

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

**Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik und Propädeutik**

**Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Weber**

**Studie zur Reliabilität und Validität von  
Kiefergelenksbefunden im  
OPT und MRT**

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

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

**vorgelegt von  
Morten Philipp Seeger  
aus  
Tübingen**

**2004**

Dekan: Professor Dr. C. D. Claussen

1. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. E. Engel

2. Berichterstatter: Professor Dr. Dr. G. Göz

meinen Eltern  
und Pia

**Inhaltsverzeichnis**

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>1</b>
<b>1 EINLEITUNG.....</b>	<b>3</b>
1.1 EINLEITUNG ZUM THEMA .....	3
1.2 DAS KIEFERGELENK (TEMPORO-MANDIBULAR-JOINT (TMJ)).....	5
1.2.1 Anatomie und Morphologie des Kiefergelenkes.....	5
1.2.2 Funktion.....	8
1.3 KIEFERGELENKSERKRANKUNGEN.....	9
1.4 BILDGEBENDE VERFAHREN .....	13
1.4.1 Panoramaschichtaufnahme (PSA) / Orthopantomogramm (OPT) .....	14
1.4.2 Magnetresonanztomografie (MRT)/ Kernspintomografie.....	16
1.5 RELIABILITÄT UND VALIDITÄT EINES DIAGNOSTISCHEN VERFAHRENS.....	20
1.5.1 Reliabilität .....	20
1.5.2 Validität .....	20
1.6 LITERATURÜBERSICHT .....	21
1.6.1 Bildgebende Verfahren.....	21
1.6.2 Reproduzierbarkeitsstudien mit mehreren Untersuchern .....	22
1.7 ZIELE DER UNTERSUCHUNG .....	24
<b>2 MATERIAL UND METHODE.....</b>	<b>25</b>
2.1 PATIENTEN .....	25
2.2 RADIOLOGISCHE UNTERLAGEN .....	27
2.2.1 Panoramaschichtaufnahmen .....	28
2.2.2 Magnetresonanztomogramme .....	29
2.3 UNTERSUCHER.....	30
2.4 BEWERTUNGSKRITERIEN UND GRADEINTEILUNG .....	31
2.5 STUDIENABLAUF .....	36
2.6 DATENVERARBEITUNG UND STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	37

---

<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE.....</b>	<b>39</b>
3.1	ÜBEREINSTIMMUNG ZWISCHEN DEN BEWERTUNGEN DER UNTERSUCHER INNERHALB DER BILDGEBENDEN VERFAHREN .....	39
3.1.1	<i>Panoramaschichtaufnahmen</i> .....	39
3.1.2	<i>Magnetresonanztomogramme</i> .....	41
3.2	ÜBEREINSTIMMUNG ZWISCHEN DEN BEWERTUNGEN AUS BEIDEN BILDGEBENDEN VERFAHREN .....	43
3.2.1	<i>Unter allen vier Untersuchern</i> .....	43
3.2.2	<i>Unter den Untersuchergruppen Radiologen und Zahnärzten</i> .....	44
3.2.3	<i>Kappa für jeden Untersucher</i> .....	45
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>52</b>
4.1	ÜBEREINSTIMMUNG UNTER VIER UNTERSUCHERN .....	52
4.2	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DEN UNTERSUCHERGRUPPEN RADIOLOGEN UND ZAHNÄRZTEN .....	58
4.3	ÜBEREINSTIMMUNG ZWISCHEN DEN BEWERTUNGEN AUS BEIDEN BILDGEBENDEN VERFAHREN .....	60
4.4	VERIFIZIERUNG DER ARBEITSHYPOTHESEN:.....	62
4.5	SCHLUSSFOLGERUNG.....	62
4.6	AUSBLICK.....	63
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>66</b>
<b>7</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>73</b>
7.1	TABELLEN .....	73
7.2	ABBILDUNGEN.....	74
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>76</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>77</b>
	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>78</b>
	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>79</b>
	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>80</b>

---

## **1 Einleitung**

### **1.1 Einleitung zum Thema**

Der klinisch tätige Zahnarzt wird immer wieder mit Patienten konfrontiert, die an Funktionsstörungen und Schmerzphänomenen im Temporo-Mandibulären System, sogenannten Temporo-Mandibulären-Dysfunktionen (engl: Temporomandibular Disorders (TMD)) leiden. In Europa und den USA durchgeführte Querschnittsuntersuchungen haben gezeigt, dass rund 10% der Erwachsenen von derartigen Schmerzen im Kauorgan betroffen sind [1]. Die Ätiologie dieser Erkrankung ist multikausal und erfordert über das durchschnittliche Wissen hinausgehende Kenntnisse der Anatomie, der Muskelphysiologie und der neurophysiologischen Steuermechanismen, sowie Verständnis und Vorstellungsvermögen für die dreidimensionalen Unterkieferbewegungen. Darüber hinaus spielen auch psychosomatische Konstellationen bei dieser Erkrankung eine erhebliche Rolle [16;17;31;35;41]. Nach einer klinischen Funktionsanalyse mit ausführlicher Anamnese, Muskelbefund, Kiefergelenksbefund und Überprüfung der klinischen Beweglichkeit kann eine klinische Verdachtsdiagnose die Indikationsstellung für eine bildgebende Diagnostik begründen. Die aus der bildgebenden Diagnostik zu erwartenden Befunde sollten eine klare Relevanz für die Klärung der Verdachtsdiagnose und infolge dessen auch für die Therapie enthalten [1]. Für die Beurteilung der Kiefergelenksstrukturen stehen verschiedenste bildgebende Aufnahmeverfahren zur Verfügung. Welches dieser bildgebenden Verfahren im Einzelfall ausgewählt wird, richtet sich nach der Aussagefähigkeit des Verfahrens zur jeweils vermuteten Erkrankung des Hart- bzw. Weichgewebes, und sollte in Abwägung von Aufwand und Risiko bestimmt werden.

Im Gegensatz zu anderen Gebietsärzten dürfen Zahnärzte - bei Nachweis der entsprechenden Fachkunde - selbst Röntgenaufnahmen anfertigen. Als einfaches in der zahnärztlichen Praxis durchführbares Röntgenverfahren bietet

sich die Panoramaschichtaufnahme (PSA) auch vor dem Hintergrund des Strahlenschutzes für viele Fragestellungen an [1].

Für eine weitere Therapieentscheidung bei der Behandlung der TMD ist aber häufiger als die knöcherne Struktur das beteiligte Weichgewebe mit der Struktur und Lage des Diskus articularis, der knorpeligen Zwischengelenkscheibe des Kiefergelenkes entscheidend [23]. Nur die Magnetresonanztomografie (MRT) macht eine sichere Beurteilung des Weichgewebes ohne Strahlenbelastung und ohne Kontrastmittelinjektion möglich. Entscheidet sich der Zahnarzt für die Kernspintomographie, muss er seinen Patienten an einen Arzt für Radiologische Diagnostik überweisen, der über die nötige Technik für dieses Aufnahmeverfahren verfügt. In der Regel erfolgt die Befundung dieser Aufnahmen auch durch den Radiologen, so dass diesem die klinischen Initialdiagnose (Verdachtsdiagnose) vorliegen sollte. Außerdem muss er über gute Kenntnisse der Anatomie, Physiologie und Pathophysiologie der Kiefergelenke verfügen. Die Diagnose eines bildgebenden Verfahrens ist das Produkt einer Interaktion zwischen den im Bild enthaltenden Informationen und deren Interpretation durch den Betrachter. Infolge dessen kann der Betrachter als bedeutender Bestandteil des Verfahrens der bildgebenden Diagnostik angesehen werden [37]. Jedoch kommen mehrere Betrachter bei der Beurteilung derselben Aufnahmen oft zu unterschiedlichen Ergebnissen [36]. Vor diesem Hintergrund kommt der Abstimmung zwischen dem behandelnden Zahnarzt, der die Befunde und Diagnosen aus der Kernspintomografie in Form eines radiologischen Berichtes erhält und dem befundenden Radiologen eine entscheidende Bedeutung zu, da sich der Zahnarzt auf die Befunde und Diagnosen des radiologischen Berichtes, die in seine Therapie einfließen, verlassen können muss.

## **1.2 Das Kiefergelenk (temporo-mandibular-joint (TMJ))**

Beide Kiefergelenke sind eingebettet in das Stomatognathe System und über die Unterkieferspanne fest miteinander verbunden, wodurch sie sich nur gleichzeitig bewegen können. Sie werden durch eine vollständige Knorpelscheibe, den Diskus artikularis, in einen oberen und unteren Gelenkspalt geteilt, so dass jedes Kiefergelenk eigentlich aus zwei Gelenken besteht. Sie gehören damit zu den zusammengesetzten Körpergelenken und können sehr weite Bewegungen, z. B. beim Gähnen aber auch sehr exakt geführte Bewegungen, z.B. beim Kauen oder Sprechen ausführen.

Die Kiefergelenke sind begrenzt drucktragend. Die drucktragenden Anteile im Gelenk, die faserknorpeligen Gelenkoberflächen und besonders der Diskus artikularis, werden nur über die Synovia (Gelenkflüssigkeit) ernährt, da sie keine eigenen Blutgefäße besitzen. Dadurch ist deren funktionelle Anpassungsfähigkeit eingeschränkt. Dennoch zeigen die Kiefergelenke insgesamt im Laufe des Lebens eine sehr hohe Anpassungsfähigkeit an wechselnde physiologische Belastungen.

