aus [69]. In 0,35 Sekunden erfolgt eine komplette Rotation und erfasst eine Schichtstärke von 40mm des zu untersuchenden Organs. Dabei entstehen 64 Schnittbilder pro Umlauf [69]. Die Patientenpositionierung erfolgt bei CT-Geräten immer liegend. Dies ist vorteilhaft, da weniger Verwacklungsartefakte entstehen. Intubierte Patienten können ebenfalls geröntgt werden, sodass es möglich ist, selbst intraoperativ CT-Bilder anzufertigen.

Die Betrachtungssoftware GE Centricity® ermöglicht die Betrachtung der angefertigten Bilder ähnlich der IlumaVision®-Software. Die Bilder sind am Computer in verschiedenen Fenstern sichtbar. Mithilfe einer Graustufeneinstellung kann die Dichte der knöchernen Strukturen betrachtet werden.

Mit dem Archivierungsprogramm PACS (Picture Archiving and Communication System) werden die Bilder in das DICOM Format (Digital Imaging and Communications in Medicine) gespeichert und können nach Bedarf wieder aufgerufen werden [70].

### 3.5 Prüfpersonen

Zur Beurteilung der gegenübergestellten bildgebenden Verfahren (CT vs. DVT) wurden 6 Prüfpersonen ausgewählt. Es wurden hierfür 3 Prüfpersonen aus der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (Gruppe A) und 3 Prüfpersonen aus der Klinik für Radiologie (Gruppe B) bestimmt.

Darüber hinaus wurden in jeder Gruppe unterschiedliche Weiterbildungsgrade wie folgt zugeteilt (Tab. 2).

<b>Gruppe A (MKG)</b>	<b>Gruppe B (Radiologen)</b>
Oberarzt (OA)	Oberarzt (OA)
Assistenzarzt	Assistenzarzt
PJ-Student	PJ-Student

**Tab. 2:** Übersicht der Gruppierungen A und B

### 3.6 Fragebögen

In der vorliegenden Studie wurden zwei Fragebögen nach der Likert-Skala erarbeitet (siehe Fragebögen im Anhang).

Die Likert-Skala ist eine validierte Ratingskala zur subjektiven Einschätzung durch den Befragten. Ratingskalen können aus 5 oder einer höheren Anzahl an Stufen bestehen [71]. Hier wurde sich für ein fünfstufiges Modell entschieden. Innerhalb dieser 5 Stufen wurden die Aussagen sowohl positiv, als auch ins Negative hineingehend formuliert so dass die Befragten zustimmen oder ablehnen konnten.

Die formulierten Aussagen des Fragebogens werden auch als Einzelaspekte bezeichnet und werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit auch als solche bezeichnet (Abb. 13).

## 1. Die knöchernen Strukturen lassen sich gut beurteilen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

## 2. Die Beurteilung knöcherner Strukturen ist in der DVT besser als in der CT

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

**Abb. 13:** Zwei Einzelaspekte als Beispiel für eine Likert-Skala anhand des verwendeten Fragebogens

Der erste von den ausgewählten Prüfpersonen zu beantwortende Fragebogen zielte auf die Darstellung und die Beurteilung von Orbitabodenfrakturen und der umgebenden Strukturen ab.

Es wurden gezielte Fragen zur Darstellbarkeit der Fraktur, des Knochens, des Weichgewebes und zu eingebrachtem Fremdmaterial gestellt.

Der zweite Fragebogen zielte auf einen generellen Vergleich beider bildgebender Verfahren ab.

Hierbei sollte eine subjektive Beurteilung der Prüfpersonen im Vordergrund stehen.

Das Patientenkollektiv dieser Studie wurde nicht zur Befragung in die Klinik einbestellt, sondern es wurde mit dem stattgehabten Bildmaterial gearbeitet, wobei nicht das postoperative Ergebnis, sondern vielmehr die postoperative Darstellbarkeit im Vordergrund stand.

### 3.7 Untersuchungsablauf

Jedem der 6 Prüfpersonen wurde die Möglichkeit gegeben, in einem Befundungsraum der Charité, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Campus Virchow Klinikum die vorgegebenen Bilddatensätze zu beurteilen.

In der Charité, Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Virchow Klinikums steht zur Befundung sowohl von DVT als auch CT Bildern ein eigener Rechner mit Monitor zur

Verfügung. Der Befundungsraum besitzt keine Fenster, sodass keine Sonneneinstrahlung vorhanden ist.

Während der Untersuchung bewertet immer jeweils eine Prüfperson die ausgewählten Bilder und beantwortet die Fragebögen. Vorab wurden die Fragebögen hinsichtlich der Verständlichkeit erläutert. Es wurden im Wechsel die CT / DVT Bilder analog der korrespondierenden Frakturgruppe beurteilt.

Die Grundfragen, die sich aus dieser Studie ergeben, beziehen sich auf die Bewertung hinsichtlich der Darstellung von postoperativen Orbitabodenfrakturen. Im Folgenden werden diese Fragestellungen näher beleuchtet:

F 1: Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung von Orbitabodenfrakturen?

F 2: Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung bei operativ eingebrachten Materialien?

F 3: Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung des Repositionsergebnisses von Orbitabodenfrakturen?

F 4: Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich auftretender Strahlenartefakte?

Weiterhin kann die fachliche Qualifikation der Prüfpersonen einen Einfluss darauf haben, wie gut die Darstellbarkeit postoperativer Orbitabodenfrakturen beurteilt wird. Hieraus ergibt sich eine weitere wichtige Frage für die vorliegende Studie:

F 5: Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung in Abhängigkeit der Fachrichtung und Qualifikation der Prüfpersonen?

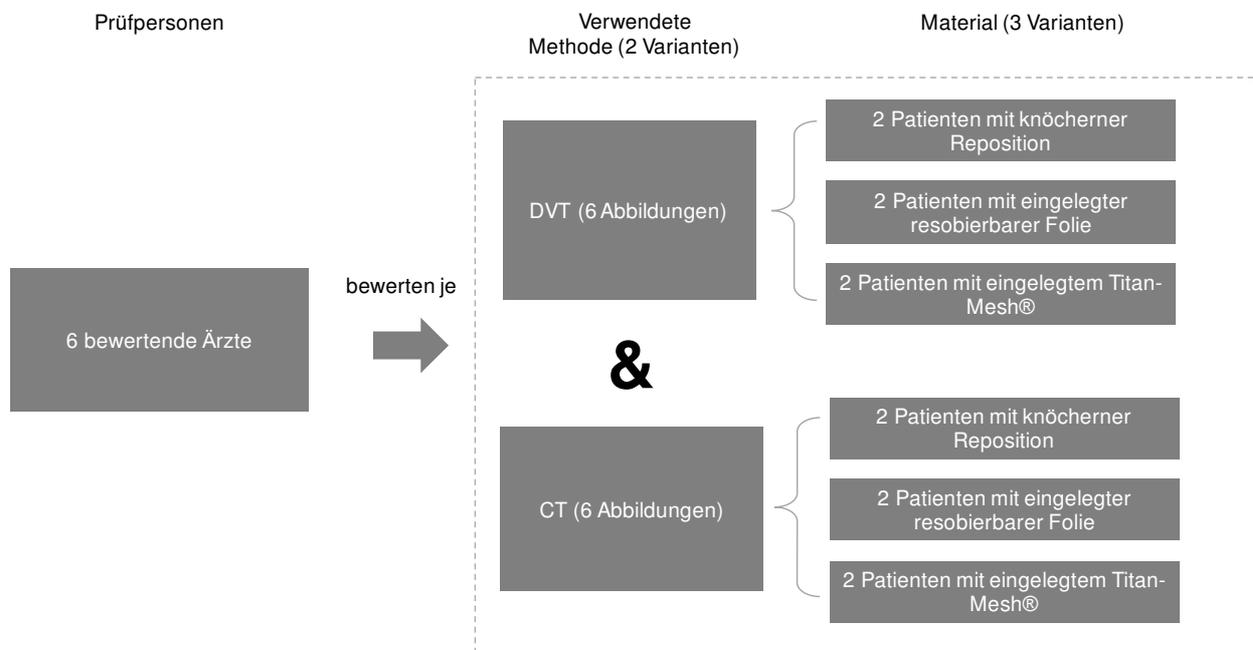
### **3.8 Untersuchungsmaterial und Design der Studie**

Die 6 Prüfpersonen beurteilten postoperative Orbitabodenfrakturen, die jeweils durch 3 unterschiedliche Arten versorgt wurden: Titan Mesh®, PDS-Folie® und knöcherner Reposition. Jede Versorgungsart wurde in je zwei Bilddatensätzen (CT/DVT) gezeigt. Somit sah jede der sechs Prüfperson 12 Bilddatensätze ( $6 \times 2 = 12$  Abbildungen, zu denen folgende neun Einzelaspekte abgefragt wurden:

1. Die knöchernen Strukturen lassen sich gut beurteilen
2. Die Fraktur lässt sich gut und eindeutig beurteilen
3. Das Repositionsergebnis ist gut beurteilbar
4. Das alloplastische Material lässt sich soweit eingebracht gut darstellen
5. Die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe, insbesondere des M.rectus inferior lässt sich gut beurteilen
6. Das indirekte Repositionsergebnis ist gut beurteilbar (alloplastisches Material nicht sichtbar)
7. Es zeigt sich eine gute Beurteilbarkeit von eingebrachtem Osteosynthesematerial
8. Die umliegenden Strukturen bei eingebrachtem Osteosynthesematerial lassen sich hinsichtlich möglicher Strahlenartefakte gut beurteilen
9. Die Bildbetrachtungssoftware ist einfach zu bedienen

Diese Fragen wurden auf einer Likert-Skala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu) bewertet.

Für die Beantwortung der ersten Fragestellungen F1-F3 stand die Methode (CT/DVT) und das eingesetzte Material bzw. die Versorgung der Fraktur (Titan-Mesh®, PDS-Folie® und Knöcherner Rep.) im Fokus. (Abb. 14). Hier sind die Bewertungsunterschiede der Prüfpersonen zwischen der Methode und des Materials von Belang.



**Abb. 14:** Übersicht zur Aufteilung der eingesetzten Methoden (2) und verschiedenen Materialien (3) Damit ergibt sich ein 2x3 Gruppen-Design mit:  
Methode: CT/DVT  
Material bzw. Versorgungsart: Titan-Mesh®, PDS-Folie®, Knöcherner Rep.

Für die Fragestellung F4 wird die unterschiedliche Qualifikation der Prüfpersonen betrachtet, und ob die Bilddatensätze je nach Methode (CT/DVT) unterschiedlich bewertet wurden. Die Qualifikationen unterteilen sich in: OA MKG/Radiologie, AssArzt MKG/Radiologie, PJ-Student MKG/Radiologie) (Abb. 15). Damit rücken die Bewertungsunterschiede zwischen den Prüfpersonen unabhängig vom verwendeten Material in den Fokus.

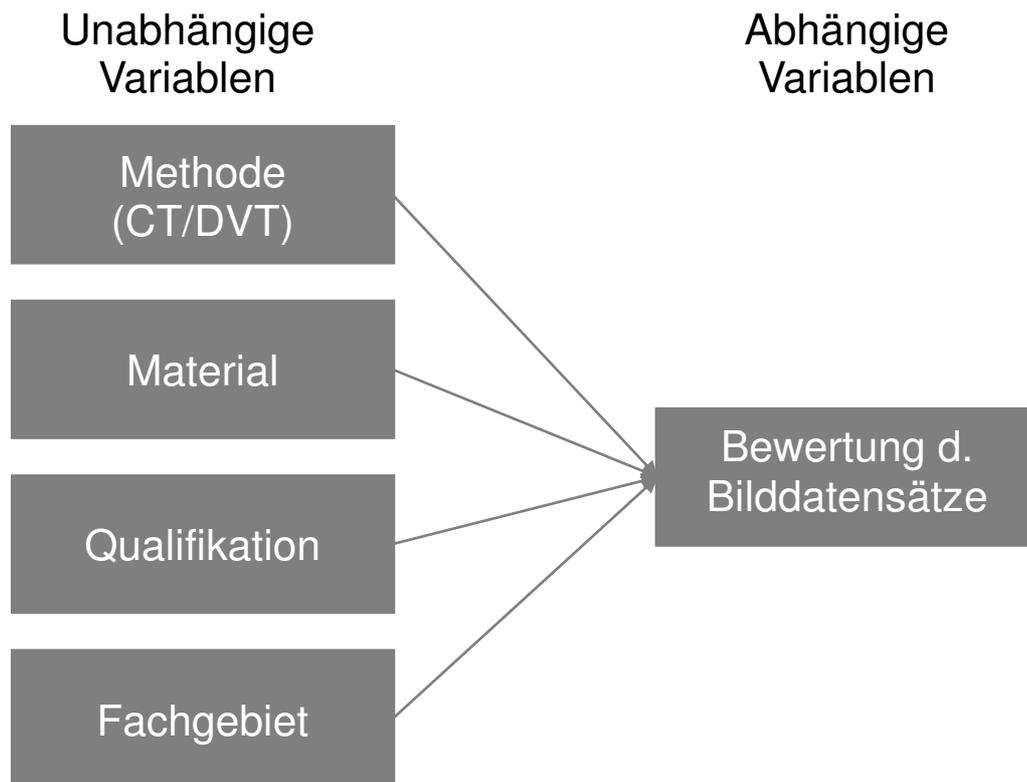


**Abb. 15:** Übersicht zu den Qualifikationen (3) und den verschiedenen Fachgebieten (2) Damit ergibt sich ein 2x3 Gruppen-Design mit:  
 Qualifikation der Prüfpersonen: Oberärzte, Assistenzärzte, PJ-Studenten  
 Fachrichtung der Prüfpersonen: MKG, Radiologie

### 3.9 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS® (Inc. Chicago, US) einem Statistik Programm für die Sozialwissenschaften in der Version 21.

Für die Einzelaspekte wird eine Stichprobengröße (Anzahl der vollständigen Bewertung aller Bilddatensätze) von  $n = 72$  näher begutachtet. Zur statistischen Analyse der Fragestellungen wurde folgendes Model aufgestellt:



**Abb. 16:** Aufgestelltes statistisches Modell zur Bestimmung der Bewertung der Bilddatensätze.

Alle vorliegenden Ergebnisse dieser Studie folgen dem oben gezeigten Modell (Abb. 16). Es wird damit der Einfluss auf die Bewertung durch die Methode (CT/DVT), des Materials (Titan-Mesh®, PDS-Folie®), der Qualifikation (OA, Assistenzarzt, PJ-Student) und des Fachgebiets der Prüfpersonen (MKG/Radiologie) gleichzeitig betrachtet, anstatt nur jeden Einflussfaktor einzeln und damit getrennt voneinander zu analysieren. Aufgrund der Verwendung von mehreren Bewertungen pro Prüfperson für die Fragestellung F1 bis F4 (jede Prüfperson gab für die verschiedenen Methoden und Materialien 12 Einschätzungen ab, was als „within-subject“ Design bezeichnet wird) und den für die Fragestellung F5 verschiedenen Qualifikationen / Fachgebiete zwischen den Personen (was als „between-subject Design“ bezeichnet wird) waren konventionelle Analysen wie z.B. t-Tests, einfache Varianzanalysen oder Korrelationen nicht möglich. Auch war im Verlauf der Analyse von Interesse, ob es nur sog. Haupteffekte gibt (jede unabhängige Variable verändert für sich alleine die Bewertung) oder auch Interaktionseffekte (zwei oder mehr Variablen zeigen je nach Ausprägung verschiedene Ergebnisse, was die Analysetiefe und damit die Aussagekraft der Ergebnisse immens erhöht). Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurde auf ein generalisiertes lineares Modell zurückgegriffen. Dieses fasst alle Daten in einem umfassenden Modell zusammen und

gibt als Testwert den Wald- $\chi^2$  an, um den signifikanten Einfluss einer oder mehrerer unabhängiger Variablen auf die Bewertung zu prüfen. Diese werden gemäß statistischer Konventionen in folgendem Format angegeben: Wald- $\chi^2$  (*Freiheitsgrade = Anzahl der Variablenausprägungen - 1; Anzahl der Testpersonen*). Als notwendiges Signifikanzniveau wurde  $p < 0,05$  in dieser Arbeit festgelegt. Um die Unterschiede in Gruppen mit mehr als zwei Ausprägungen zu testen, wurde des Weiteren auf einen Post-Hoc Test zurückgegriffen, damit hier die Unterschiede z.B. zwischen den einzelnen Materialien oder Qualifikationsstufen klar herausgestellt werden konnten. Grundsätzlich wurden zur Berechnung einfache Mittelwerte (MW) bzw. Standardabweichungen (SD) der zu bewertenden Fragen verwendet. Die Graphiken wurden in Balkendiagrammen dargestellt.

## 4 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu den Einzelaspekten der beiden entwickelten Fragebögen ausgewertet. Hierbei wurde zur Beantwortung der Fragestellungen F1-F4 ein Vergleich der Mittelwerte anhand der Erhebungsmethode (CT/DVT) und des verwendeten Materials vorgenommen. Zunächst wurde die Summe aller Einzelaspekte bezüglich der DVT und der CT ausgewertet (vgl. F1). Dies wird im Detail dann in Abhängigkeit des Materials ausgewertet (vgl. F2). Danach erfolgte eine einzelne Auswertung jedes Einzelaspektes (wichtig für F3 / Repositionsergebnis und F4 / Strahlenartefakte).

Im Anschluss wurde eine Auswertung bezogen auf die Qualifikation und Fachrichtung der Prüfpersonen durchgeführt (vgl. F5).

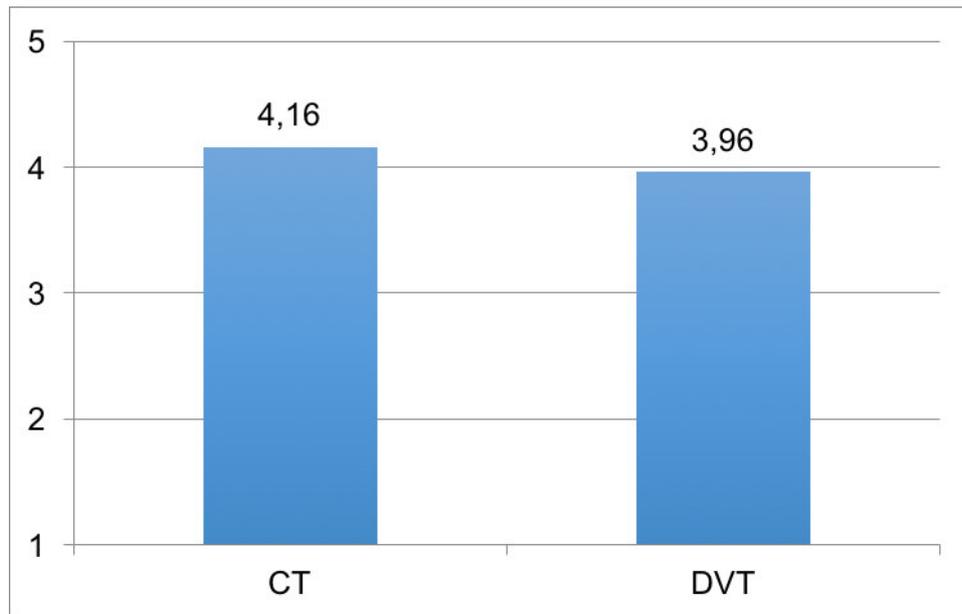
Von 648 möglichen Datenpunkten (6 Bewertende x 12 Abbildungen von Patienten x 9 Bewertungskriterien) fehlten insgesamt 10% (65) durch nicht ausgefüllte Einzelaspekte und konnten daher nicht weiter in der Analyse berücksichtigt werden.

### 4.1 Unterschiede zwischen der DVT und der CT bei postoperativen Orbitabodenfrakturen (F1)

**F1:** Welche allgemeinen Unterschiede zwischen der DVT und der CT gibt es bei der Beurteilung von postoperativen Orbitabodenfrakturen?

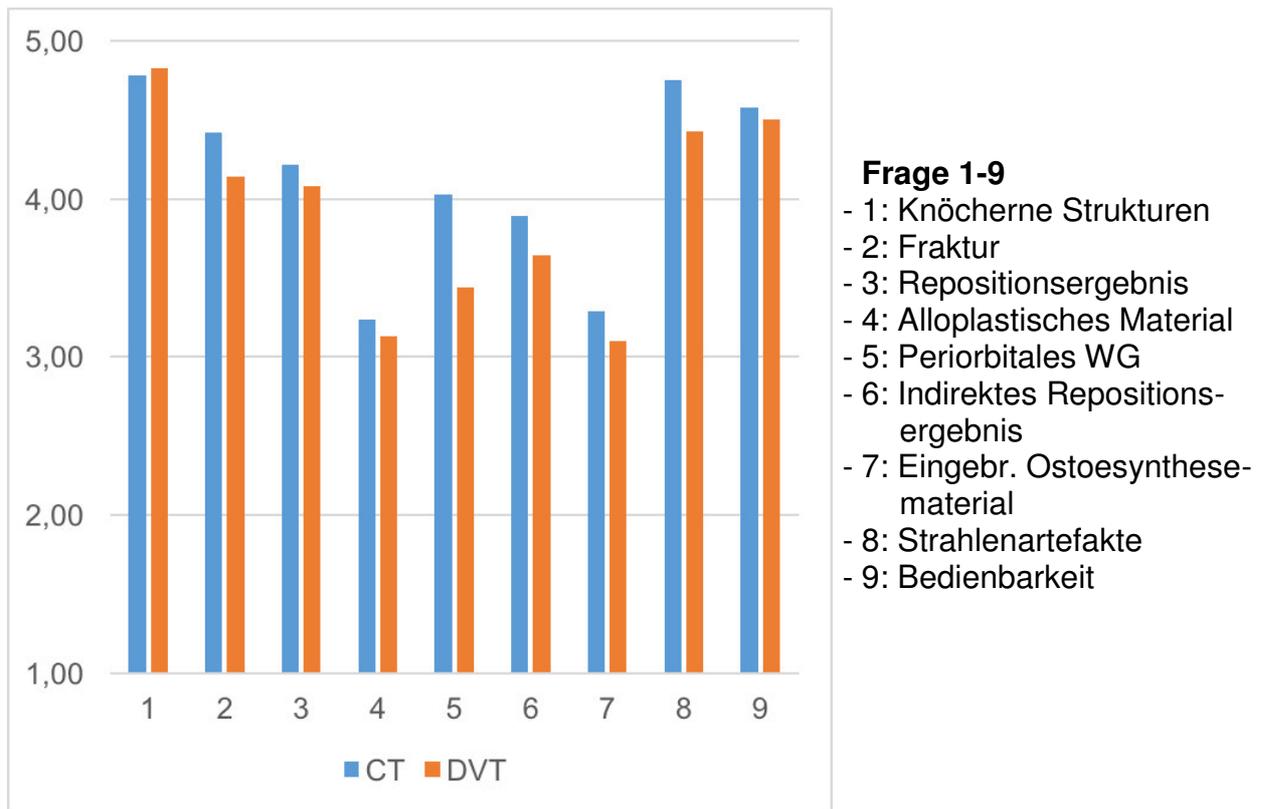
Die Gesamtbewertung für alle Einzelaspekte lag für die CT bei  $Mw = 4,16$  ( $Sd = 1,10$ ) und für die DVT bei  $Mw = 3,96$  ( $Sd = 1,11$ ). Dieser relativ kleine Mittelwertunterschied ist im Modell signifikant bei Wald- $\chi^2(1, N = 6) = 6,81$  ( $p = 0,009$ ) (Abb. 17).

Insgesamt kann aus den Daten geschlossen werden, dass die CT signifikant positiver bewertet wird als die DVT.



**Abb. 17:** Unterschiede der Bewertungen über alle Einzelaspekte in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode (CT & DVT). Bewertungsskala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu).

Diese positive Bewertung hin zur CT war allerdings nur bei drei (Frage zwei, fünf und acht) von neun Einzelaspekten signifikant (Tab. 3, Abb. 18). Die Darstellbarkeit der Fraktur war in der CT (Mw = 4,42; Sd = 0,73) signifikant positiver als in der DVT (Mw = 4,14; Sd = 1,04) (Wald- $\chi^2$  (1, N = 6) = 3,93 ( $p = 0,047$ )). Die Beurteilung der Darstellung von periorbitalem Weichgewebe ist ebenfalls in der CT signifikant positiver als in der DVT (Mw = 4,03 Sd = 1,11 vs. Mw = 3,44; Sd = 0,91; Wald- $\chi^2$  (1, N = 6) = 18,71 ( $p = 0,001$ )). Auch auf Strahlenartefakte bezogen wurde die CT signifikant positiver beurteilt als die DVT. (Mw = 4,75 Sd = 0,44 vs. Mw = 4,43; Sd = 0,51; Wald- $\chi^2$  (1, N = 6) = 8,38 ( $p = 0,004$ )). In sechs von neun Einzelaspekten gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen der CT und der DVT (bezogen auf die knöchernen Strukturen, das Repositionsergebnis, das alloplastische Material, das indirekte Repositionsergebnis, eingebrachtes Osteosynthesematerial und die Bedienbarkeit beider Programme).



**Abb. 18:** Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode. Bewertungsskala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu).

	CT	DVT	Wald Chi2 (1, N = 6)	Sig.
Frage 1: Knöchernen Strukturen	4,78	4,83	2,00	0,157
Frage 2: Fraktur	4,42	4,14	<b>3,93</b>	<b>0,047</b>
Frage 3: Repositionsergebnis	4,22	4,08	0,79	0,374
Frage 4: Alloplastisches Material	3,24	3,13	3,27	0,071
Frage 5: Periorbitales WG	4,03	3,44	<b>18,71</b>	<b>0,001</b>
Frage 6: Indirektes Repositionsergebnis	3,89	3,64	1,70	0,193
Frage 7: Eingebr. Osteosynthesematerial	3,29	3,10	0,79	0,375
Frage 8: Strahlenartefakte	4,75	4,43	<b>8,38</b>	<b>0,004</b>
Frage 9: Bedienbarkeit	4,58	4,50	0,92	0,337

**Tab. 3:** Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode

## 4.2 Unterschiede zwischen der DVT und der CT bei postoperativen Orbitabodenfrakturen bzgl. eingebrachten Materials (F2), des Repositionsergebnisses (F3) und Strahlenartefakten (F4)

**F2:** Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung bei operativ eingebrachten Materialien?

Die Beurteilung der Darstellbarkeit des eingebrachten alloplastischen Materials zeigte keinen signifikanten Effekt (Wald- $\chi^2$  (1, N = 6) = 3,721;  $p$  = 0,071). Post-Hoc-Testungen stellen dar, dass die spezifischen Kontraste zwischen der CT und der DVT für Titan-Mesh (Mw = 4,92, Sd = 0,28 vs. Mw = 4,5, Sd = 0,68) und der PDS-Folie® (Mw = 2,08, Sd = 1,08 vs. Mw = 2,5, Sd = 0,84) relativ gering ausfallen und somit kein signifikanter Unterschied besteht (Tab. 4).