### **1.2.1 Anatomie und Morphologie des Kiefergelenkes**

Zu den Strukturen des Kiefergelenks zählen:

- Fossa und Eminentia artikularis
- Kondylus
- Diskus artikularis
- Gelenkkapsel

Die Gelenkgrube des Schläfenbeins (Fossa artikularis) bildet den knöchernen Kiefergelenkanteil des Schädels und geht nach anterior in eine nach kaudal gerichtete Leiste, die Eminentia artikularis (auch Tuberkulum artikulare genannt) über. Ihr lateraler Anteil ist durch den Prozessus zygomaticus des Jochbeins stärker ausgeprägt als der mediale.



Der walzenförmige Kondylus (Prozessus condylaris) ist über das Collum mandibulae mit dem aufsteigenden Unterkieferast verbunden und stellt dessen oberstes Ende dar. Der Kondylus liegt nicht zentral in der Fossa, sondern ist mit seiner artikulierenden Fläche leicht nach anterior der Eminentia articularis zugewandt. Die Längsachsen beider Kondylen bilden einen nach ventral offenen Winkel von 150°-170° (vgl. Abbildung 2, 3 und 4 Seite 15 und 18).

Zwischen Kondylus und Gelenkgrube befindet sich der Diskus articularis. Ihm kommt für das Verständnis der Funktion und der Erkrankungen des Kiefergelenkes entscheidende Bedeutung zu (vgl. Abbildung 1 nächste Seite). Der Diskus articularis besteht aus Faserknorpel und fasrigem Bindegewebe und hat kein bis sehr geringes Potential zur Regeneration. Er wird als eine bikonkave Scheibe beschrieben, mit verdickten anterioren und posterioren Lamellen und einer dünnen pars intermedia. Er teilt das Kiefergelenk in einen oberen und unteren Gelenkspalt und ist sowohl am Schädel als auch am Kondylus befestigt:

Der hintere (posteriore) Ansatz des Diskus geht in die von zwei Lagen dichten Bindegewebes umgrenzte „bilaminäre Zone“ über. Diese endet in ligamentären Anheftungen am Os temporale und am Kondylus. Das obere Band besteht vorwiegend aus elastischen und das untere hauptsächlich aus kollagenen Fasern. Wahrscheinlich zieht dieses untere Band bis an den Kieferwinkel herunter. Der zwischen diesen beiden Laminae eingeschlossene Bereich ist sehr gut mit Gefäßen und Nervenendigungen versorgt und daher schmerzempfindlich.

Der Diskus ist allseitig an die Gelenkkapsel angebunden und ist am Kondylus über zwei Bänder, das Ligamentum mediale und das Ligamentum laterale fixiert. Er besitzt dadurch in anterior-posteriorer Richtung mehr Bewegungsfreiheit als in medial/lateraler Richtung [1].

An seinem vorderen (anteriorem) Anteil inseriert direkt oder indirekt der obere Bauch des Muskulus pterygoideus lateralis.

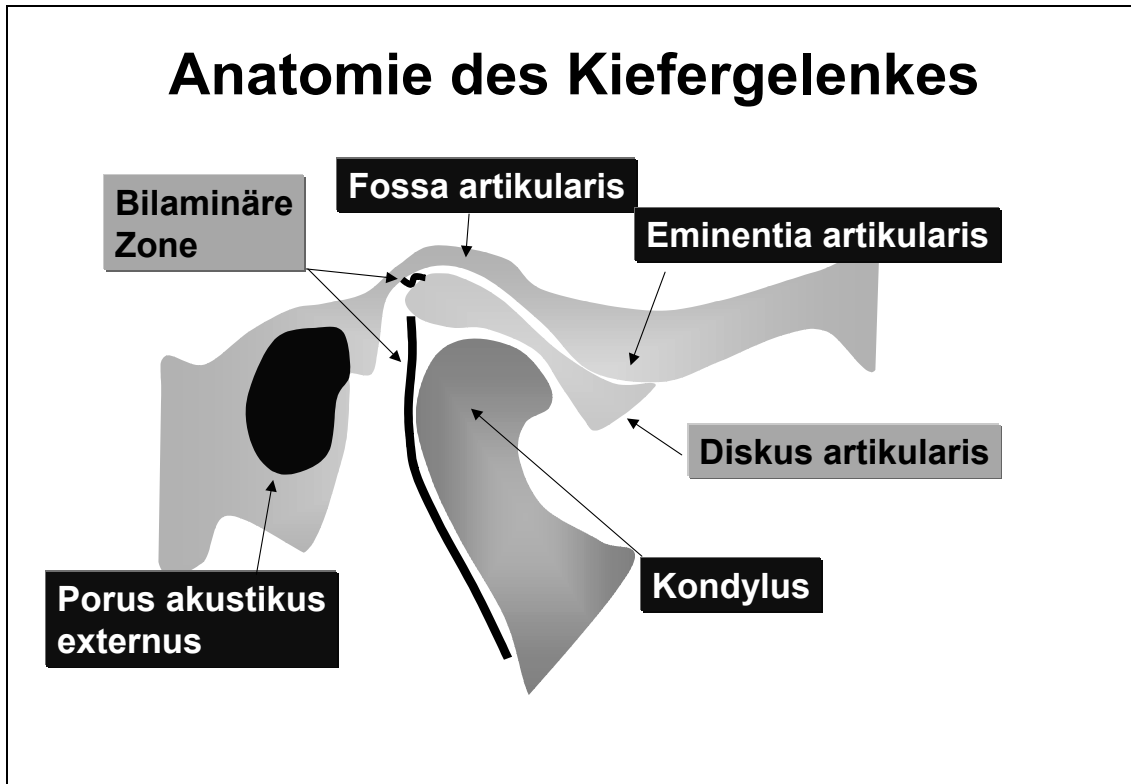


Abbildung 1: Anatomie des Kiefergelenkes (Abb. modifiziert nach Engel)

Die knöchernen Oberflächen der Kiefergelenke sind allseitig abgerundet und sphärisch ausgebildet. Einer dünnen Schicht Kortikalis liegt Faserknorpel und eine Proliferationszone mit undifferenzierten Bindegewebszellen auf. Darüber bedeckt fibröses Bindegewebe sämtliche artikulierenden Gelenkoberflächen. Aus der Zellschicht des undifferenzierten Mesenchyms können Faserknorpelzellen reifen, wodurch lebenslang die physiologische Anpassung der Gelenkflächen gewährleistet ist.

### 1.2.2 Funktion

Im Kiefergelenk wird eine Dreh-Gleitbewegung durchgeführt. Zu Beginn der Mundöffnung bleibt der Diskus in der Gelenkgrube liegen, und der Kondylus rotiert im unteren Gelenkspalt gegen dessen untere Fläche. Wird der Mund weiter geöffnet, setzt im oberen Gelenkspalt eine Translationsbewegung ein. Dabei wird der Diskus passiv durch den Kondylus über den hinteren Abhang des Tuberkulum artikulare gezogen. Der Kondylus wird dabei im Diskus rein muskulär vor allem durch die Elevatoren stabilisiert, und rotiert im unteren Gelenkabschnitt weiter bis auf dem höchsten Punkt des Tuberkulum artikulare die maximale Mundöffnung erreicht ist.

Bei der Schließbewegung wird die Translationsbewegung umgekehrt und der Diskus passiv wieder nach hinten und oben in die Gelenkgrube bewegt. Daran sind 4 Faktoren beteiligt:

1. Das bei weiter Mundöffnung maximal gespannte obere, elastische Band der bilaminären Zone zieht den Diskus nach dorsal.
2. Der Diskus wird unter der stabilisierenden Kraft der Elevatoren durch den Kondylus, rein passiv nach rückwärts geführt.
3. Bei seiner Rückwärtsbewegung schlägt der Kondylus an das untere, kollagene Band der bilaminären Zone an, und zieht den Diskus dadurch ebenfalls nach hinten.
4. Der obere Bauch des Muskulus pterygoideus lateralis wird in dieser Bewegungsphase angespannt, um ein Gegengewicht zu den beiden Bändern der bilaminären Zone zu bieten und den Diskus zu stabilisieren.

Bei einer Seitwärtsbewegung des Unterkiefers findet auf der einen Seite eine Rotation des Kondylus in der Gelenkgrube und auf der Gegenseite eine Translation auf das Tuberkulum statt. Der Diskus gleicht dabei die Formunterschiede von Gelenkgrube und Tuberkulum aus, wodurch eine Rotations- und Gleitbewegung in nur einem Gelenk ermöglicht wird [35].

### **1.3 Kiefergelenkserkrankungen**

#### **Primäre Kiefergelenkserkrankungen:**

Zu diesen zählen neben angeborenen und entwicklungsbedingten Erkrankungen auch Frakturen und Tumore. Die Diagnose beruht meist auf der bildgebenden Diagnostik.