**F3:** Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich der Beurteilung des Repositionsergebnisses von Orbitabodenfrakturen?

Die Beurteilung des Repositionsergebnisses fiel für beide Darstellungsmethoden insgesamt relativ ähnlich aus und war hier nicht signifikant (Wald-Chi<sup>2</sup> (1, N = 6) = 0,77;  $p < 0,374$ ). Dies gilt auch für den Vergleich auf Ebene des Materials im Post-Hoc Test: Für Titan-Mesh® waren die Unterschiede zw. der CT (MW = 4,67; Sd = 0,49) und der DVT (MW = 4,5; SD = 0,67) relativ gering und damit nicht signifikant. Gleiches gilt für die CT (MW = 3,75; Sd = 0,96) und die DVT (MW 4,17= ; Sd = 0,41) im Hinblick auf die PDS-Folie®.

**F4:** Gibt es Unterschiede zwischen der DVT und der CT hinsichtlich auftretender Strahlenartefakte?

Bezogen auf die Darstellbarkeit von eingebrachtem Material im Hinblick auf das Auftreten von Strahlenartefakten, bewerteten die Prüfpersonen die CT bei eingebrachtem Titan-Mesh® besser. Dies zeigt sich sowohl im Haupteffekt (unter Berücksichtigung aller Materialien), der einen Wald-Chi<sup>2</sup> (3, N = 6) von 24,58;  $p = 0,001$  aufweist, als auch in der Post-Hoc Testung für Titan-Mesh® (Tab. 3). In der CT erreichten die Beurteilungen einen Wert von 4,80 (Sd = 0,44) in der DVT nur 4,30 (Sd = 0,48). Die CT schneidet hier signifikant positiver ab als die DVT.

Wald-Chi <sup>2</sup> (5, N = 6)	Alloplastisches Material			Repositionsergebnis			Strahlenartefakte		
	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.
	3,271 ( $p < 0,071$ )			0,77 ( $p < 0,374$ )			24,58 ( $p < 0,001$ )		
Titan Mesh	4,92	4,5	0,096	4,67	4,5	0,349	4,80	4,30	<b>0,002</b>
PDS-Folie	2,08	2,5	0,290	3,75	4,17	0,298	-	-	-

**Tab. 4:** Unterschiede der Bewertungen von alloplastischem Material und Strahlenartefakten in Abhängigkeit der Erhebungsmethode und des Materials

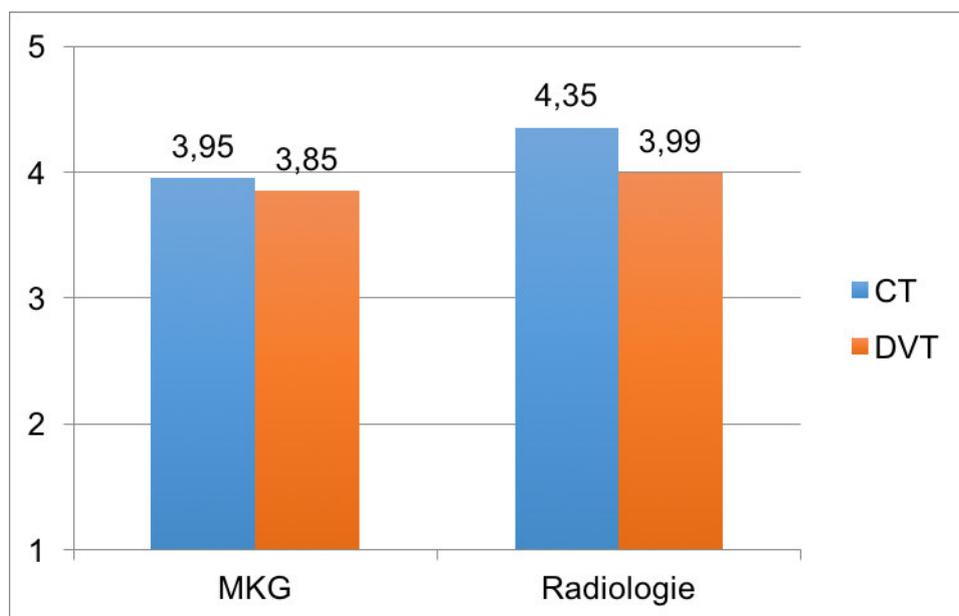
### 4.3 Einfluss der Erfahrung und Qualifikation der Prüfpersonen

**F5:** Hat die Erfahrung bzw. Qualifikation der Prüfpersonen einen Einfluss auf die Bewertung der Darstellung postoperativer Orbitabodenfrakturen?

Auf die Fachrichtung bezogen ergibt sich eine Tendenz, auch wenn hier die Mittelwertunterschiede relativ gering ausgeprägt sind: Generell bewerten Radiologen (Mw = 4,18; Sd = 1,12) beide Verfahren signifikant positiver als die Gruppe der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen (Mw = 3,93; Sd = 1,17) und die Testwerte fallen hier signifikant positiver aus (Wald- $\chi^2$  (1, N = 6) = 10,42 (p = 0,001)). Bei der Betrachtung der Ergebnisse der verschiedenen Fachrichtungen, differenziert nach den eingesetzten Methoden, lässt sich ein Interaktionseffekt feststellen (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 17,58 (p = 0,001)). Dies liegt vor allem an der Gruppe der Radiologen, welche die CT signifikant positiver bewertet als die DVT (Mw = 4,34; Sd = 0,98 vs. Mw = 4,06; Sd = 1,04; p = 0,016). Sie bewerteten beide Verfahren insgesamt positiver als die Gruppe der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen, die dem CT (Mw = 3,96; Sd = 1,20) und DVT (Mw = 3,95; Sd = 1,09) relativ ähnliche Werte geben. Die Gruppe der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen verhält sich damit homogener und bewertet beide Verfahren relativ ähnlich, während die Radiologen insgesamt dem CT den Vorzug geben (Tab. 5).

	CT	DVT	Sig.
MKG	3,96	3,95	0,874
Radiologie	4,34	4,06	<b>0,016</b>
Sig.	<b>0,001</b>	0,128	

**Tab. 5:** Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Fachrichtung und der Erhebungsmethode



**Abb. 19:** Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Fachrichtung und der Erhebungsmethode. Bewertungsskala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu).

Eine detaillierte Betrachtung der Einzelaspekte zeigt zum Teil signifikant positivere Beurteilungen der Radiologen im Gegensatz zu den Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen sowohl bei der Bewertung der CT als auch der DVT. Dies gilt für folgende Einzelaspekte (Tab. 6). Auf die Einzelaspekte, die nicht signifikant ausfielen, wird hier nicht weiter eingegangen.

*Frage 1: Knöchernen Strukturen (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 10,35 ( $p = 0,016$ ))*

Radiologen bewerteten die CT (Mw = 4,89; Sd = 0,32) und die DVT (Mw = 4,93; Sd = 0,26) signifikant positiver als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen (Mw = 4,67; Sd = 0,48 bzw. Mw = 4,64; Sd = 0,49). Die durchgeführten Post-Hoc-Tests fielen hier signifikant aus ( $p = 0,044$ , bzw.  $p = 0,013$ ).

*Frage 5: Periorbitales Weichgewebe (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 104,54 ( $p = 0,001$ ))*

Bezogen auf den Einzelaspekt zur Darstellung von periorbitalem Weichgewebe zeigten Radiologen verglichen mit den Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen signifikant positivere Bewertungen sowohl für die CT (Mw = 4,61; Sd = 0,50 vs. Mw = 3,44; Sd = 0,98) als auch die DVT (Mw = 3,80; Sd = 0,67 vs. Mw = 3,07; Sd = 1,03). Auch hier waren die Post-Hoc Tests signifikant (beide Effekte  $p = 0,001$ ).

Sowohl die CT als auch die DVT wurde von den Radiologen signifikant positiver beurteilt als von den Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen.

*Frage 6: Indirektes Repositionsergebnis (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 32,93 (p = 0,001)*

Radiologen bewerteten im Hinblick auf den Einzelaspekt indirektes Repositionsergebnis sowohl die CT als auch die DVT signifikant positiver als Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen. Für die CT ergeben sich Mittelwerte von  $Mw = 4,33$  ( $Sd = 0,54$ ) vs.  $Mw = 3,44$  ( $Sd = 0,98$ ) ( $p = 0,041$ ). Die DVT erhält von den Radiologen einen Mittelwert von  $Mw = 4,13$  ( $Sd = 0,92$ ) und von den Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgen einen:  $Mw = 3,2$  ( $Sd = 1,08$ ) ( $p = 0,001$ ).

*Frage 7: Eingebr. Ostoesynthesematerial (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 14,38 (p = 0,002)*

Bezüglich des Ostoesynthesematerials zeigte sich erstmals eine Umkehrung, hier bewerten Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen beide Methoden signifikant positiver als die Gruppe der Radiologen. Mittelwerte für die CT waren  $Mw = 5,00$  ( $Sd = 0$ ) und  $Mw = 3,06$  ( $Sd = 1,28$ ), für die DVT  $Mw = 4,00$  ( $Sd = 1,73$ ) und  $Mw = 2,77$  ( $Sd = 1,09$ ) für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen bzw. Radiologen.

*Frage 9: Bedienbarkeit (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 112,15 (p = 0,001)*

Wenn die Bedienbarkeit der beiden Methoden erfragt wurde, dann bewerteten die Radiologen beide signifikant besser als die MKG. Die CT schnitt hier sogar noch leicht besser ab als die DVT. Die CT erhielt hier mittlere Bewertungen von  $Mw = 4,94$  ( $Sd = 0,24$ ) vs.  $Mw = 4,22$  ( $Sd = 0,43$ ), die DVT sogar den optimalen Wert von  $Mw = 5,00$  ( $Sd = 0$ ) vs.  $Mw = 4,00$  ( $Sd = 0,85$ ).

Insgesamt lässt sich an dieser Stelle sagen, dass die Radiologen je nach Untersuchungssituation beide zu vergleichenden Untersuchungsverfahren besser als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen bewerteten. Absolut gesehen, sind diese Differenzen im Kleinen bis mittleren Effektstärkenbereich anzusiedeln und selten größer als ein Punkt auf der eingesetzten Likert-Skala.

Fokussiert auf die Unterschiede der Beurteilungen beider Methoden innerhalb einer Fachrichtung zeigt sich, dass die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen die DVT bezüglich zweier Fragestellungen signifikant positiver bewerteten als die CT: Dies gilt bei der Bewertung von alloplastischem- ( $Mw = 3,73$ ;  $Sd = 1,62$ ) vs.  $Mw = 3,00$ ;  $Sd = 1,97$ ;  $p = 0,038$ ), sowie von Ostoesynthesematerial ( $Mw = 5,00$ ;  $Sd = 0$  vs.  $Mw = 4,00$ ;  $Sd = 1,73$ ;  $p = 0,007$ ).

Radiologen bewerten hingegen die CT bezüglich zweier Einzelaspekte signifikant positiver als die DVT. Dies ist zum einen bei der Darstellung von periorbitalem Weichgewe-

be der Fall ( $Mw = 4,61$ ;  $Sd = 0,50$ ) vs.  $Mw = 3,80$ ;  $Sd = 0,68$ ;  $p = 0,001$ ) und zum anderen bei der Beurteilung von Strahlenartefakten ( $Mw = 4,75$ ;  $Sd = 0,45$ ) vs. ( $Mw = 4,23$ ;  $Sd = 0,40$ ;  $p = 0,001$ ).