Ihre Klassifikation ist einfacher als die der sekundären Erkrankungen und wurde neben anderen von Bell [4] und Okeson [35] beschrieben.

Primäre Gelenkerkrankungen wurden in dieser Untersuchung nicht berücksichtigt.

#### **Sekundäre Kiefergelenkserkrankungen**

Es gibt zahlreiche Versuche der Klassifikation von sekundären Kiefergelenkserkrankungen, wobei international verschiedene Klassifikationen gebraucht werden.

Die Diagnosen dieser Untersuchung richten sich nach der Klassifikation von Dworkin und LeResche [12] dargestellt in Tabelle 1 Seite 26.

Prinzipiell sind zwei ätiologisch unterschiedliche Entstehungsmechanismen einer sekundären Kiefergelenkerkrankung diskutiert worden. Einige wenige Autoren beschreiben, dass aufgrund von Veränderungen interner metabolischer und endokrinologischer Faktoren sich die Zusammensetzung der Synovia ändert und sie somit ihre Funktion sowohl als Gelenkschmiere als auch als Nähr- und Spüllösung nicht mehr erfüllen kann [10]. Aus der sich daraus ergebenden Beeinträchtigung des Gleitvorganges der Gelenkoberflächen gegeneinander kann sich eine Pathologie des Kiefergelenkes entwickeln.

Ein Beleg für diese Hypothese scheint zu sein, dass nicht jeder Patient trotz ähnlicher Grunddisposition erkrankt, dass Frauen häufiger als Männer betroffen sind und mit zunehmendem Alter mehr Patienten mit Gelenkveränderungen gefunden werden.

Die meisten Autoren führen sekundäre Kiefergelenkveränderung jedoch auf Überlastungen zurück [7;16;35].

Kiefergelenke besitzen eine hohe Anpassungsfähigkeit auf die sich im Leben ständig verändernden funktionellen Belastungen. Überschwellige langfristige Belastungen, die z. B. bei hoher parafunktioneller Aktivität (Bruxismus) und nicht beim Kauen auftreten, können jedoch zu pathologischen Veränderungen führen, deren Beginn sich zunächst im Gelenkweichgewebe manifestiert. Als pathophysiologischen Mechanismus stellt man sich vor, dass beim zentriknahen Bruxismus durch die Elevatoren hohe Kräfte über längere Zeit aufrechterhalten werden, wodurch der intraartikuläre Druck steigt und vor allem die posteriore Lamelle des Diskus traumatisiert wird und sich infolgedessen abflachen kann. Dadurch wird die passive Positionierung des Diskus artikularis bei Exkursionsbewegungen unsicherer. Bei exzentrischer Parafunktion führt die simultane lang andauernde Kontraktion der Elevatoren und des oberen Bauches des M. pterygoideus lateralis mit einer entgegen gesetzten Zugrichtung ebenfalls vor allem zu einer Traumatisierung der posterioren Lamelle des Diskus sowie zu einer Verlängerung des unteren Bandes der bilaminären Zone.

Diese beiden Faktoren zusammen begünstigen sowohl Veränderungen der physiologischen Lagebeziehungen als auch von Form- und Struktur-Veränderungen der zum Kiefergelenk gehörenden anatomischen Strukturen (Diskus-Kondylus-Komplex) [48] und führen zur **Diskopathie** mit anfänglich geringer (partieller) Verlagerung des Diskus meist nach anterior und medial. Bei persistierender Belastung kommt es zu einer weiteren Degeneration des Diskus und einer Verstärkung der Verlagerung, bis der Diskus bei geschlossenem Mund vollständig vor dem Kondylus zu liegen kommt. Springt der Kondylus bei der Öffnungsbewegung wieder auf den Diskus auf, ist meist ein Gelenkknacken

zu hören, und man spricht von einer vollständigen Diskusverlagerung mit Reposition. Bleibt der Diskus auch bei geöffnetem Mund vor dem Kondylus liegen, handelt es sich um das Krankheitsbild der vollständigen Diskusverlagerung ohne Reposition.

Die häufigsten Symptome struktureller Kiefergelenkveränderungen sind Knack- oder Reibegeräusche, Bewegungseinschränkungen sowie Schmerzen im Gelenkbereich (Arthralgie) vor allem bei der Mundöffnung [38].

Wird dies nicht entdeckt und behandelt, können stärker ausgeprägte Strukturveränderungen in den Kiefergelenken entstehen, die entweder als Abflachungen, Osteophytenbildung oder Erosionen imponieren; seltener kommt es zu Sklerosierungen [40].

### **Osteoarthritis und Osteoarthrose**

Bei der Osteoarthritis handelt es sich um eine primär entzündliche degenerative Veränderung der knorpeligen und knöchernen Gelenkflächen [7]. Sie geht einher mit Schmerzen kombiniert mit Reibegeräuschen und mit Bewegungseinschränkungen des Unterkiefers. Die Osteoarthrose ist ein primär oder sekundär nichtentzündlicher degenerativer Zustand und kann auch Folgezustand einer Osteoarthritis sein. Die Osteoarthrose nimmt im Kiefergelenk mit dem Alter an Häufigkeit zu, wobei Untersuchungen eine größere Häufigkeit bei Frauen zeigen [53]. Häufigstes klinisches Anzeichen einer Osteoarthrose ist die Krepitation in den Gelenken und der bildgebende Nachweis von Strukturveränderungen. Als hauptsächlicher ätiologischer Faktor für die Osteoarthrose im Kiefergelenk wird eine erhöhte mechanische Belastung angesehen.

Diese Überlastung ist meist auf muskuläre Hyperaktivität beim zentriknahen Bruxismus zurückzuführen. Man bezeichnet solche Bewegungsmuster mit hoher Kraft als Parafunktionen. Sie entstehen durch Affektverarbeitung und kommen durch die enge Beziehung der sensorischen und motorischen

Trigeminuskern mit der Formatio reticularis (Vigilanzzentrum), sowie mit dem limbischen System (Emotionen) und dem Hypothalamus, der über die vegetative Steuerung motorische habituelle Bewegungen (Parafunktionen) regelt, zustande. Als zusätzliche Triggerfaktoren können okklusale Interferenzen oder ein Stützzonenverlust im Molarenbereich wirken. Durch die erhöhte Druckbelastung werden sowohl der Knorpel als auch die subchondralen Knochenanteile beeinflusst. Erstes pathologisches Zeichen ist eine Fibrillation, wodurch der Knorpel seine glatte, glänzende Oberfläche verliert. Anschließend kommt es zum Abbau von Proteoglykanen und Glycosaminoglykanen. Eine Schädigung der Chondrozyten mit freigesetzten Lysosomen (Interleukin 1), die die Proteoglykane abbauen und dadurch die Widerstandskraft des Knorpels weiter schwächen, tritt ein, und kann bis zum vollständigen Verlust der Knorpelbedeckung führen. Freigesetztes Knorpelmaterial kann eine Synovitis hervorrufen, die zur Fibrose mit Kapselbeteiligung führt. Die freiliegenden subchondralen Knochenanteile werden nun in gleicher Weise überlastet, was zu Deformation (Abflachung), Destruktion und Erosion führt. Von den Rändern des Gelenks ausgehend laufen Adaptationsprozesse mit einem überschießenden Knochen- und Knorpelwachstum ab, die das Gelenk umformen (remodelling). Im allgemeinen werden diese überschießenden Wachstumserscheinungen als Osteophyten bezeichnet. Im Kiefergelenk sind diese Osteophyten als Randzacken zu erkennen, durch die zuletzt eine Umformung des arthrotischen Gelenkes in ein reines Gleitgelenk resultieren kann [16].

## 1.4 Bildgebende Verfahren

Bildgebende Verfahren helfen dem Zahnarzt die Diagnose zu sichern, den Strukturzustand zu beurteilen, zu dokumentieren und Strukturveränderungen zu verfolgen. Für die Kiefergelenksdiagnostik stehen die verschiedensten Aufnahmeverfahren zur Verfügung. Einige werden im Folgenden kurz vorgestellt. Die in dieser Studie verwendeten Verfahren werden im Anschluss daran genauer erläutert.

Die **Panoramaschichtaufnahme (PSA)** liefert einen ersten Überblick über die knöchernen Strukturen der Kiefergelenke und bietet sich daher als erstes Screening an [6;7;35] (vgl. 1.4.1).

Die über viele Jahre angewendeten radiologischen Techniken des transkraniellen Röntgens und der **Tomografie** sind mittlerweile in den Hintergrund getreten [23]. Die Gründe dafür liegen in der relativ hohen Strahlenbelastung und einer durch projektionsbedingte Überlagerungen (Summationsaufnahmen) schwierigen Interpretation, wodurch ihre Indikationsstellung sehr weit eingeschränkt ist [7]. Gleichwohl ermöglicht dieses Verfahren die Darstellung schon mäßiger Veränderungen der knöchernen Gelenkstrukturen, primär des Kondylus und der temporalen Gelenkanteile. Darüber hinaus werden Verengungen des Gelenkspaltes abgebildet [11].

Bei der **Arthrografie** wird in den oberen, unteren oder in beide Gelenkspalten ein Kontrastmittel injiziert und danach eine Röntgenaufnahme durchgeführt. Dies kann eine transcraniale oder tomografische Aufnahme sein. Die Arthrografie erlaubt die Beurteilung des Weichgewebes und gibt Funktionstörungen gut wieder. Ihr wesentlicher Vorteil ist die Darstellung von Diskusperforationen [6;35]. Sie ist aber ebenfalls invasiver als ein Magnetresonanztomogramm (MRT) und als Summationsaufnahme auch nicht so genau.



Die **Computertomografie (CT)** bildet als Schichtverfahren die knöchernen Strukturen hervorragend ab, ist dem MRT aber in Bezug auf die Weichgewebstdarstellung weit unterlegen, weshalb die hier ebenfalls sehr hohe Strahlenbelastung die Indikation für die Kiefergelenke weit einschränkt [7].

Für alle Weichgewebsfragestellungen aber inzwischen auch für die Beurteilung der knöchernen Strukturen ist die **Magnetresonanztomografie (MRT)** das Mittel der Wahl [7;21;22;44;45;49] (vgl. 1.4.2).

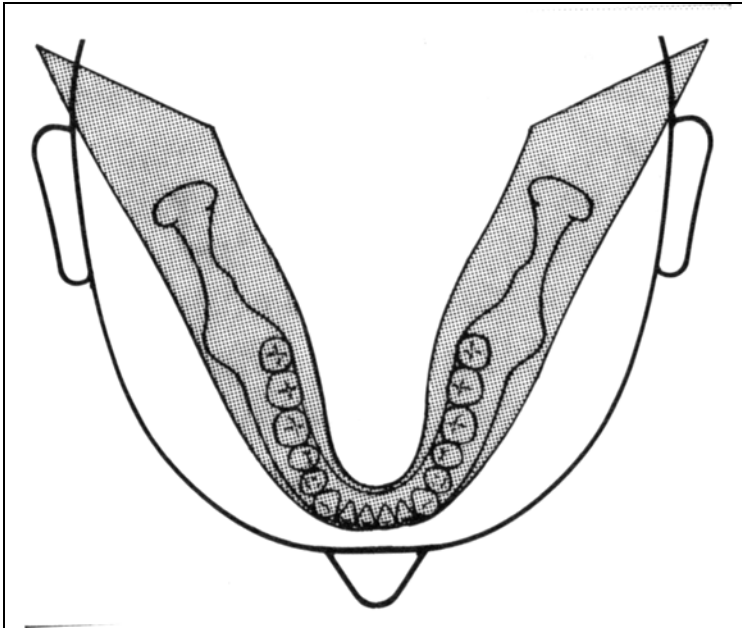
#### **1.4.1 Panoramaschichtaufnahme (PSA) / Orthopantomogramm (OPT)**

Panoramaschichtaufnahmegeräte sind in zahnärztlichen und kieferorthopädischen Praxen weit verbreitet [7]. Die PSA ist ein röntgenologisches Schichtverfahren, das die gleichzeitige Darstellung des gesamten Ober- und Unterkieferbereiches, d.h. der Zähne mit Wurzeln und umgebenden Knochen, der Kieferhöhlen sowie beider Kiefergelenke auf einem Film ermöglicht. Sie dient daher als Befundunterlage für zahlreiche diagnostische Fragestellungen und wird folglich routinemäßig angefertigt.

Die Ausrichtung des Patienten in der Medianebene und Frankfurter Horizontale sind vom jeweiligen Gerät abhängig. Die Aufnahme erfolgt in leicht protrudierter Gelenkstellung, um Überlagerungen im Bereich der Gelenkanteile zu vermeiden. Nach Einstellung der Belichtungsparameter wird der Patient gebeten, die Zunge an den Gaumen zu legen – um Luftüberlagerungen zu vermeiden – und während der Aufnahme still zu stehen. Danach erfolgt unverzüglich die Exposition. Während der Belichtung dreht sich die Filmkassette - in einer horizontalen, kreisförmigen Bewegung- um das Gesicht des Patienten, die Röntgenröhre gleichzeitig um den Nacken des Patienten.

Auf seinem Weg von der einen zur anderen Gesichtshälfte wird der Panoramafilm durch die aufeinander abgestimmten Bewegungen von Kassette, Primär- und Sekundärschlitzeblende nacheinander belichtet. Über die Drehbewegungen werden alle Strukturen, die nicht in den Rotationszentren des

Gerätes liegen, linear verwischt. Die Schichtdicke passt sich im Laufe der Aufnahme der Breite des Kiefers an (vgl. Abbildung 2). Die Schichtstärke ändert sich von 10 bis 40 mm und der Schichtwinkel liegt zwischen 8 und 15 Grad.



**Abbildung 2: Schichtführung des OPT aus [43]**

Es werden auf einer Panoramaschichtaufnahme alle Strukturen scharf abgebildet, die sich innerhalb der Schicht befinden, ohne dass die außerhalb der Schicht liegenden Objekte gänzlich verwischt werden können [42]. Durch die Breite der dargestellten Schicht ergeben sich im Bereich der Kiefergelenke häufig Überlagerungen (Summationseffekte), wodurch die Fossa articularis und der Gelenkspalt in den meisten Fällen nicht beurteilbar ist. Die Kondylen und die Tuberkula articularia werden dagegen nur von sich selbst überlagert und sind dadurch meist gut abgebildet.

Bei der PSA muss berücksichtigt werden, dass eine gekrümmte Schicht in einer Ebene abgebildet wird, so dass in der Mitte des Bildes eine frontale und auf den Seiten eine laterale Ansicht des Kiefer-Gesichts-Schädels erscheint [42]. Dadurch werden die anatomischen Strukturen in der Aufnahme nicht in ihrer

reellen Lagebeziehung zueinander abgebildet, wodurch Aussagen über die Gelenkspaltbreite sowie das Lageverhältnis des Kondylus zum Tuberkulum nicht möglich sind. Der Vergrößerungsfaktor beträgt zwischen 7 und 27% [7]. Durch unsachgemäßes Positionieren des Patienten im Panoramagerät kann es auf dem Film zu Verfälschungen der Knochenstrukturen kommen; falsch-positive Befunde sind ebenso möglich wie das Übersehen einer pathologischen Veränderung [39]. Somit hat die PSA wie alle anderen Kiefergelenksaufnahmen ihre Vorzüge und Einschränkungen. Ihre Indikation ist eine Übersicht über den dentalen Zustand und in Bezug auf die Kiefergelenke primär die Gelenkübersicht [5-7;24;27].

#### **1.4.2 Magnetresonanztomografie (MRT)/ Kernspintomografie**

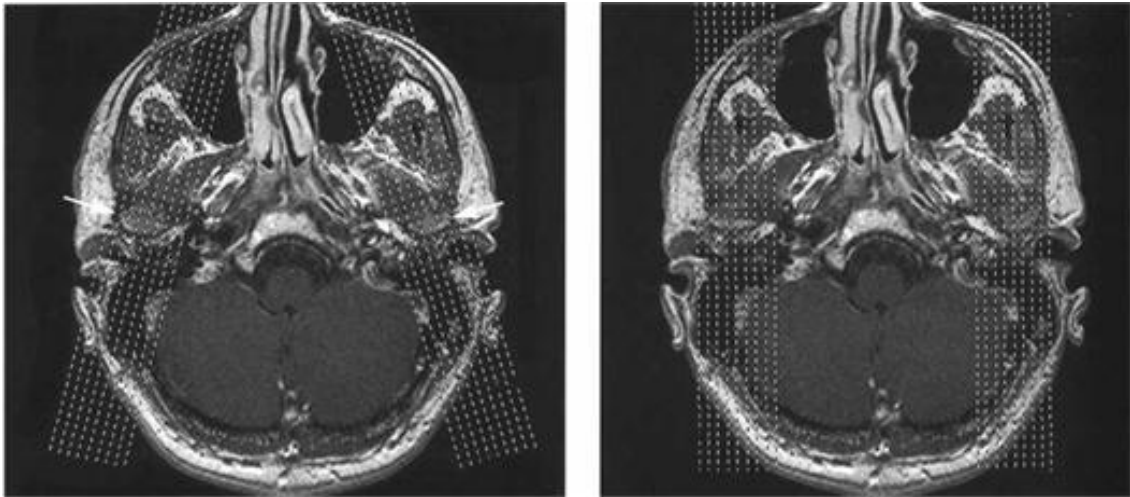
Die Magnetresonanztomografie (MRT) ist ein Schichtbildverfahren, das mittels statischer und dynamischer Magnetfelder neben Knochen auch Weichteilstrukturen detailliert wiedergeben kann [7]. Moderne Geräte sind entweder geschlossene oder offene Systeme. Bei den weit verbreiteten geschlossenen Systemen liegt der Patient in einer Röhre, in der ein statisches Magnetfeld die Protonen des zu untersuchenden Gewebes einheitlich ausrichtet. Durch Zuschaltung eines dynamischen Feldes (Hochfrequenz-Impuls) werden die Protonen kurzzeitig ausgelenkt und kehren anschließend in den Ausgangszustand zurück („relaxieren“). Die dabei auftretenden Relaxationszeiten T1 (Spin-Gitter-Relaxationszeit) und T2 (Spin-Spin-Relaxationszeit) beschreiben die Magnetisierungsänderungen. Die dabei frei werdende elektromagnetische Energie wird gemessen, und in einem Computer werden daraus Bilder errechnet.