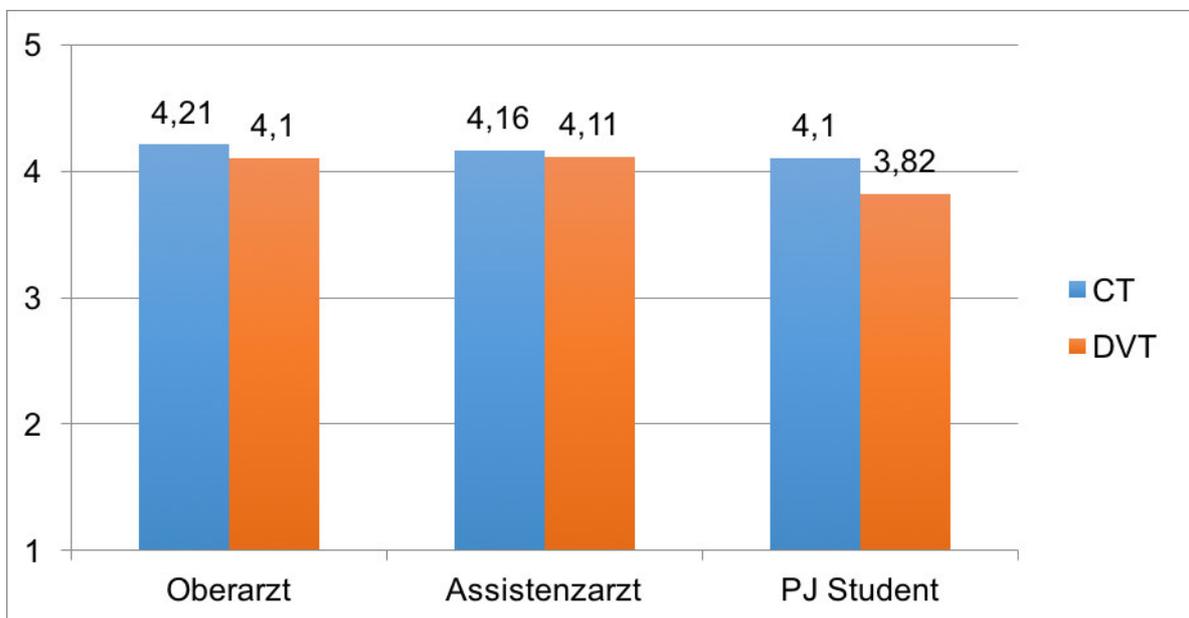
	Frage 1: Knöcherne Strukturen			Frage 2: Fraktur			Frage 3: Repositionsergebnis			Frage 4: Alloplastisches Material			Frage 5: Periorbitales WG		
Wald-Chi2 (5, N = 6)	10,35 (p< 0,016)			1,44 (p< 0,696)			2,84 (p< 0,417)			5,57 (p< 0,135)			104,54 (p< 0,001)		
	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.
MKG	4,67	4,64	0,787	4,39	4,33	0,638	4,06	4,07	0,955	3	3,73	<b>0,038</b>	3,44	3,07	0,108
Radiologie	4,89	4,93	0,387	4,44	4,13	0,253	4,39	4,2	0,352	3,47	3,08	0,363	4,61	3,8	<b>0,001</b>
Sig.	<b>0,044</b>	<b>0,013</b>		0,777	0,486		0,221	0,556		0,179	0,097		<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	
	Frage 6: Indirektes Repositionsergebnis			Frage 7: Eingebr. Osto- esyntesematerial			Frage 8: Strahlenartefakte			Frage 9: Bedienbarkeit					
Wald-Chi2 (5, N = 6)	32,93 (p< 0,001)			14,38 (p< 0,002)			24,19 (p< 0,001)			112,15 (p< 0,001)					
	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.			
MKG	3,44	3,2	0,586	4	5	<b>0,007</b>	4,75	4,67	0,484	4,22	4,00	0,182			
Radiologie	4,33	4,13	0,513	3,06	2,77	0,152	4,75	4,23	<b>0,004</b>	4,94	5	0,334			
Sig.	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>		<b>0,041</b>	<b>0,001</b>		0,977	0,152		<b>0,001</b>	<b>0,001</b>				

**Tab. 6:** Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode und der Fachrichtung

#### 4.4 Beurteilung der Einzelaspekte bezogen auf die unterschiedliche Qualifikation der Prüfpersonen

Des Weiteren erfolgte bei der Auswertung des FB I eine Beurteilung, bezogen auf die unterschiedliche Qualifikation der Prüfpersonen (Abb. 20).

Insgesamt gibt es kaum Unterschiede über die Gesamtmittelwerte, und Oberärzte zeigen nur geringfügig höhere Werte ( $Mw = 4,14$ ;  $Sd = 1,02$ ) als Assistenzärzte ( $Mw = 4,10$ ;  $Sd = 1,18$ ) oder PJ- Studenten ( $Mw = 3,94$ ;  $Sd = 1,11$ ) ( $Wald\text{-}Chi^2(2, N = 6) = 7,82$  ( $p = 0,166$ )). Mit Blick auf die Methoden kommen insgesamt (über alle neun Einzelaspekte hinweg) keine signifikanten Unterschiede innerhalb der Qualifikationsgruppen zusammen.



**Abb. 20:** Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Qualifikation und der Erhebungsmethode. Bewertungsskala von 1 (trifft nicht zu) bis 5 (trifft zu).

Im Detail zeigen sich aber in der Auswertung bezogen auf die Fachrichtung sich für die unterschiedliche Qualifikation der Prüfpersonen vereinzelt signifikante Unterschiede, wenn bestimmte Fragestellungen näher betrachtet werden (Tab. 7). Diese werden im Folgenden vorgestellt. Auch hier wird auf die nicht signifikanten Ergebnisse nicht weiter eingegangen.

*Frage 4: alloplastisches Material* ( $Wald\text{-}Ch^2(3, N = 6) = 8,83$  ( $p = 0,116$ ))

Bei der Bewertung der Darstellung von alloplastischem Material beurteilten die Assistenzärzte die CT signifikant positiver ( $Mw = 3,64$ ;  $Sd = 1,74$ ) gegenüber der DVT. ( $Mw = 3,29$ ;  $Sd = 1,38$ ), ( $p = 0,030$ ).

*Frage 5: Periorbitales Weichgewebe (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 132,88 (p = 0,001))*

Auch beim periorbitalen Weichgewebe zeigte sich, dass (ausschließlich) die Assistenzärzte die CT signifikant positiver beurteilten als die DVT (Mw = 3,75; Sd = 1,44 vs Mw = 2,90; Sd = 0,99) (p = 0,001).

*Frage 7: Eingebr. Ostoesynthesematerial (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 14,38 (p = 0,002))*

Hier gaben die Oberärzte der DVT (Mw = 3,34; Sd = 1,51) gegenüber der CT (Mw = 3,00; Sd = 1,69) eine signifikant positivere Bewertung (p = 0,001). Auf Ebene der PJ-Studenten kehrte sich dieser Effekt um: Diese empfanden die CT (Mw = 3,83; Sd = 0,98 vs. Mw = 2,80; Sd = 1,30) als signifikant positivere Methode zur Beurteilung des Ostoesynthesematerials (p = 0,027).

*Frage 9: Bedienbarkeit (Wald- $\chi^2$  (3, N = 6) = 104,96 (p = 0,002))*

Bei der Bedienbarkeit bewerteten die Oberärzte und die PJ-Studenten die CT signifikant positiver als die DVT (beide Effekte bei p = 0,001). Erstere vergaben Mittelwerte von Mw = 4,83 (Sd = 0,39) vs. Mw = 4,50 (Sd = 0,52), letztere von Mw = 4,50 (Sd = 0,52) bzw. Mw = 4 (Sd = 1,05). Assistenzärzte zeigten eine signifikant positivere Bewertung der DVT gegenüber der CT (Mw = 5,00; Sd = 0 vs. Mw = 4,42; Sd = 0,52) wenn nach der Bedienbarkeit gefragt wurde (p = 0,001).

Insgesamt zeigt sich, dass die jeweiligen Qualifikationsstufen nur vereinzelt bei bestimmten Materialien (Frage 3,5,7) unterschiedliche Bewertungen zwischen der CT und der DVT erklären können. Bei der Bedienung zeigten sich konsistente Unterschiede bei Oberärzten und PJ-Studenten, welche die CT positiver bewerteten als die DVT. Assistenzärzte bewerteten die DVT besser.

Wald-Chi2 (5, N = 6)	Frage 1: Knöcherner Strukturen			Frage 2: Fraktur			Frage 3: Repositionsergebnis			Frage 4: Alloplastisches Material			Frage 5: Periorbitales WG		
	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.
	4,65 (p< 0,046)			3,43 (p< 0,635)			0,558 (p< 0,990)			8,83 (p< 0,116)			132,88 (p< 0,001)		
A) Oberarzt	4,83	4,7	0,445	4,33	4	0,273	4,17	4,1	0,84	3,1	3,63	0,276	4,58	4,2	0,075
B) Assistenzarzt	4,67	4,8	0,205	4,42	4,5	0,771	4,25	4,2	0,902	3,64	3,29	<b>0,030</b>	3,75	2,9	<b>0,001</b>
C) Arzt im PJ	4,83	4,9	0,433	4,5	4,2	0,377	4,25	4,1	0,55	3	3,22	0,961	3,75	3,2	0,106
Sig.															<b>AB</b> <b>AC</b>
Wald-Chi2 (5, N = 6)	Frage 6: Indirektes Repositionsergebnis			Frage 7: Eingebr. Ostoesynthesematerial			Frage 8: Strahlenartefakte			Frage 9: Bedienbarkeit					
	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.	CT	DVT	Sig.			
	4,31 (p< 0,506)			42,26 (p< 0,001)			23,48 (p< 0,001)			104,96 (p< 0,001)					
A) Oberarzt	3,92	3,7	0,657	3	3,43	<b>0,001</b>	4,75	4,43	0,055	4,83	4,5	<b>0,001</b>			
B) Assistenzarzt	4	3,9	0,948	3,14	3,6	0,148	4,8	4,43	0,051	4,42	5	<b>0,001</b>			
C) Arzt im PJ	3,75	3,4	0,389	3,83	2,8	<b>0,027</b>	4,67	4,2	0,052	4,5	4	<b>0,001</b>			
Sig.										<b>AB</b>	<b>BC</b>				

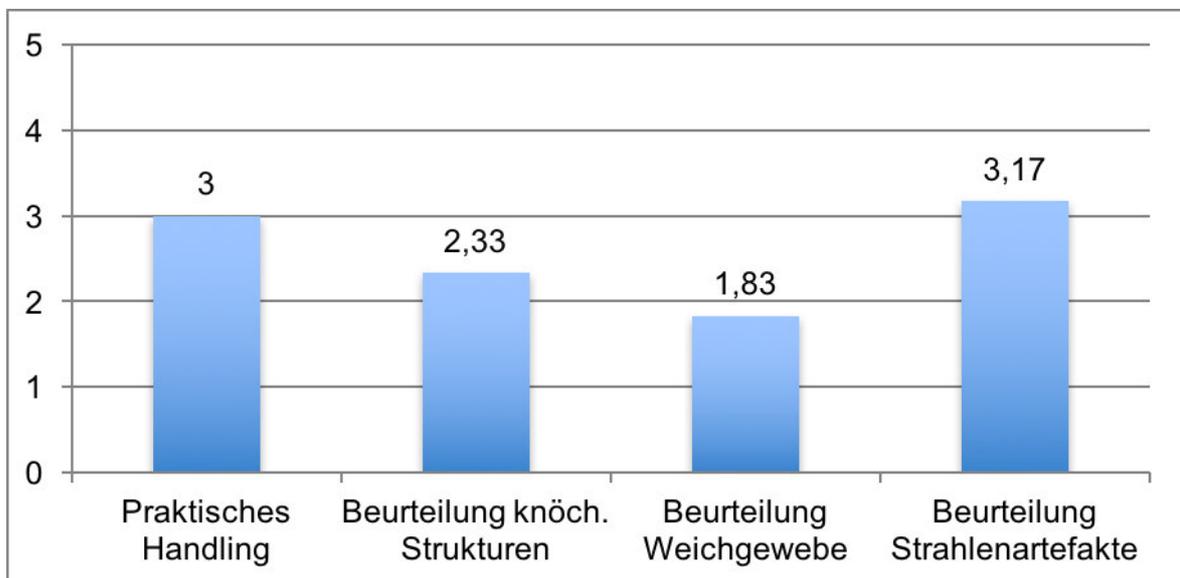
**Tab. 7:** Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode und der Qualifikation (Signifikanzen ( $p < 0,05$ ) für Qualifikation im Fettdruck ausgegeben. Diese berechnen sich aus den Gruppenunterschieden zw. A) Oberarzt, B) Assistenzarzt, C) PJ-Student. Z.B.: AB = Oberärzte zeigen signifikant höheren / niedrigeren Wert als Assistenzärzte)

## 4.5 Die Gesamtbewertung der Methoden

### Fragebogen II

Abschließend wurde in einem zweiten Fragebogen mit vier Einzelaspekten eine Einschätzung zur Gesamtbetrachtung der Bildgebung beurteilt. Hierbei wurden die Methoden direkt in jeder Aussage miteinander auf den Ebenen „praktisches Handling“, „Beurteilung knöcherner Strukturen“, „Beurteilung des Weichgewebes“ und „Beurteilung Strahlenartefakte“ verglichen. Die 5er Skala reicht hier von 1 = „Die DVT ist hier schlechter als die CT“, über 3 = „Beide Methoden sind gleich gut“, bis 5 = „Die DVT ist hier besser als die CT“.

Die Einzelaspekte zum praktischen Handling des Verfahrens sowie die Beurteilung der knöchernen Strukturen, des Weichgewebes und der Strahlenartefakte zeigten, dass die DVT nur bei der Beurteilung der Strahlenartefakte besser, aber nicht signifikant besser abschneidet ( $Mw = 3,17$ ,  $Sd = 0,75$ ) als die CT. Die Beurteilung der knöchernen Strukturen und des Weichgewebes fällt nicht signifikant zugunsten der CT aus ( $Mw = 2,33$ ,  $Sd = 0,86$ ; bzw.  $Mw = 1,83$ ,  $Sd = 1,17$ ). Beim praktischen Handling sind sich die Bewertenden einig, sodass beide Geräte im Schnitt exakt gleich gut abschneiden ( $Mw = 3,00$ ;  $Sd = 1,27$ ) (Abb. 21).



**Abb. 21:** Gesamtbewertung der Methoden. Skala 1 bis 5: (1= DVT schlechter als CT, 3 = Beide Methoden gleich gut, 5 = DVT besser als CT)

## 5 Diskussion

### 5.1 Stand der Wissenschaft

Gegenwärtig wird die CT zum Goldstandard bei Traumata im Kopf/ Hals Bereich gezählt [1-6]. Eine exzellente Knochen-, als auch Weichgewebstdarstellung sorgt dafür, dass die CT, trotz hoher Strahlenbelastung in vielen Bereichen routinemäßig in der dreidimensionalen, radiologischen Bildgebung zum Einsatz kommt [6, 72, 73].

Die DVT hat aufgrund einer vermeintlich geringeren Strahlenexposition bei gleichem Volumen [7, 74-76] und guter Bildqualität stetig eine erweiterte Indikationsstellung erlangt und wird inzwischen nicht mehr nur im dentoalveolären Bereich, sondern auch zur Diagnostik von Frakturen des Gesichtsschädels verwendet [8, 66]. Darüber hinaus kann bei der DVT, genauso wie bei neueren CT Geräten, das FOV individuell eingestellt werden. Wird das FOV nur auf einen kleinen Bereich, beispielsweise auf den dentoalveolären Bereich eingestellt, erreicht man eine deutlich bessere Ortsauflösung und damit eine hohe Detailerkennbarkeit [77].

Die Vorteile der DVT werden aber nicht nur in der geringeren Strahlenbelastung gesehen. Auch die Darstellung von Hochkontraststrukturen, wie Knochen und Zähne werden als fehlerfrei beschrieben [2]. Fokussiert auf die Weichgewebstdarstellung schneidet die DVT laut Tsao et al. im Gegensatz zur CT nicht so gut ab. Es wird von einer geringeren Weichgewebstdarstellung in der DVT gesprochen [78].

In Bezug auf Strahlenartefakte ist die DVT in der Literatur häufig als die Methode beschrieben, die weniger Strahlenartefakte, auch in unmittelbarer Nähe zu metallischen Restaurationen aufweist, als die CT [2, 79, 80].

Eingebrachtes, metallisches Fremdmaterial wird sowohl in der CT, als auch in der DVT als gleichwertig gut darstellbar bezeichnet. Darüber hinaus wird die DVT, in Bezug auf die postoperative Evaluation von Orbitabodenfrakturen bereits als gleichwertig gegenüber der CT beschrieben [78, 81]. Laut Schulze et al. können mit den heute verfügbaren DVT-Geräten Hochkontraststrukturen, wie zum Beispiel Zähne, bei geringerer Strahlenexposition gleich gut wie in der CT bewertet werden [82].

In der Bildgebung des Gesichtsschädels wird die DVT inzwischen häufig zur Beurteilung von Frakturen des Gesichtsschädels oder der Nasennebenhöhlen angewendet. In

der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie findet die DVT dennoch ihr breitestes Anwendungsspektrum, insbesondere im Bereich der dentoalveolären Chirurgie [83-85].

Fraglich ist daher, ob die DVT gegenüber der CT eine valide Alternative oder sogar eine Verbesserung in der Beurteilung von Traumata im Kopf/ Hals Bereich, wie zum Beispiel bei postoperativen Orbitabodenfrakturen darstellt.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

In der vorliegenden Studie wurden durch 6 unabhängige Prüfpersonen (2 Prüfgruppen à 3 Prüfpersonen) zwei Fragebögen beurteilt. Dabei besteht die eine Prüfgruppe aus Medizern der Klinik Radiologie und die andere Gruppe aus Medizern der Klinik Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Der Fragebogen I beinhaltet neun Einzelaspekte zur Beurteilung einzelner Strukturen der DVT im Vergleich zur CT, wohingegen Fragebogen II eine Einschätzung zur Gesamtbetrachtung der Bildgebung beinhaltet.

Allgemein betrachtet gibt es zwischen den einzelnen DVT- und CT-Geräten eine große Bandbreite hinsichtlich der Bildqualität, sodass die Vergleichbarkeit nicht objektivierbar ist. Deshalb findet in der vorliegenden Arbeit ein Vergleich der ortsgegebenen Technik statt.

### **5.2.1 Fragebogen I**

#### **Bewertung insgesamt**

Nach Auswertung des Fragebogens I zeigte sich in Addition aller Einzelaspekte eine signifikant positive Tendenz der Befragten hin zur CT.

Wurden die 9 Einzelaspekte getrennt voneinander betrachtet und ausgewertet, wurde die CT insgesamt als das bessere röntgenologische Verfahren bewertet. Es zeigte sich allerdings nur in drei von neun Einzelaspekten eine Signifikanz, wohingegen sich in den sechs anderen Einzelaspekten keine Signifikanzen zeigte.

Der erste der 3 signifikanten Einzelaspekte befasst sich mit der Beurteilung bei der primären Orbitabodenfraktur. Hierbei wurde die CT von allen Prüfpersonen als signifikant besser beurteilt.

Choudhary et al. bezeichnen die Darstellung, sowohl von knöchernen Strukturen, als auch von Weichgewebe in der CT als hervorragend [86]. Dementsprechend spiegelt

das vorliegende Ergebnis hinsichtlich des ersten Einzelaspektes den derzeit vorherrschenden wissenschaftlichen Konsens wider.

Der zweite der drei signifikanten Einzelaspekte befasst sich mit der Beurteilung von periorbitalem Weichgewebe. Auch dieser Betrachtungspunkt wurde von allen Prüfpersonen signifikant positiv hin zur CT bewertet.

Da die CT eine deutlich höhere Strahlung und somit einen automatisch höheren Kontrast als die DVT aufweist, ist die Darstellbarkeit von Weichgewebe in der CT besser. Der geringe Kontrast in der DVT ist laut Drage et al. das Produkt der geringeren Strahlung, was eine Differenzierung von Fettgewebe, Blut und Muskulatur in der DVT erschwert [44]. Dementsprechend schlagen Tsao et al. vor, bei Patienten die präoperativ Blick einschränkungen haben keine DVT Aufnahme anzufertigen, sondern eine CT Aufnahme, da in diesem Fall muskuläres Weichgewebe besser beurteilt werden kann [78].

Der letzte der drei signifikanten Einzelaspekte befasst sich mit der Beurteilung von möglicherweise auftretenden Strahlenartefakten, im Hinblick auf eingebrachtes Titan-Mesh®. Alle Prüfpersonen bewerteten auch hier die CT als signifikant positiver als die DVT. Dies bedeutet, dass eingebrachtes Titan-Mesh® in der CT besser dargestellt wird als in der DVT, da weniger Strahlenartefakte auftreten.

Zu diesem Einzelaspekt gibt es keinen vorherrschenden Konsens in der Literatur.

Während Nakata et al. ebenfalls feststellten, dass besonders häufig Metallartefakte in der DVT auftreten und so eine Diagnostik erschwert oder gar verhindert werden kann [87], bezeichnen Holberg et al. die DVT als die dreidimensionale Bildgebung, die deutlich ärmer an Artefakten ist [1]. Dementsprechend stellten auch Flinzberg et al. in ihrer Studie fest, dass sich die DVT für Hochkontraststrukturen, auch in unmittelbarer Nähe zu Metallfremdkörpern eignet [2]. Wiederrum gegensätzlich dazu, treten laut Boas et al. Strahlenartefakte in der CT auf, wenn metallische Restaurationen in der Nähe des aufzunehmenden Bereiches liegen, hierbei handelt es sich häufig um zahnärztliche Füllungen, Wundklammern, Spulen und Drähte [88].

Schulze et al. verfolgen einen anderen Ansatz und erklären die grundsätzliche Bildung von Strahlenartefakten mit den physikalischen Grundlagen auf der sowohl die CT als auch die DVT basieren. Artefakte entstehen immer durch Diskrepanzen zwischen der mathematischen Modellierung und dem aktuellen physikalischen Abbildungsprozess des einzelnen Gerätes. Da die CT und die DVT der gleichen Grundlagentechnik, der

sogenannten Rückprojektion unterliegen, kann laut Schulze et al. und Draenert et al. nicht davon gesprochen werden, dass in dem einen dreidimensionalen Aufnahmeverfahren mehr und in dem anderen weniger Strahlenartefakte auftreten [68, 89].

Mittlerweile muss beachtet werden, dass es viele verschiedene DVT Typen gibt, die jeweils andere Einstellungsmodi besitzen. Verringert man beispielsweise die mA-Stärke, wird die Röntgenstrahlung weicher und kontrastärmer, Artefakte können so leichter entstehen.

Ferner kann es durch unbewusste Kopfbewegungen des Patienten oder durch eine falsche Patientenpositionierung zu Artefakten kommen [90]. Spin-Neto et al. testeten den Einfluss von Kopfbewegungen auf die Bildqualität der DVT und stellten fest, dass alle getesteten Kopfbewegungen in Artefakten resultierten [91]. Nardi et al. untersuchten ebenfalls das Auftreten von unbewussten Bewegungen in Bezug auf das Auftreten von Artefakten in der CT und DVT. Sie stellten fest, dass Bewegungsartefakte eher bei jünger als 10-jährigen und älter als 60-jährigen Patienten ausgelöst wurden, da diese Patientengruppen teilweise durch natürliche Unruhe oder altersbedingten Tremor unbewusste Bewegungen auslösten [92]. In der vorliegenden Arbeit kann nicht davon ausgegangen werden, dass die auftretenden Artefakte durch Patienten dieser Altersgruppe hervorgerufen wurden, denn das Patientenalter lag  $>18$  und  $<60$ . Es kann aber davon ausgegangen werden, dass das vorliegende Ergebnis im Zusammenhang mit der Patientenpositionierung in der DVT und der CT steht. Da der zu untersuchende Patient in der CT liegt und in der DVT sitzt, ist ein Bewegungsartefakt in der DVT wahrscheinlicher als in der CT.

Einen ganz anderen Ansatz verfolgen de Kinkelder et al. in ihrer Studie. Sie untersuchten ihre Probanden auf durch den Herzschlag induzierte unbewusste Bewegungen des Kopfes während einer DVT Aufnahme. Trotz der Abstützung des Kopfes auf einer Kinnstütze während der Aufnahme wurde festgestellt, dass durch den Herzschlag, ca. einmal pro Sekunde, eine Kopfbewegung erfolgt. Diese nicht vermeidbaren Bewegungen können schon zu einer Reduktion der Ortsauflösung und zu einer Bewegungsunschärfe führen [93, 94].

In den sechs weiteren Einzelaspekten zeigten sich keine Signifikanzen in der Beurteilung.

Diesbezüglich wurde die DVT in den Einzelaspekten knöchernen Strukturen, Repositionsergebnis, eingebrachtes alloplastisches Material, indirektes Repositionsergebnis, eingebrachtes Osteosynthesematerial und im Hinblick auf die Bedienbarkeit der jeweiligen Betrachtungssoftware der CT als gleichwertig angesehen.

### **Bewertung bezogen auf das eingebrachte Material**

In einem weiteren Schritt wurde anhand des Fragebogens I untersucht, welches eingebrachte Fremdmaterial sich besser in der CT oder DVT, auch im Hinblick auf mögliche auftretende Strahlenartefakte darstellen ließ. Hierbei handelte es sich um eine PDS-Folie® und um ein eingebrachtes Titan-Mesh®. Beide Punkte zeigten keine Signifikanzen in der Auswertung.

Titan-Mesh® ist laut Mustafa et al. das renommierteste Material zur Rekonstruktion von Orbitabodenfrakturen weltweit [95]. Es wird in der Regel bei größeren Defekten verwendet, um Form und Funktion der anatomischen Strukturen zu rekonstruieren [39]. Auch die PDS-Folie® gehört zu den alloplastischen Materialien, um den Orbitaboden anatomisch korrekt wiederherzustellen. Allerdings gehört sie zu den resorbierbaren Materialien im Gegensatz zum Titan-Mesh®, welches im Körper verbleibt. Die PDS-Folie® wird vor allem bei Defekten des Orbitabodens eingesetzt, welche medial und lateral eine anatomische Auflagefläche bieten. Sie kann einfach und schnell auf die passende Größe des Defekts zugeschnitten werden [96]. Ein Vorteil ist die Resorption des Körpers, wodurch es keines zweiten operativen Eingriffs bedarf [97] [98] [99]. Allerdings stellt Kontio et al. in seiner Studie die PDS-Folie® als unzureichend zur Orbitarekonstruktion dar, da in der Einheilphase eine nicht zu unterschätzende Entzündungsreaktion hervorgerufen werden kann und die PDS-Folie® nach zwei Monaten seine ursprüngliche Form verliert [100].

Die bessere Beurteilung der PDS-Folie® in der DVT kann durch eine bessere Feinauflösung, eine bessere Voreinstellung für diese Strukturen oder durch eine bessere Detailzeichnung in der DVT bedingt sein. Außerdem kann auch die Rolle der jeweiligen Betrachtungssoftware eine Rolle bei der Beurteilung von Strukturen darstellen.

In Bezug auf die Darstellung von möglichen auftretenden Strahlenartefakten bei eingebrachtem Titan-Mesh® wurde die CT von allen Prüfpersonen als die signifikant bessere dreidimensionale Bildgebung bewertet.

In der DVT treten laut den Prüfpersonen mehr Strahlenartefakte auf, was eine eingeschränkte Beurteilbarkeit des eingebrachten Materials nach sich zieht.

### **Bewertung bezogen auf die Fachrichtung der Prüfpersonen**

In der vorliegenden Studie wurde anhand des Fragebogens I ermittelt, ob sich ein Effekt auf die Fachrichtung der Prüfpersonen zeigt. Die Prüfgruppe unterteilt sich in die Fachrichtung Radiologie und Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.

Insgesamt zeigte sich bezogen auf die Fachrichtung der Prüfpersonen eine positive Signifikanz in Richtung der Radiologen. Sie bewerteten auf alle Einzelfragen bezogen sowohl die CT, als auch die DVT insgesamt positiver als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen. Dies kann damit in Zusammenhang stehen, dass die Radiologen vorrangig mit der Beurteilung einer Bildgebung tätig sind. Sie sind radiologischen Bildern insgesamt positiver zugewandt, als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen, die hauptsächlich im operativen Bereich tätig sind. Man kann davon ausgehen, dass der Wunsch des Untersuchers nach einer neuen Technik eine hohe subjektive Beurteilung birgt und gleichzeitig der Interpretationsspielraum sehr hoch ist. Dies zeigt auch die teils diametral unterschiedliche Bewertung der DVT und der CT in der vorliegenden Studie. Es wurde versucht, dem Effekt der Subjektivität dadurch entgegenzusteuern in dem verschiedene Fachrichtungen (Radiologen/ MKG) zur Beantwortung der Fragebögen herangezogen wurden. Wäre nur eine homogene Gruppe gewählt worden, so wäre sicher ein Effekt verstärkt in die eine Richtung gegangen. Darüber hinaus besteht oft das Bedürfnis, dass vor Ort verwendete Verfahren als das Bessere zu bewerten.