Dank der Entwicklung sogenannter Oberflächenspulen lässt sich seit Mitte der 80er Jahre auch das Kiefergelenk untersuchen [22;25]. Ohne diese Oberflächenspulen wäre das signalarme (=protonenarmes) Gewebe der Kiefergelenke nicht darstellbar und somit keine therapeutisch aussagekräftigen MRT's möglich. Durch Fortschritte in der Soft- und Hardware und durch

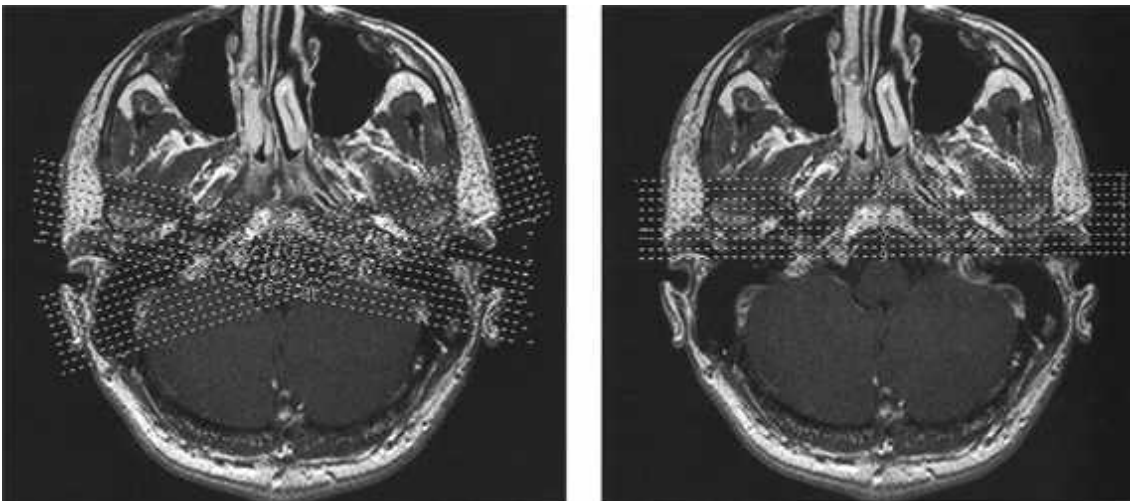
Erweiterungen in der Oberflächenspulen-Technik und den Aufnahmeparametern wurde die Bildqualität schrittweise verbessert [52]. Neben unilateralen Spulen gibt es auch bilaterale, mit denen rechts und links simultan gemessen werden kann. Durch geeignete Parameterauswahl kann der Radiologe MRT's erstellen, die mehr „T1- „ oder aber „T2-Charakteristika“ zeigen. T1-gewichtete Bilder werden durch eine kurze Repetitionszeit ( $TR < 900-600$  ms) und eine kurze Echozeit ( $TE < 20$  ms) erzeugt. Dagegen resultiert aus einer langen Repetitionszeit ( $TR$  ca. 2000 ms) und einer langen Echozeit ( $TE$  ca. 80-120 ms) ein T2-gewichtetes Magnetresonanztomogramm. T1-gewichtete Aufnahmen dienen in erster Linie der exakten Abgrenzung anatomischer Strukturen, T2-gewichtete Aufnahmen sind insbesondere zum Nachweis von Infektionen, Ödemen und Gelenkergüssen geeignet [7;47].

Für die Wahl der Schichtführung wird zunächst in der Horizontalebene, die in der Radiologie als Axialebene bezeichnet wird, eine Suchschicht (Scout-Aufnahme) durch die Gelenke erstellt. Da die Längsachse des walzenförmig gestalteten Kondylus mit dem der Gegenseite einen nach ventral offenen Winkel von ca.  $150^{\circ}-170^{\circ}$  bildet, kann anhand der Scout-Aufnahme die Sagittalschichtung entweder senkrecht zur Kondylenlängsachse parasagittal (d.h. anguliert), oder streng in der Sagittalebene d.h. parallel zur Medianebene gewählt werden (vgl. Abbildung 3, Seite 18).

Die Schichtung in der Frontalebene wird meist ebenfalls anhand einer axialen Scoutaufnahme individuell durch die Längsachse des Kondylus eingestellt. Die Radiologen sprechen dann von Coronaren Schichten, die nacheinander für jedes Gelenk einzeln angefertigt werden (vgl. Abbildung 4, Seite 18).



**Abbildung 3: Scoutsan zur Angulierung der Schichtführung in der Sagittalebene: links anguliert, rechts paramedian ausgerichtet (Abb. aus [7] )**



**Abbildung 4: Scoutsan zur Angulierung der Schichtführung in der Coronarebene: links anguliert, rechts in der Frontalebene ausgerichtet (Abb. aus [7] )**

Darüber hinaus ermöglicht die Magnetresonanztomografie eine Darstellung dynamischer Bewegungsabläufe mit der Cine-Technik. Bei der Cine-Technik handelt es sich um eine schrittweise Darstellung der Mundöffnungs- und Mundschließbewegung. In einer sagittalen Schicht werden bei unterschiedlich weiten Mundöffnungen die einzelnen Phasen der Bewegung aufgenommen. Die sequentielle Aneinanderreihung der einzelnen statischen Aufnahmen führt zu einer kinematographischen Darstellung der Kiefergelenkbewegungen.

Zerebrale Aneurysmenclips, Herzschrittmacher und ferromagnetische Fremdkörper sind Kontraindikationen – kieferorthopädische Apparaturen, Implantate und zahnärztliche Restaurationen jedoch nicht [7]. Patienten mit starker Adipositas können aus Platzgründen nicht in einer MRT-Röhre untersucht werden.

## **1.5 Reliabilität und Validität eines diagnostischen Verfahrens**

### **1.5.1 Reliabilität**

Die Reliabilität beschreibt das Maß, bis zu welchem wiederholte Messungen (Beurteilungen) eines stabilen Zustandes (hier OPT und MRT-Aufnahmen), die durch unterschiedliche Untersucher oder mit unterschiedlichen Instrumenten zeitversetzt oder ortsversetzt vorgenommen werden, zu gleichen Ergebnissen führen. Synonyme sind Zuverlässigkeit, Reproduzierbarkeit oder Präzision des verwendeten Verfahrens [15]. Die Reliabilität kann auch als Maß für die Wiederholbarkeit eines Tests mit identischen Ergebnissen angesehen werden.

### **1.5.2 Validität**

Die Validität eines diagnostischen Verfahrens beschreibt wie geeignet dieses Verfahren zur Untersuchung eines bestimmten Sachverhaltes ist [15]. Die Validität wird anhand der Sensitivität und Spezifität des Testverfahrens beurteilt. Dabei drückt die Sensitivität aus, ob das Testverfahren die tatsächlich Erkrankten auch als solche erkennt und die Spezifität gibt an, ob die Nichterkrankten auch als gesund erkannt werden [2].

## **1.6 Literaturübersicht**

### **1.6.1 Bildgebende Verfahren**

Die Wertigkeit der PSA-Aufnahme in Bezug auf die Kiefergelenksbeurteilung wird unterschiedlich beurteilt. Es gibt nur wenige Studien, die die PSA als geeignete Aufnahme für die Kiefergelenksbeurteilung ansehen. In einer dieser Studien wurde die Darstellung der Gelenkstrukturen im Orthopantomogramm (OPT = PSA) mit tomographischen Aufnahmen der Kiefergelenke, an Hand von Abflachung, Sklerose, Erosion und Osteophytenbildung verglichen [18]. Aus einer Übereinstimmung der Befunde in 76% der Fälle wurde geschlossen, dass das OPT eine ausreichende Darstellung der Gelenkpathologie bei Patienten mit kraniomandibulären Dysfunktionen erlaubt.

Im Positionspapier der American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology wird dagegen die Eignung der PSA lediglich als erstes Screening angegeben [6]. Es wird auf die Einschränkung hingewiesen, dass in der PSA nur das laterale Gelenkdrittel beurteilt werden kann. Weitere Autoren beschreiben die PSA ebenfalls als radiologisches Mittel für ein erstes Screening und verweisen auf eine sehr gute Darstellung von Frakturen und groben degenerativen Veränderungen der Gelenke [27;35;40]. In manchen Studien wird aber auf die schlechte Darstellung der temporalen Gelenkanteile verwiesen [6;9;27]. Zusatzprogramme zur Kiefergelenksdarstellung bringen in der Funktionsdiagnostik keinen wesentlichen Vorteil mit sich, und sind daher aufgrund der zusätzlichen Strahlenbelastung nicht indiziert [7].