Fokussiert auf die einzelnen Bewertungsaspekte beurteilten die Radiologen sowohl die CT als auch die DVT nicht signifikant positiver, als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen.

Bezogen auf den Einzelaspekt „Darstellung von knöchernen Strukturen“ zeigte sich eine Signifikanz zugunsten der Radiologen. Sie beurteilten sowohl die CT als auch die DVT im Hinblick auf die Darstellbarkeit von knöchernen Strukturen signifikant besser als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen.

Laut Tsao et al. ist die DVT der CT bei der Darstellung von Hartgewebe allerdings als gleichwertig anzusehen [95].

Hier kann ebenfalls der geringere Kontrast in der DVT eine Rolle spielen. Gleichzeitig ist eine bessere Bewertung der CT durch die Radiologen wieder damit erklärbar, dass die Radiologen üblicherweise die Diagnostik an CT-Aufnahmen durchführen.

Darüber hinaus zeigte sich auch in den Einzelaspekten „Darstellung von periorbitalem Weichgewebe“, „Darstellung des indirekten Repositionsergebnisses“ und „Bedienbarkeit der Softwareprogramme“ eine Signifikanz zugunsten der Radiologen. Sie bewerteten sowohl die CT als auch die DVT im Hinblick auf die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe, des indirekten Repositionsergebnisses und die Bedienbarkeit der Softwareprogramme signifikant positiver als die Mund- Kiefer und Gesichtschirurgen.

Dagegen erfolgte bezogen auf den Einzelaspekt „Darstellung von eingebrachtem Osteosynthesematerial“ eine Umkehrung.

Hier bewerteten die Mund- Kiefer und Gesichtschirurgen sowohl die CT als auch die DVT im Hinblick auf eingebrachtes Osteosynthesematerial signifikant besser als die Radiologen.

### **Bewertung bezogen auf die Unterschiede innerhalb einer Fachrichtung**

Im Hinblick auf die Unterschiede der Beurteilungen beider Methoden innerhalb einer Fachrichtung zeigte sich, dass die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen die DVT bezüglich zweier Einzelaspekte signifikant besser als die CT bewerteten.

Es handelt sich bei diesen beiden Einzelaspekten um die „Darstellung von eingebrachtem alloplastischem Material“ und die „Darstellung von eingebrachtem Osteosynthesematerial“.

Dass in der vorliegenden Arbeit die DVT im Hinblick auf die Darstellung der PDS-Folie® signifikant positiver ausfällt, kann darin begründet sein, dass die Darstellungsqualität des DVT Computerprogrammes eine bessere oder schärfere Darstellung bietet, als das CT Computerprogramm, sodass eine PDS-Folie vom Betrachter besser oder deutlicher erkennbar ist.

In der Literatur gibt es bisher noch keine Quellen zur Bewertung von alloplastischem Material in der DVT. In einer gezielten Evaluation mit größerer Fallzahl könnte in der Zukunft die Beurteilung der Darstellbarkeit (sowohl qualitativ, als auch quantitativ) untersucht werden.

Die Prüfgruppe der Radiologen beurteilte dagegen die CT in zwei Einzelbewertungspunkten signifikant besser als die DVT. Sie bewerteten die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe und die einwandfreie Darstellung von Osteosynthesematerial bei möglichen Strahlenartefakten als signifikant.

Auch Tsao et al. beurteilt in seiner Studie die Darstellbarkeit von Weichgewebe in der CT deutlich besser als in der DVT. Er stellt fest, dass es schwierig ist, die äußere Augenmuskulatur vom umgebenden retrobulbären Fettkörper zu unterscheiden. Darüber hinaus gilt das Gleiche für die Beziehung zwischen der äußeren Augenmuskulatur und dem eingebrachten Transplantat [78]. Hier kommt auch wieder die Aussage von Drage et al. zum Tragen, der feststellt, dass durch die verminderte Strahlenintensität in der DVT die Kontrastfähigkeit des Bildmaterials sinkt und Fettgewebe, Muskulatur und Blut nicht so gut darstellbar sind, wie in der CT [44].

Die bessere Darstellung von eingebrachtem Osteosynthesematerial kann damit allerdings nicht in Zusammenhang stehen. Bezogen auf mögliche, auftretende Strahlenartefakte wird die CT im Zusammenhang mit eingebrachtem Osteosynthesematerial von der Prüfgruppe der Radiologen als das signifikant positivere Medium bewertet.

Dass die Prüfgruppe der Radiologen die CT im Hinblick auf Strahlenartefakte als besser bezeichnet, deutet darauf hin, dass das FOV in der DVT möglicherweise größer eingestellt wurde und dadurch eine kontrastärmere Darstellung folgte. Strahlenartefakte treten dann häufiger auf.

Laut Kyriakou et al. bietet die DVT häufig unterschiedliche Aufnahmeparameter, die nicht immer frei wählbar sind, so sind zum Beispiel die Spannung und auch die Einstellung des Röhrenstrom-Zeit-Produktes (mAs) häufig nicht vom Behandler einzustellen. Ein Vergleich der CT und der DVT, auch im Hinblick auf Artefakte ist seiner Meinung nach gar nicht korrekt möglich, da beide Geräte unterschiedliche Voreinstellung mit sich bringen, die zum Teil nicht veränderbar sind [101].

Das Grundproblem allerdings ist die häufig fehlende Kalibrierung der DVT-Bilder nach dem CT-Standard in Hounsfield Einheiten. Das bedeutet, dass es keine exakte Zuordnung einer Hounsfield Einheit zu jedem Grauwert des entstandenen Bildes gibt. DVT-Aufnahmen lassen dementsprechend keine Dichtemessungen zu [63, 101].

In der vorliegenden Studie wurden die DVT-Aufnahmen mit den Standardeinstellungen, genauso wie die CT-Aufnahmen vorgenommen.

### **Bewertung bezogen auf die Qualifikation der Prüfpersonen**

Bezogen auf den Effekt der differierenden Qualifikation der Prüfgruppe unterschied sich die berufliche Erfahrung über die Gesamtmittelwerte kaum. Insgesamt bewerteten die Oberärzte, auf alle Einzelaspekte bezogen nicht signifikant positiver als die PJ- Studenten.

Auf die jeweiligen Einzelaspekte bezogen ergab sich eine Beurteilung, bei der das eingebrachte alloplastische Material und die Darstellbarkeit von periorbitalem Weichgewebe von den Assistenzärzten in der CT als signifikant besser betrachtet wurde als in der DVT.

Die Darstellbarkeit von eingebrachtem Osteosynthesematerial wurde von den Oberärzten in der DVT besser beurteilt als in der CT. PJ-Studenten dagegen bewerteten die Darstellbarkeit von eingebrachtem Osteosynthesematerial in der CT positiver als in der DVT.

Dieses Ergebnis lässt sich darauf zurückführen, dass die Studenten mutmaßlich im PJ in der Ausbildung eher den Umgang mit dem Computertomographen, statt des digitalen Volumentomographen lernen. In Lehrbüchern der Radiologie finden sich kaum ausführliche Kapitel zur DVT im Gegensatz zur CT. Da die CT nach wie vor zum Goldstandard zählt, wird im Studium der Medizin die DVT häufig nicht so ausführlich wie die CT gelehrt. In jeder radiologischen Abteilung gehört die CT zur Standardausrüstung, während die DVT seltener anzutreffen ist und somit nicht die gleiche Popularität wie die CT erfährt.

Im Hinblick auf die Bedienbarkeit beider dreidimensionaler, bildgebender Verfahren bewerteten sowohl die Oberärzte als auch die PJ-Studenten die CT zwar besser, aber nicht signifikant besser. Die Assistenzärzte dagegen bewerteten die Bedienbarkeit in der DVT besser, aber nicht signifikant besser.

Dies hängt mit der persönlichen Präferenz der Beurteiler zusammen. Beide Programme sind ähnlich aufgebaut, das Programm der DVT zeigt lediglich eine Übersicht aller Knochenfenster im Gegensatz zum Programm der CT.

### **5.2.2 Fragebogen II**

Fragebogen II, der auf eine Einschätzung der Gesamtbetrachtung der Bildgebung abzielt, zeigte keine Signifikanzen. Trotzdem wurde die DVT hinsichtlich möglicher Strah-

lenartefakte als das bildgebende Verfahren beurteilt, was Artefakte stärker abbildet als die CT. Wie bereits weiter oben diskutiert wird, wird dieser Punkt in der Literatur sehr kontrovers betrachtet.

Die knöchernen Strukturen und die Darstellung des Weichgewebes wurden in der CT besser bewertet.

Lediglich bei der Bedienung und dem praktischen Handling der Betrachtungssoftware der CT und der DVT waren sich die Prüfpersonen einig, sodass beide Verfahren hier exakt gleich gut abschnitten.

Allgemein gibt es zwischen den einzelnen Geräten eine große Bandbreite hinsichtlich der Bildqualität, sodass die Vergleichbarkeit nicht objektivierbar ist.

In der vorliegenden Studie findet ein Vergleich der ortsgegebenen Technik statt.

Hier sollten weitere, spezifischere Studien folgen, welche die Uneinigkeiten klären können.

## 6 Zusammenfassung

In der Traumatologie gehört die CT-Diagnostik bei Gesichtsschädelfrakturen aufgrund der komplexen knöchernen Strukturen zum Goldstandard.

Die DVT ist ein weiteres, dreidimensionales, bildgebendes, wenngleich vermeintlich strahlungsärmeres Verfahren, welches ursprünglich in der dentoalveolären Bildgebung zur Anwendung kam. Durch die Entwicklung großvolumiger digitaler Volumentomographen konnte die Indikation zur klinischen Anwendung erweitert werden und ermöglicht heutzutage ebenfalls die Darstellung von Frakturen im Gesichtsbereich.

In dieser Arbeit sollte die postoperative Bildgebung von Orbitabodenfrakturen hinsichtlich der Darstellung von anatomischen Strukturen und möglicher alloplastischer Implantate in der DVT gegenüber der CT beurteilt werden.

Nach Genehmigung dieser Studie durch die Ethikkommission vom 29.07.2013 wurden 12 von insgesamt 289 Patienten mit Orbitabodenfrakturen in die Studie eingeschlossen.

Von diesen 12 Patienten mit operativ versorgten Orbitabodenfrakturen wurde bei 6 der Patienten postoperativ eine DVT und bei den anderen 6 Patienten eine postoperative CT erstellt. Zur Homogenisierung erfolgte die Auswahl des Patientenguts hinsichtlich des Frakturmusters und nach Art des Versorgungsmusters mittels der matched-pairs-Analyse.

Die Beurteilung erfolgte durch 6 unabhängige Prüfpersonen anhand von Fragebögen. Die Prüfgruppe unterteilte sich nach klinischen Disziplinen (Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen/ Radiologen).

Innerhalb dieser beiden Gruppen gab es eine Graduierung hinsichtlich der beruflichen Erfahrung (Oberärzte/ Assistenzärzte/ PJ-Studierende).

Von 289 Patienten mit operativ versorgter Orbitabodenfraktur erhielten 271 Patienten ein postoperatives DVT und 18 Patienten ein postoperatives CT.

Bei 128 Patienten lag eine isolierte Fraktur vor und bei 161 Patienten zusätzlich eine Beteiligung anderer knöcherner Strukturen im Mittelgesicht.

Zur Beurteilung wurden in jede Gruppe die Patienten aufgenommen, die operativ knöchern reponiert, mit der Einlage einer PDS-Folie®/ Ethisorb-Patch® oder mit einem Titan-Mesh® versorgt wurden.

Bei der Beurteilung aller Einzelaspekte konnte eine Signifikanz in Bezug auf die CT festgestellt werden.

Außerdem wurde bei der Beurteilung des Bewertungsverhaltens der Prüfpersonen anhand der verschiedenen Einzelaspekte festgestellt, dass sowohl die Darstellbarkeit der Fraktur, die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe und die Beurteilung von eingebrachtem Osteosynthesematerial in Bezug auf Strahlenartefakte signifikant besser in der CT bewertet wurden.

In Bezug auf die Fachrichtung der Prüfpersonen ergab sich eine Signifikanz hinsichtlich der positiveren Bewertung durch die Radiologen. Sie bewerteten sowohl die CT als auch die DVT signifikant positiver als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen. Sie beurteilten die Darstellung der knöchernen Strukturen, die Darstellbarkeit von periorbitalem Weichgewebe und auch die Bedienbarkeit beider Computerprogramme signifikant positiver als die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen.

Fokussiert auf die Unterschiede der Beurteilungen bei den Methoden innerhalb einer Fachrichtung zeigte sich, dass die Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen die DVT in zwei Einzelaspekten signifikant positiver einschätzten als die CT. Dies gilt für die Darstellung von alloplastischem Material und die Darstellung von eingebrachtem Osteosynthesematerial.

Die CT wurde von der Prüfgruppe der Radiologen signifikant besser beurteilt als die DVT. Dabei handelte es sich um die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe und die Beurteilung von eingebrachtem Osteosynthesematerial bei möglichen Strahlenartefakten.

Im weiteren Verlauf zeigte sich, dass die berufliche Qualifikation der Prüfpersonen zu weiteren Signifikanzen führte. So bewerteten die Assistenzärzte das eingebrachte alloplastische Material und die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe in der CT signifikant positiver als in der DVT. Dagegen beurteilten die Oberärzte die Darstellung von eingebrachtem Osteosynthesematerial in der DVT signifikant positiver als in der CT.

Zusammenfassend lässt sich unter Berücksichtigung der kleinen Patientenzahl feststellen, dass die CT in der Einzelbeurteilung der Darstellbarkeit spezifischer Strukturen signifikant positiver beurteilt wurde als die DVT.

Hingegen zeigte sich bei der Beurteilung im Vergleich der bildgebenden Verfahren (DVT vs. CT) kein signifikanter Unterschied, sodass die DVT der CT, bezogen auf den klinischen Alltag, als nahezu gleichwertig eingestuft werden kann.

## Literatur

1. Holberg C, Steinhauser S, Geis P, Rudzki-Janson I. Cone-beam computed tomography in orthodontics: benefits and limitations. *J Orofac Orthop* 2005;66:434-44.
2. Flinzberg S, Schmelzle R, Schulze D, Rother U, Heiland M. [3-dimensional imaging possibilities of the mid-face area using digital volume tomography based on a daver study of angle stable osteosynthesis]. *Mund Kiefer Gesichtschir* 2003;7:289-93.
3. Schulze D, Heiland M, Thurmann H, Adam G. Radiation exposure during midfacial imaging using 4- and 16-slice computed tomography, cone beam computed tomography systems and conventional radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:83-6.
4. Heiland M, Schulze D, Rother U, Schmelzle R. Postoperative imaging of zygomaticomaxillary complex fractures using digital volume tomography. *J Oral Maxillofac Surg* 2004;62:1387-91.
5. Manson PN, Markowitz B, Mirvis S, Dunham M, Yaremchuk M. Toward CT-based facial fracture treatment. *Plast Reconstr Surg* 1990;85:202-12; discussion 13-4.
6. Schmutz B, Rahmel B, McNamara Z, Coulthard A, Schuetz M, Lynham A. Magnetic resonance imaging: an accurate, radiation-free, alternative to computed tomography for the primary imaging and three-dimensional reconstruction of the bony orbit. *J Oral Maxillofac Surg* 2014;72:611-8.
7. Halazonetis DJ. From 2-dimensional cephalograms to 3-dimensional computed tomography scans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2005;127:627-37.
8. Casselman JW, Gieraerts K, Volders D, Delanote J, Mermuys K, De Foer B, Swennen G. Cone beam CT: non-dental applications. *JBR-BTR* 2013;96:333-53.
9. Brisco J, Fuller K, Lee N, Andrew D. Cone beam computed tomography for imaging orbital trauma--image quality and radiation dose compared with conventional multislice computed tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2014;52:76-80.
10. Kadesjo N, Benchimol D, Falahat B, Nasstrom K, Shi XQ. Evaluation of the effective dose of cone beam CT and multislice CT for temporomandibular joint examinations at optimized exposure levels. *Dentomaxillofac Radiol* 2015;44:20150041.
11. Tsao K, Cheng A, Goss A, Donovan D. The use of cone beam computed tomography in the postoperative assessment of orbital wall fracture reconstruction. *J Craniofac Surg* 2014;25:1150-4.
12. Rene C. Update on orbital anatomy. *Eye (Lond)* 2006;20:1119-29.

13. Sobotta J. Atlas der Anatomie des Menschen Band I Kopf, Hals, obere Extremität. 3. Auflage. München: Elsevier Verlag, 2006.
14. Tabrizi R, Ozkan TB, Mohammadinejad C, Minaee N. Orbital floor reconstruction. *J Craniofac Surg* 2010;21:1142-6.
15. Gart MS, Gosain AK. Evidence-based medicine: Orbital floor fractures. *Plast Reconstr Surg* 2014;134:1345-55.
16. Grant JH, 3rd, Patrinely JR, Weiss AH, Kierney PC, Gruss JS. Trapdoor fracture of the orbit in a pediatric population. *Plast Reconstr Surg* 2002;109:482-9; discussion 90-5.
17. Rinna C, Ungari C, Saltarel A, Cassoni A, Reale G. Orbital floor restoration. *J Craniofac Surg* 2005;16:968-72.
18. Burm JS, Chung CH, Oh SJ. Pure orbital blowout fracture: new concepts and importance of medial orbital blowout fracture. *Plast Reconstr Surg* 1999;103:1839-49.
19. Biesman BS, Hornblass A, Lisman R, Kazlas M. Diplopia after surgical repair of orbital floor fractures. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 1996;12:9-16; discussion 17.
20. Jank S, Emshoff R, Schuchter B, Strobl H, Brandlmaier I, Norer B. Orbital floor reconstruction with flexible Ethisorb patches: a retrospective long-term follow-up study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:16-22.
21. Ploder O, Klug C, Voracek M, Burggasser G, Czerny C. Evaluation of computer-based area and volume measurement from coronal computed tomography scans in isolated blowout fractures of the orbital floor. *J Oral Maxillofac Surg* 2002;60:1267-72; discussion 73-4.
22. Baltensweiler J. [The diagnosis of the so-called monocle hematoma in practice]. *Schweiz Rundsch Med Prax* 1970;59:110-7.
23. Zimmer-Galler IE, Bartley GB. Orbital emphysema: case reports and review of the literature. *Mayo Clin Proc* 1994;69:115-21.
24. Voss JO, Hartwig S, Doll C, Hoffmeister B, Raguse JD, Adolphs N. The "tight orbit": Incidence and management of the orbital compartment syndrome. *J Craniomaxillofac Surg* 2016.
25. Cagatay HH, Ekinci M, Pamukcu C, Oba ME, Akcal Ozcan A, Karsidag S. Retrospective analysis of 132 patients with orbital fracture. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg* 2013;19:449-55.
26. Totir M, Ciuluvica R, Dinu I, Careba I, Gradinaru S. Biomaterials for orbital fractures repair. *J Med Life* 2015;8:41-3.
27. Ahmad F, Kirkpatrick WN, Lyne J, Urdang M, Garey LJ, Waterhouse N. Strain gauge biomechanical evaluation of forces in orbital floor fractures. *Br J Plast Surg* 2003;56:3-9.

28. Waterhouse N, Lyne J, Urdang M, Garey L. An investigation into the mechanism of orbital blowout fractures. *Br J Plast Surg* 1999;52:607-12.
29. Ahmad F, Kirkpatrick NA, Lyne J, Urdang M, Waterhouse N. Buckling and hydraulic mechanisms in orbital blowout fractures: fact or fiction? *J Craniofac Surg* 2006;17:438-41.
30. Chen CT, Chen YR. Update on orbital reconstruction. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg* 2010;18:311-6.
31. Bruneau S, Scolozzi P. Preseptal transconjunctival approach to the orbital floor fractures. Surgical technique. *Rev Stomatol Chir Maxillofac Chir Orale* 2015;116:362-7.
32. Kothari NA, Avashia YJ, Lemelman BT, Mir HS, Thaller SR. Incisions for orbital floor exploration. *J Craniofac Surg* 2012;23:1985-9.
33. Lorenz HP, Longaker MT, Kawamoto HK, Jr. Primary and secondary orbit surgery: the transconjunctival approach. *Plast Reconstr Surg* 1999;103:1124-8.
34. Salgarelli AC, Bellini P, Landini B, Multinu A, Consolo U. A comparative study of different approaches in the treatment of orbital trauma: an experience based on 274 cases. *Oral Maxillofac Surg* 2010;14:23-7.
35. Ilankovan V. Transconjunctival approach to the infraorbital region: a cadaveric and clinical study. *Br J Oral Maxillofac Surg* 1991;29:169-72.
36. Bartkowski SB, Krzystkova KM. Blow-out fracture of the orbit. Diagnostic and therapeutic considerations, and results in 90 patients treated. *J Maxillofac Surg* 1982;10:155-64.
37. Ellis E, 3rd, Tan Y. Assessment of internal orbital reconstructions for pure blowout fractures: cranial bone grafts versus titanium mesh. *J Oral Maxillofac Surg* 2003;61:442-53.
38. Buchel P, Rahal A, Seto I, Iizuka T. Reconstruction of orbital floor fracture with polyglactin 910/polydioxanon patch (ethisorb): a retrospective study. *J Oral Maxillofac Surg* 2005;63:646-50.
39. Avashia YJ, Sastry A, Fan KL, Mir HS, Thaller SR. Materials used for reconstruction after orbital floor fracture. *J Craniofac Surg* 2012;23:1991-7.
40. Lee HB, Nunery WR. Orbital adherence syndrome secondary to titanium implant material. *Ophthal Plast Reconstr Surg* 2009;25:33-6.
41. Fan X, Zhou H, Lin M, Fu Y, Li J. Late reconstruction of the complex orbital fractures with computer-aided design and computer-aided manufacturing technique. *J Craniofac Surg* 2007;18:665-73.
42. Lieger O, Richards R, Liu M, Lloyd T. Computer-assisted design and manufacture of implants in the late reconstruction of extensive orbital fractures. *Arch Facial Plast Surg* 2010;12:186-91.

43. Burnstine MA. Clinical recommendations for repair of isolated orbital floor fractures: an evidence-based analysis. *Ophthalmology* 2002;109:1207-10; discussion 10-1; quiz 12-3.
44. Drage NA, Sivarajasingam V. The use of cone beam computed tomography in the management of isolated orbital floor fractures. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2009;47:65-6.
45. Deutsche Gesellschaft für Zahn- M-uK. S1- Empfehlung: Dentale Volumetomographie (DVT). DGZMK 2009;14.
46. Kauffmann GW, Moser, E. , Sauer, R. Radiologie. 3. Auflage. München: Elsevier Verlag, 2006.
47. Beckmann EC. CT scanning the early days. *Br J Radiol* 2006;79:5-8.
48. Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 Suppl 1:31-6; discussion 179-82.
49. Fuhrmann A. Zahnärztliche Radiologie. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2013.
50. Loubele M, Bogaerts R, Van Dijck E, Pauwels R, Vanheusden S, Suetens P, Marchal G, Sanderink G, Jacobs R. Comparison between effective radiation dose of CBCT and MSCT scanners for dentomaxillofacial applications. *Eur J Radiol* 2009;71:461-8.
51. Kawaura C, Aoyama T, Koyama S, Achiwa M, Mori M. Organ and effective dose evaluation in diagnostic radiology based on in-phantom dose measurements with novel photodiode-dosemeters. *Radiat Prot Dosimetry* 2006;118:421-30.
52. Ludlow JB. A manufacturer's role in reducing the dose of cone beam computed tomography examinations: effect of beam filtration. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:115-22.
53. Schulze DN, M. Zahnärztliche Röntgenologie. Berlin: Quintessenz Verlag, 2009.
54. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol* 1998;8:1558-64.
55. Braak SJ, van Melick HH, Onaca MG, van Heesewijk JP, van Strijen MJ. 3D cone-beam CT guidance, a novel technique in renal biopsy--results in 41 patients with suspected renal masses. *Eur Radiol* 2012;22:2547-52.
56. Parashar V, Whaites E, Monsour P, Chaudhry J, Geist JR. Cone beam computed tomography in dental education: a survey of US, UK, and Australian dental schools. *J Dent Educ* 2012;76:1443-7.
57. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am* 2008;52:707-30, v.

58. Howerton WB, Jr., Mora MA. Advancements in digital imaging: what is new and on the horizon? *J Am Dent Assoc* 2008;139 Suppl:20S-24S.
59. Swennen GR, Schutyser F. Three-dimensional cephalometry: spiral multi-slice vs cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:410-6.
60. Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekestubbe A, Helmrot E, Grondahl K. Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:72-9.
61. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:106-14.
62. Signorelli L, Patcas R, Peltomaki T, Schatzle M. Radiation dose of cone-beam computed tomography compared to conventional radiographs in orthodontics. *J Orofac Orthop* 2016;77:9-15.
63. Hohlweg-Majert B, Metzger MC, Kummer T, Schulze D. Morphometric analysis - Cone beam computed tomography to predict bone quality and quantity. *J Craniomaxillofac Surg* 2011;39:330-4.
64. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:395-7.
65. Pasler FA, Visser H. Taschenatlas der zahnärztlichen Radiologie. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2003.
66. Brisco J, Fuller K, Lee N, Andrew D. Cone beam computed tomography for imaging orbital trauma-image quality and radiation dose compared with conventional multislice computed tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg* 2013.
67. ILUMA® DVT Spezifikationen. GmbH imE-SfdM. 2014 (Zugriff 3.09.2014, von [http://ic-med.de/download/pdf/ILUMA\\_Broschuere\\_ic-med.pdf](http://ic-med.de/download/pdf/ILUMA_Broschuere_ic-med.pdf).)
68. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, Schoemer E. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol* 2011;40:265-73.
69. GE LightSpeed VCT: Schlüssel zu besseren und neuen Anwendungen in der Computertomographie. GE LightSpeed. 2014 (Zugriff 8.09.2014, von <http://www.ge.com/ch/de/ourCompany/focus/focus/13.html>.)
70. Healthcare G. 2015 (Zugriff 3.02.2015, von [http://www3.gehealthcare.de/de-de/produkte/kategorien/healthcare\\_it-losungen/enterprise\\_and\\_regional\\_imaging\\_solutions/centricity\\_pacs](http://www3.gehealthcare.de/de-de/produkte/kategorien/healthcare_it-losungen/enterprise_and_regional_imaging_solutions/centricity_pacs).)
71. Steinbacher A. Erfassung körperlicher Befindlichkeiten im Sport. Deutsche Sporthochschule Köln 2010;50.