Die Magnetresonanztomografie ist aufgrund der guten Detailwiedergabe von Weichteilstrukturen und der fehlenden Strahlenbelastung anderen bildgebenden Verfahren weit überlegen. Das MRT hat sich zur Methode der Wahl bei allen Formen der Diskusverlagerung im Kiefergelenk entwickelt [30;32;44], da es im Gegensatz zu allen anderen bildgebenden Verfahren als einziges Adaptationserscheinungen und pathologische Prozesse der bilaminären Zone,



der faserknorpeligen Gelenkflächen und des Diskus articularis abbilden kann [7]. Auch die Darstellbarkeit von Knochenstrukturen wurde stark verbessert und steht der Detailwiedergabe im CT kaum noch nach [21;26;44;49]. Das MRT kann mehrere Ebenen darstellen (sagittal und coronar) und erlaubt neben Bewegungsanalysen in der CINE-Technik inzwischen auch 3-D Rekonstruktionen [2;7;47]. Da die klinische Untersuchung allein keine sicheren Informationen über die Diskuslage im Kiefergelenk geben kann [3], haben kernspintomografische Befunde einen immer größeren Einfluss auf die Therapieplanung und Durchführung und sollten daher in schwierigen Fällen als sinnvolle Ergänzung der konventionellen klinischen Kiefergelenk-Befunderhebung angesehen werden [23].

### **1.6.2 Reproduzierbarkeitsstudien mit mehreren Untersuchern**

Verschiedene Untersuchungen haben sich mit der Übereinstimmung zweier oder mehrerer Bewerter bei der bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik befasst.

Es konnte bei der OPT Beurteilung gezeigt werden, dass gute Übereinstimmungen zwischen mehreren Untersuchern erreichbar waren [9;18;40]. Einschränkungen gab es bei den temporalen Gelenkanteilen [9]. Auch wurden Unterschiede zwischen der Bewertung durch Radiologen und Zahnärzte festgestellt, die sich durch eine Kalibrierung aber verringerten [9].

Eine Literaturstudie [30], die unter anderem die Wertigkeit des MRT in sämtlichen von 1978 bis 1994 veröffentlichten Artikeln untersuchte, verweist auf nur eine Studie zur Übereinstimmung zwischen zwei Bewertern [45]. Diese ergab eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Bewertungen beider Untersucher, sowie bei der Zweitbewertung durch denselben Untersucher [45]. In neueren Studien wurde mit mehreren Bewertern die Diskusbeurteilung untersucht. Der Grad an Übereinstimmung variierte dabei nach der Einteilung von Landis und Koch [29] von durchschnittlich bis gut [33;34;36;37]. Das Maß an Übereinstimmung hängt zum einen von der Erfahrung der Bewerter und zum

anderem von der Abstimmung unter den Bewertern ab und kann durch Kalibrierung deutlich gesteigert werden [37]. Ein weiterer wichtiger Faktor mit Einfluss auf die Übereinstimmung sind die für die Beurteilung gewählten Kriterien. In einer Studie mit vier erfahrenen Bewertern, die zuvor noch nicht miteinander gearbeitet hatten, wurde die Übereinstimmung in verschiedenen „subjektiven“ Bewertungskriterien die Diskusstruktur und Lage in sagittalen und coronaren Schichten untersucht. Als subjektiv wurden die Kriterien bezeichnet, da ihre Abgrenzung voneinander der subjektiven Einschätzung des Bewerter unterliegt. Die Kappa-Werte dieser Untersuchung lagen zwischen 0,15 bei der leichten Diskusverlagerung und 0,91 bei der vollständigen Diskusverlagerung ohne Reposition, die klarer abgrenzbar ist [34]. In einer weiteren Studie konnte kein wesentlicher Unterschied zwischen verschiedenen Möglichkeiten zur Diskuslagebestimmung anhand von sagittal geschlossenen Aufnahmen festgestellt werden [36]. Diese Autoren empfahlen die Lage der pars intermedia als Kriterium für Diskusverlagerungen, da dieses weniger Falsch-Positiv-Befunde ergab als die 10-12 Uhr Kriterien der posterioren Lamelle. Andere Autoren erzielten minimale Abweichungen und damit eine hohe Übereinstimmung zwischen vier Bewertern unter Verwendung eines quantitativen Verfahrens zur Diskuslage und Längenbestimmung (Längenmessung mit Hilfe einer Übertragungsschablone) [33].

Es konnte keine Studie gefunden werden, die – wie die vorliegende - die radiologischen Befunde in der PSA mit denen des MRT's vergleicht und in beiden Verfahren die Übereinstimmung zwischen 4 Bewertern prüft, und zusätzlich Radiologen mit Zahnärzten vergleicht.

## **1.7 Ziele der Untersuchung**

Ziel dieser Untersuchung war es, die folgenden Hypothesen zu testen:

1. Es gibt zwischen der Einschätzung radiologischer Befunde des Kiefergelenkes verschiedener Bewerter keine Unterschiede.
2. Es gibt zwischen der Einschätzung radiologischer Befunde des Kiefergelenkes von Radiologischen Diagnostikern und Zahnärzten keine Unterschiede.
3. Am MRT festgestellte, strukturelle Befunde können gleichwertig auch auf der PSA gesehen werden.

## **2 Material und Methode**

### **2.1 Patienten**

Bei 50 Patienten, die im Rahmen einer funktionstherapeutischen Sprechstunde untersucht worden waren, sind nach einer klinischen Funktions-Analyse zusätzlich zur PSA als weiterführende Diagnostik MRT's angeordnet worden. Die untersuchten Patienten waren zum Zeitpunkt der MRT-Untersuchung zwischen 13 und 86 Jahre alt, somit betrug das mediane Alter 49,5 Jahre. 74% der Patienten waren Frauen (n=37) und 26% Männer (n=13). Eine grafische Darstellung der Alters- und Geschlechtsverteilung gibt Abbildung 17 im Anhang.

Die klinischen Diagnosen nach der vollständigen Befunderhebung folgen der Einteilung nach Dworkin und LeResche [12] und können der Tabelle 1 Seite 26 entnommen werden. Die Patienten dieser Untersuchung litten vorwiegend an einer Kiefergelenkproblematik: 4% (n=2) der Patienten hatten keine festzustellende Erkrankung, 4% (n = 2) der Patienten litten unter einer Myalgie. Bei 92% (n = 46) der Patienten wurde eine Erkrankung der Klassen 2 (Diskusverlagerung) und 3 (Arthritis, Arthrose mit und ohne Arthralgie) festgestellt.

**Tabelle 1: Ausgangsdiagnosen nach Dworkin und LeResche [12]** (Mehrfachnennungen sind möglich).

Gruppe	Untergruppe	Anzahl Patienten
1. Muskel-Befunde	A Myofaciale Schmerzen	2
	B Myofaciale Schmerzen mit eingeschränkter Mundöffnung	
2. Diskusverlagerung	A Diskusverlagerung mit Reposition	2
	B Diskusverlagerung ohne Reposition, mit eingeschränkter Mundöffnung	13
	C Diskusverlagerung ohne Reposition, ohne eingeschränkte Mundöffnung	3
3. Arthralgie, Arthritis, Arthrose	A Arthralgie	11
	C Osteoarthritis (incl. Arthralgie)	29
	D Osteoarthrose	3

## 2.2 Radiologische Unterlagen

Da bei einigen der 50 Patienten im Verlauf der Behandlung weitere MRT's oder OPT-Röntgenbilder angefertigt wurden, weicht die Anzahl der statistisch ausgewerteten Aufnahmen von den 100 zur Verfügung stehenden Kiefergelenken nach oben ab.

Im einzelnen waren 2 zusätzliche Kernspintomogramme und ein weiteres OPT vorhanden. Ein Kiefergelenk wurde aufgrund einer Fraktur aus der Studie ausgeschlossen. Somit umfasst die Studie **103** in **Magnetresonanztomogrammen** und **101** in **OPT Röntgenbildern** abgebildete Kiefergelenke.

Um die Aussagekraft der Untersuchung zu erhöhen, wurde für den Teilbereich, in dem beide bildgebenden Verfahren miteinander verglichen wurden (vgl. 3.2.), vor der statistischen Auswertung weiter selektiert:

1. Der zeitliche Abstand zwischen beiden Aufnahmeverfahren durfte ein Jahr nicht überschreiten.
2. Alle Aufnahmen mussten von allen 4 Beurteilern als „auswertbar“ eingestuft worden sein.

Die Anzahl der in 3.2. herangezogenen Aufnahmen reduzierte sich dadurch auf 68 abgebildete Kiefergelenke von 34 Patienten. Die Alters- und Geschlechtsverteilung änderte sich dadurch nicht.

### **2.2.1 Panoramaschichtaufnahmen**

Als Panoramaschichtaufnahmen wurden Orthopantomogramme im Standardprogramm aufgenommen. Die Schichtführung ist Abbildung 2 Seite 15 zu entnehmen.

Als Röntgengerät diente ein Orthophos-Belichter (Firma Siemens AG, Bensheim, Deutschland) mit Siemens Filmkassetten. Als Filme wurden entweder Kodak TMG RA 15cm x 30cm mit Kodak Lanex Medium Verstärkerfolie oder bis einschließlich 1990 Dupont Cronex 4 Safety 15cm x 30cm mit Siemens Spezial Vorder- und Hinterfolie verwendet.

Die Entwicklung fand mit einem Dürr-Dental XR 24-II-Entwicklergerät bei einer Temperatur von 28°C unter Verwendung des Dürr Automat XR Entwicklers statt. Die Entwicklungszeit betrug jeweils 7 Minuten.

Die Verteilung der Aufnahmejahrgänge ist der Tabelle 10 im Anhang zu entnehmen.

### 2.2.2 Magnetresonanztomogramme

Alle MRT's wurden mit einem Ganzkörpertomographen Magnetom Impact (Firma Siemens AG, Erlangen, Deutschland) mit einer Feldstärke von 1,0 Tesla unter Verwendung einer speziellen Oberflächenspule - einer dedizierten TMJ-Spule - in der Abteilung für Radiologische Diagnostik des Universitätsklinikums Tübingen angefertigt. Es wurden T1-gewichtete Spinecho (SE) Aufnahmen mit einer Echozeit (TE) von 15 ms und einer Repititionszeit (TR) von 350 ms aufgenommen. Die Schichtrichtung wurde in sagittaler Ebene senkrecht zur Kondylenlängsachse der Kiefergelenke mit Hilfe einer Scout-Aufnahme individuell eingestellt. Die sogenannte Angulierung ist in Abbildung 3 Seite 18 dargestellt; zur Veranschaulichung ist daneben die parasagittale Schichtführung abgebildet. Es wurden Aufnahmen bei geschlossenem und maximal geöffnetem Mund mit 3,3 mm Schichtabstand durchgeführt. Die Aufnahmedauer pro Kiefergelenk betrug 3-5 Minuten.

Zur Bewegungsanalyse sind von beiden Kiefergelenken in einer mittigen Schicht zusätzlich Aufnahmen in der Cine-Technik (Flash-2D-cine-Technik) bei stufenweiser Mundöffnung in 10 Schritten angefertigt worden. Die Aufnahmezeit dieser Gradientenecho-Aufnahmen betrug jeweils 25 Sekunden.

Coronare Schichtungen wurden nur zum Teil angefertigt und daher nicht für die Auswertung herangezogen.

Die beurteilten Kernspintomogramme wurden in der Zeit zwischen dem 24.03.1993 und dem 23.10.1997 angefertigt. Die Verteilung der Aufnahmejahrgänge ist in Tabelle 10 im Anhang wiedergegeben.



### **2.3 Untersucher**

Alle Aufnahmen wurden von vier unterschiedlichen Begutachtern ausgewertet: Zwei Radiologen der Abteilung für Radiologische Diagnostik des Universitätsklinikum Tübingen und zwei Zahnärzten (ein Studierender) aus dem Zentrum für ZZMK Tübingen.

Ein Radiologe hatte langjährige Erfahrung mit der Beurteilung von MRT's der Kiefergelenke. Der zweite Radiologe, erfahren in der allgemeinen MRT-Diagnostik, hatte sich in die Problematik der Kiefergelenksbeurteilung eingelesen und wurde vor der ersten Beurteilungssitzung anhand mehrerer Beispielgelenke in die spezielle Kiefergelenksdiagnostik eingewiesen.

Von den beiden Zahnärzten wies einer langjährige Erfahrung in der klinischen Funktionsdiagnostik, der Kiefergelenkstherapie und der Kiefergelenksdiagnostik im MRT und OPG auf. Der zweite den Zahnärzten zugerechneten Bewerter, war ein Zahnmedizinstudent, der vor der Bildbewertung in mehreren Sitzungen durch gemeinsame Befundung zahlreicher Gelenke von dem ersten Zahnarzt in die MRT- und OPG Diagnostik eingewiesen worden war.

## **2.4 Bewertungskriterien und Gradeinteilung**

Die Auswahl der für die Bewertung der Kiefergelenke verwendeten Kriterien und deren Gradeinteilung wurden von den beiden Zahnärzten vor der eigentlichen Untersuchung getroffen und während der Einweisung des Zahnmedizinstudenten in die bildgebende Diagnostik erprobt.

Die Beurteilung der knöchernen Strukturen erfolgte in beiden Aufnahmeverfahren anhand der drei etablierten Kriterien Abflachung, Osteophyt und Erosion [9;13;18-20;27;40;45;50]. Im MRT wurde zusätzlich in der Sagittalebene die Weichgewebsstruktur und Lage des Diskus artikularis beurteilt. Veränderungen an der Fossa artikularis wurden - mangels Bewertbarkeit im OPT nicht erfasst [6;27].

Die Bewertungen der MRT's basiert auf der Sichtung aller vorhandenen Schichten. Eine getrennte Bewertung von lateraler, zentraler und medialer Schicht erfolgte nicht.

### **Abflachung**

Ein gesunder Gelenkkopf hat einen runden bis ovalen Querschnitt und ist im Bereich seiner artikulierenden Flächen konvex. Die ursprünglich sphärisch geformten Gelenkflächen werden im Laufe der Erkrankung flach bis konkav. Dieses kann im Bereich der artikulierenden Flächen am Kondylus und an der Gelenkbahn (Tuberkulum artikulare) auftreten.

### **Osteophyt**

Als Osteophyt wird ein reaktiver Anbau von Gelenkknorpel oder Knochen bezeichnet. Die Lokalisation dieser umschriebenen Apposition findet sich meist an der vorderen Seite des Kondylus artikularis unterhalb der artikulierenden Flächen.

**Erosion**

Die Erosion ist eine regressive Veränderung des Kiefergelenkes mit Unterbrechung der Kortikalisstruktur der Gelenkfläche. Sie zeigt sich als nicht gleichmäßige oder nicht kontinuierliche Kortikalislinie des Gelenkkopfes. Gelegentlich kommen im ausgeprägten Stadium subchondrale Zysten vor.

Diese 3 Kriterien wurden von jedem Untersucher im MRT und im OPT mit einem der 4 Grade: nicht vorhanden (0), vorhanden (1), stark ausgeprägt (2) oder als Aufnahme nicht beurteilbar (5) bewertet.

**Tabelle 2: Gradeinteilung der knöchernen Kiefergelenksveränderungen**

<b>Beschreibung</b>	<b>Grad</b>
nicht vorhanden	0
Vorhanden	1
stark ausgeprägt	2
nicht bewertbar	5

### Diskus artikularis im MRT

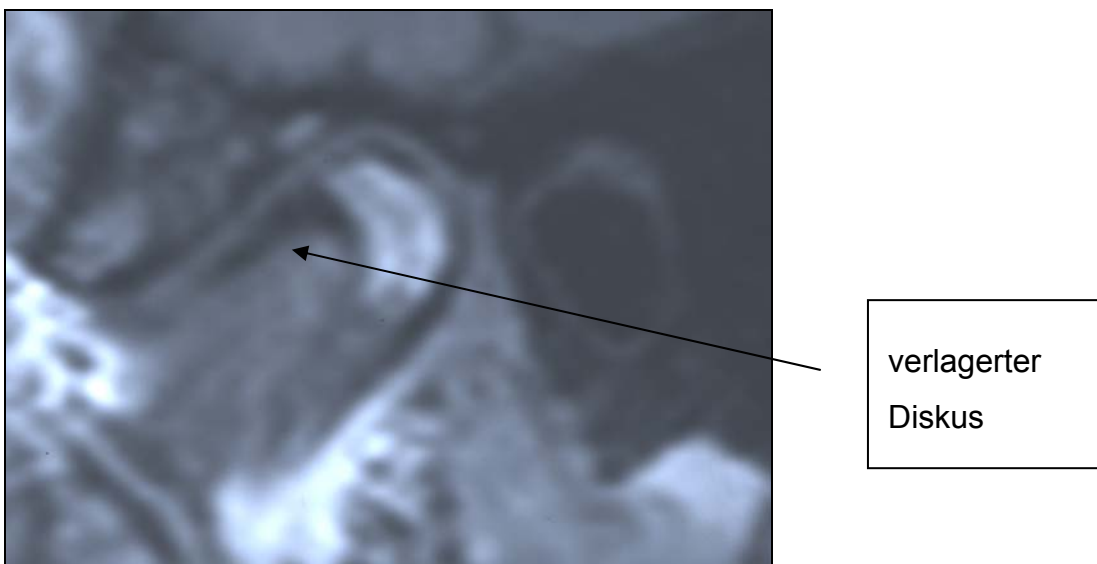
Der Diskus wurde als gesund angesehen, wenn seine bikonkave Form deutlich durch die vordere und hintere Lamelle begrenzt und seine Lage mittig auf dem Kondylus war (10-12 Uhr-Position) [36]. Bei nicht mehr vorhandener bikonkaver Grundform vorwiegend durch Abflachung der posterioren Lamelle oder bei Veränderungen beider Lamellen mit einhergehender nur noch unscharfer Signalgebung im MRT wurde der Diskus als verändert und nicht verlagert mit der Note 1 bewertet [44;45]. War die Lage eines veränderten Diskus nicht physiologisch aber noch auf dem Kondylus, wurde er als partiell verlagert betrachtet. Bei vollständiger Verlagerung lag der Diskus in einer mittleren Schicht des Gelenkes nicht mehr zwischen Kondylus und Gelenkbahn sondern in seiner ganzen Länge (meist in anteriorer-medialer Richtung) davor. Weiter wurde unterschieden, ob er bei der Mundöffnung reponierte, d. h. bei geöffnetem Mund wieder zwischen Kondylus und Tuberkulum artikularis lag, oder nicht reponierte und damit vor dem Kondylus liegen blieb.

**Tabelle 3: Gradeinteilung der Diskusstruktur und Lage**

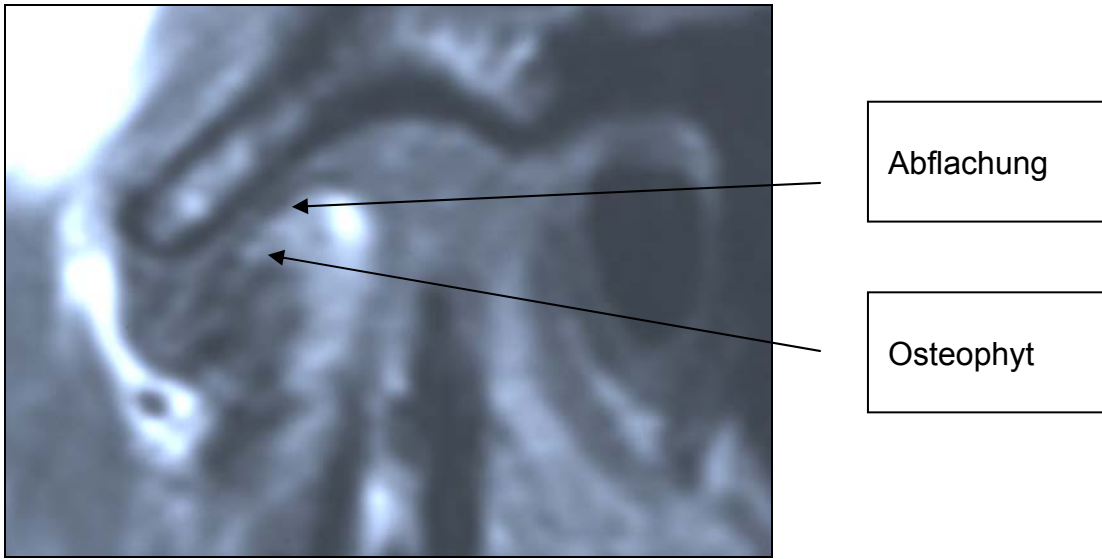
Diskusstruktur	Diskuslage	Grad
Gesund	nicht verlagert	0
Verändert	nicht verlagert	1
Verändert	partiell verlagert	2
Verändert	vollständig verlagert mit Reposition	3
Verändert	vollständig verlagert ohne Reposition	4
nicht bewertbar	nicht bewertbar	5

Als Beispiel für die schwersten Grade der beurteilten Kriterien, ist in Abbildung 5-7 ein linkes Kiefergelenk dargestellt, welches eine ausgeprägte Abflachung, einen großen Osteophyten und erhebliche Erosionen aufweist. Der veränderte Diskus ist vollständig verlagert und kaum noch als solcher zu erkennen. In der coronaren Schicht werden die Erosionen deutlicher sichtbar und es ist im Gelenkspalt ebenfalls kein Diskus zu erkennen.

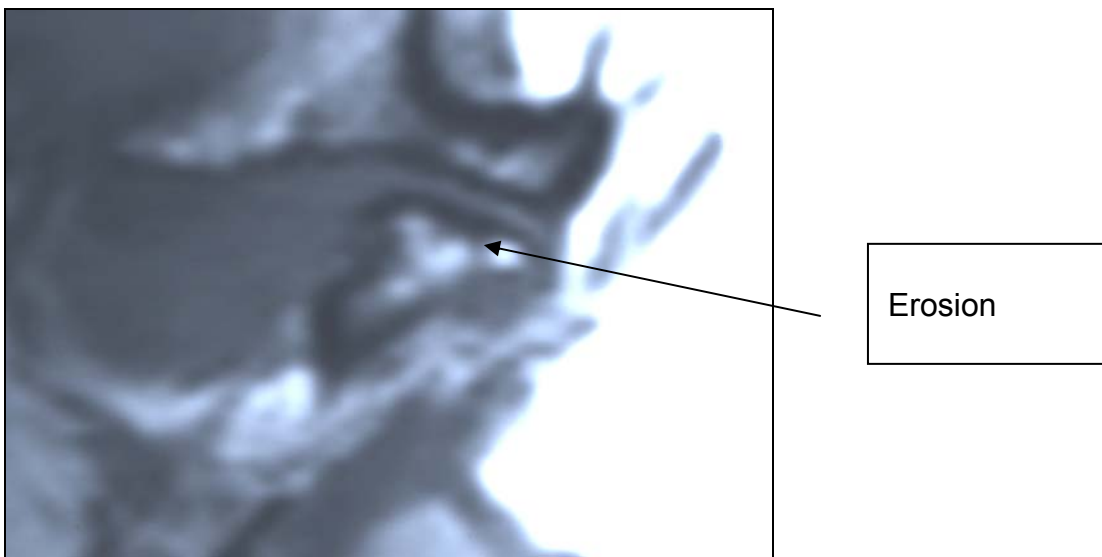
Um sich in den folgenden Abbildungen besser zu recht zu finden, empfehle ich die Abbildung 1 mit der Anatomie des Kiefergelenkes auf Seite 7 noch einmal anzusehen (hier seitenverkehrt).



**Abbildung 5: Ausschnitt aus MRT sagittal geschlossen**



**Abbildung 6: Ausschnitt aus MRT sagittal geöffnet**



**Abbildung 7: Ausschnitt aus MRT coronar geschlossen**

## **Studienablauf**

Die Bewertung aller 103 MRT-Gelenke nahm 2 Auswertungen in Anspruch. Ihr zeitlicher Abstand betrug 2 Wochen. Vor der ersten Sitzung wurde mit allen Bewertern anhand von 3 Patientenfällen (6 Kiefergelenken) die Bewertungskriterien und Grade besprochen und festgelegt. Zu Beginn der 2. Sitzung wurde dies wiederholt. Die hierfür herangezogenen Aufnahmen wurden in den regulären Durchgängen erneut bewertet. Die Abfolge der Patienten war für jeden der vier Untersucher unterschiedlich, jedoch wurden die Kiefergelenke eines Patienten im MRT jeweils nacheinander beurteilt.

Die Bewertung der 51 OPT's fand in einer dritten Sitzung statt. In einem ersten Durchgang wurden die rechten, in einem zweiten die linken Kiefergelenke bewertet, die Reihenfolge wurde verändert und war zufällig. Bei der Beurteilung wurde an den Röntgenbetrachtern nur ein 5cm x 6cm großer Ausschnitt des Röntgenbildes eingeblendet, so dass nur das jeweils aufgelegte Kiefergelenk sichtbar war. Durch dieses so genannte blind-reading Verfahren wurde vermieden, dass zahntragende Kieferabschnitte oder sonstige Besonderheiten, die Hinweise auf den betreffenden Patienten und dessen Gelenkzustand geben könnten, zu sehen waren und die Beurteilung beeinflussten.

Die befundenden Ärzte bewerteten alle Aufnahmen selbstständig und erhielten zu keiner Zeit Einblicke in die von den anderen vergebenen Bewertungen.

## 2.5 Datenverarbeitung und Statistische Auswertung

Die Dateneingabe und Verwaltung erfolgte in der Software Microsoft Excel 7.0.

Die Benotungen der 4 Untersucher wurden für die Auswertung, nach Kriterien und Aufnahmeverfahren getrennt, in Tabellen zusammengefasst. Danach wurde mit der Statistiksoftware JMP 4.0 (SAS Corporation, USA) das Kappa nach Fleiss [14] für mehrere Untersucher mit 95% Konfidenzintervallen (95%-CI) [28] berechnet. In den Teilabschnitten, in denen zwei Bewertungen miteinander verglichen werden sollten (Untersuchergruppen Radiologen und Zahnärzte), wurde das Kappa nach Cohen [8] herangezogen, ebenfalls mit 95% Konfidenzintervallen.

Für den Vergleich zwischen den 4 Untersuchern (vgl. 3.1) standen im MRT 103 Datensätze und im OPG 101 Datensätze (vgl. 2.2) mit je vier Bewertungen pro Kriterium zur Verfügung.

Um die Bewertungen aus beiden bildgebenden Verfahren (vgl. 3.2) miteinander vergleichen zu können, wurden die 68 Datensätze (vgl. 2.2) in einer eigenen Tabelle zusammengefasst und das Kappa nach Cohen [8] für alle 4 Bewerter, für die beiden Radiologen, für die beiden Zahnärzte und für jeden Untersuchern einzeln mit den entsprechenden 95%-Konfidenzintervallen berechnet.

Der Kappa-Wert beschreibt üblicherweise in einer Scala von 0,00-1,00 (0-100%) den Grad an Übereinstimmung zwischen den verglichenen Bewertungen. Tritt ein negativer Kappa-Wert auf, hat er seinen Ursprung in einer in manchen Situationen vorkommenden rein zufälligen Übereinstimmung, die geringer ist, als sie für diese Kombination mathematisch zu erwarten gewesen wäre.

Das 95% Konfidenzintervall gibt an, in welchem Bereich der wahre Kappawert zu 95% Wahrscheinlichkeit liegt. Je geringer die Grenzen voneinander abweichen, desto zuverlässiger wird der