72. Kolk A, Stimmer H, Klopfer M, Wolff KD, Hohlweg-Majert B, Ploder O, Pautke C. High resolution magnetic resonance imaging with an orbital coil as an alternative to computed tomography scan as the primary imaging modality of pediatric orbital fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2009;67:348-56.
73. Tsiklakis K, Donta C, Gavala S, Karayianni K, Kamenopoulou V, Hourdakakis CJ. Dose reduction in maxillofacial imaging using low dose Cone Beam CT. *Eur J Radiol* 2005;56:413-7.
74. Horner K, Islam M, Flygare L, Tsiklakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:187-95.
75. Mah JK, Danforth RA, Bumann A, Hatcher D. Radiation absorbed in maxillofacial imaging with a new dental computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;96:508-13.
76. Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:152-7.
77. Rodrigues AF, Campos MJ, Chaoubah A, Fraga MR, Farinazzo Vitral RW. Use of gray values in CBCT and MSCT images for determination of density: influence of variation of FOV size. *Implant Dent* 2015;24:155-9.
78. Tsao K, Cheng A, Goss A, Donovan D. The Use of Cone Beam Computed Tomography in the Postoperative Assessment of Orbital Wall Fracture Reconstruction. *J Craniofac Surg* 2014.
79. Gupta J, Ali SP. Cone beam computed tomography in oral implants. *Natl J Maxillofac Surg* 2013;4:2-6.
80. Al Abduwani J, ZilinSkienze L, Colley S, Ahmed S. Cone beam CT paranasal sinuses versus standard multidetector and low dose multidetector CT studies. *Am J Otolaryngol* 2016;37:59-64.
81. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, Brooks SL. Dosimetry of two extraoral direct digital imaging devices: NewTom cone beam CT and Orthophos Plus DS panoramic unit. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:229-34.
82. Schulze D, Blessmann M, Pohlenz P, Wagner KW, Heiland M. Diagnostic criteria for the detection of mandibular osteomyelitis using cone-beam computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:232-5.
83. Stuck BA, Hulse R, Barth TJ. Intraoperative cone beam computed tomography in the management of facial fractures. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41:1171-5.
84. Ziegler CM, Woertche R, Brief J, Hassfeld S. Clinical indications for digital volume tomography in oral and maxillofacial surgery. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:126-30.

85. Schulze RK, Berndt D, d'Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 2010;21:100-7.
86. Choudhary AB, Motwani MB, Degwekar SS, Bhowate RR, Banode PJ, Yadav AO, Panchbhai A. Utility of digital volume tomography in maxillofacial trauma. *J Oral Maxillofac Surg* 2011;69:e135-40.
87. Nakata K, Naitoh M, Izumi M, Inamoto K, Arijii E, Nakamura H. Effectiveness of dental computed tomography in diagnostic imaging of periradicular lesion of each root of a multiradical tooth: a case report. *J Endod* 2006;32:583-7.
88. Boas FE, Fleischmann D. Evaluation of two iterative techniques for reducing metal artifacts in computed tomography. *Radiology* 2011;259:894-902.
89. Draenert FG, Copenrath E, Herzog P, Muller S, Mueller-Lisse UG. Beam hardening artefacts occur in dental implant scans with the NewTom cone beam CT but not with the dental 4-row multidetector CT. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:198-203.
90. Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics* 2004;24:1679-91.
91. Spin-Neto R, Mudrak J, Matzen LH, Christensen J, Gotfredsen E, Wenzel A. Cone beam CT image artefacts related to head motion simulated by a robot skull: visual characteristics and impact on image quality. *Dentomaxillofac Radiol* 2013;42:32310645.
92. Nardi C, Borri C, Regini F, Calistri L, Castellani A, Lorini C, Colagrande S. Metal and motion artifacts by cone beam computed tomography (CBCT) in dental and maxillofacial study. *Radiol Med* 2015.
93. de Kinkelder R, Kalkman J, Faber DJ, Schraa O, Kok PH, Verbraak FD, van Leeuwen TG. Heartbeat-induced axial motion artifacts in optical coherence tomography measurements of the retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:3908-13.
94. Brullmann D, Schulze RK. Spatial resolution in CBCT machines for dental/maxillofacial applications-what do we know today? *Dentomaxillofac Radiol* 2015;44:20140204.
95. Mustafa SF, Evans PL, Bocca A, Patton DW, Sugar AW, Baxter PW. Customized titanium reconstruction of post-traumatic orbital wall defects: a review of 22 cases. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2011;40:1357-62.
96. Kontakis GM, Pagkalos JE, Tosounidis TI, Melissas J, Katonis P. Bioabsorbable materials in orthopaedics. *Acta Orthop Belg* 2007;73:159-69.
97. Eppley BL, Sadove AM. A comparison of resorbable and metallic fixation in healing of calvarial bone grafts. *Plast Reconstr Surg* 1995;96:316-22.
98. Eppley BL, Sadove AM. Resorbable coupling fixation in craniostylosis surgery: experimental and clinical applications. *J Craniofac Surg* 1995;6:477-82.

99. Salyer KE, Bardach J, Squier CA, Kelly KM. A comparative study of the effects of biodegradable and titanium plating systems on cranial growth and structure: experimental study in beagles. *Plast Reconstr Surg* 1994;93:705-13.
100. Kontio R, Ruuttila P, Lindroos L, Suuronen R, Salo A, Lindqvist C, Virtanen I, Konttinen YT. Biodegradable polydioxanone and poly(l/d)lactide implants: an experimental study on peri-implant tissue response. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2005;34:766-76.
101. Kyriakou Y, Kolditz D, Langner O, Krause J, Kalender W. [Digital volume tomography (DVT) and multislice spiral CT (MSCT): an objective examination of dose and image quality]. *Rofo* 2011;183:144-53.

## Anhang

### Anhang 1: Abkürzungsverzeichnis

2D .....	Zweidimensional
3D .....	Dreidimensional
ALARA.....	As Low As Reasonably Achievable
CAD CAM.....	Computer- Aided- Design/ Computer- Aided- Manufacturing
CT .....	Computertomographie
DGZMK.....	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DICOM.....	Digital Imaging and Communications in Medicine
DVT .....	Digitale Volumentomographie
FOV .....	Field of View
FRS .....	Fernröntgenseitenbild
HE .....	Hounsfield Einheit
HNO .....	Hals- Nasen- Ohren- Heilkunde
HU .....	Hounsfield- Unit
ICRP.....	Internation Commission on Radiological Protection
ITN .....	Intubationsnarkose
KFO .....	Kieferorthopädie
MKG .....	Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
MW .....	Mittelwert
NHH.....	Nasennebenhöhlen
OA .....	Oberarzt
OK .....	Oberkiefer
OPTG .....	Orthopantomogramm
PJ .....	Praktisches Jahr
SD .....	Standardabweichung
UK .....	Unterkiefer

## Anhang 2: Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b>	Knöcherner Augenhöhle .....	3
<b>Abb. 2:</b>	Äußere Augenmuskulatur .....	4
<b>Abb. 3:</b>	Äußere Augenmuskulatur .....	4
<b>Abb. 4:</b>	Schematische Darstellung der Frakturmechanismen .....	6
<b>Abb. 5:</b>	Frontale Ansicht verschiedener Inzisionen zur Rekonstruktion des Orbitabodens .....	8
<b>Abb. 6:</b>	Postoperative Darstellung einer mit Titan-Mesh® versorgten Orbitabodenfraktur (links) im DVT in der koronaren Schichtebene.....	10
<b>Abb. 7:</b>	Postoperative Darstellung einer mit knöchernen Reposition versorgten Orbitabodenfraktur (links) im DVT in der koronaren Schichtebene.....	10
<b>Abb. 8:</b>	Funktionsprinzip des CT .....	13
<b>Abb. 9:</b>	Funktionsprinzip des DVT.....	14
<b>Abb. 10:</b>	Schema zur Auswahl der Patienten.....	19
<b>Abb. 11:</b>	Darstellung der 4 Knochenfenster .....	20
<b>Abb. 12:</b>	Die Pfeile zeigen typische Doppelkonturen, die durch Bewegungen des Patienten während einer DVT Aufnahme entstanden sind .....	21
<b>Abb. 13:</b>	Zwei Einzelaspekte als Beispiel für eine Likert-Skala anhand des verwendeten Fragebogens .....	23
<b>Abb. 14:</b>	Übersicht zur Aufteilung der eingesetzten Methoden (2) und verschiedenen Materialien (3) .....	25
<b>Abb. 15:</b>	Übersicht zu den Qualifikationen (3) und den verschiedenen Fachgebieten (2) .....	26
<b>Abb. 16:</b>	Aufgestelltes statistisches Modell zur Bestimmung der Bewertung der Bilddatensätze. ....	27
<b>Abb. 17:</b>	Unterschiede der Bewertungen über alle Einzelaspekte in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode .....	30
<b>Abb. 18:</b>	Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode .....	31
<b>Abb. 19:</b>	Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Fachrichtung und der Erhebungsmethode.....	35
<b>Abb. 20:</b>	Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Qualifikation und der Erhebungsmethode.....	39
<b>Abb. 21:</b>	Gesamtbewertung der Methoden .....	42

### Anhang 3: Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b>	Auswahl der Patienten nach Fraktur- und Versorgungsmuster.....	19
<b>Tab. 2:</b>	Übersicht der Gruppierungen A und B.....	22
<b>Tab. 3:</b>	Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode .....	32
<b>Tab. 4:</b>	Unterschiede der Bewertungen von alloplastischem Material und Strahlenartefakten in Abhängigkeit der Erhebungsmethode und des Materials .....	33
<b>Tab. 5:</b>	Unterschiede der Bewertungen aller Einzelaspekte in Abhängigkeit der Fachrichtung und der Erhebungsmethode.....	34
<b>Tab. 6:</b>	Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode und der Fachrichtung .....	38
<b>Tab. 7:</b>	Unterschiede der Bewertungen einzelner Fragestellungen in Abhängigkeit der eingesetzten Erhebungsmethode und der Qualifikation .....	41

## Anhang 4: Fragebögen



### Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Klinische Navigation und Robotik Zentrum für rekonstruktive und plastisch-ästhetische Gesichtschirurgie

Direktor: Komm. Leiter PD Dr. Dr. J.-D. Raguse

### Evaluation der Wertigkeit der DVT im Vergleich zur CT zur Beurteilung des Repositionsergebnisses bei Orbitabodenfrakturen

1. Die knöchernen Strukturen lassen sich gut beurteilen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

2. Die Fraktur lässt sich gut und eindeutig beurteilen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

3. Das Repositionsergebnis ist gut beurteilbar

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

4. Das alloplastische Material lässt sich gut darstellen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

5. Die Darstellung von periorbitalem Weichgewebe, insbesondere des M.rectus inferior lässt sich gut beurteilen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

6. Das indirekte Repositionsergebnis ist gut beurteilbar

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

7. Es zeigt sich eine gute Beurteilbarkeit von eingebrachtem Osteosynthesematerial

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

8. Die umliegenden Strukturen bei eingebrachtem Osteosynthesematerial lassen sich hinsichtlich mögl. Strahlenartefakte gut beurteilen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

9. Die Bildbetrachungssoftware ist einfach zu bedienen

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

**Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihre Hilfe**



**Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Klinische Navigation und Robotik  
Zentrum für rekonstruktive und plastisch-ästhetische Gesichtschirurgie**

Direktor: Komm. Leiter PD Dr. Dr. J.-D. Raguse

**Evaluation der Wertigkeit der DVT im Vergleich zur CT zur Beurteilung  
des Repositionsergebnisses bei Orbitabodenfrakturen**

Persönliche Beurteilung im Vergleich DVT und CT

1. Das praktische Handling bei der Bildbetrachtung ist in der DVT besser als in der CT

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

2. Die Beurteilung knöcherner Strukturen ist in der DVT besser als in der CT

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

3. Die Beurteilung von Weichgewebe ist in der DVT besser als in der CT

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

4. Die Darstellung von Strahlenartefakten ist in der DVT stärker als in der CT

trifft zu	trifft eher zu	weder noch	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu

**Vielen Dank für Ihre Zeit und Ihre Hilfe.**

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## Vorträge

**Camerer C, Kim DM, Nellissen V, Hoffmeister B, Keeve E, Raguse JD.** Evaluation der digitalen Volumentomographie zur postoperativen Verlaufskontrolle bei Orbitabodenfrakturen. 61.Kongress der Deutschen Gesellschaft für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (DGMKG) 15.06.- 18.06.2011, Bamberg.

## Danksagung

Mein erster Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr.med. dent. Bodo Hoffmeister, für die freundliche Überlassung des Promotionsthemas.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn Priv.- Doz. Dr. med. Dr. med. dent. Jan-Dirk Raguse, Komm. Leiter der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, plastische Operationen, der Charité Universitätsmedizin Berlin. Er hat mit seiner tatkräftigen Unterstützung und fortwährenden Motivation maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Darüber hinaus danke ich Herrn Dr. Camerer für die anfängliche Betreuung dieser Arbeit.

Den Schwestern der MKG des Virchow Klinikums danke ich dafür, dass sie mich trotz des laufenden Klinikbetriebs immer an das DVT ließen und mir hilfreich und erklärend zur Seite standen.

## Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Viktoria Nellissen versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Evaluation der Wertigkeit der DVT im Vergleich zur CT zur Beurteilung des Repositionsergebnisses bei Orbitabodenfrakturen“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -[www.icmje.org](http://www.icmje.org)) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift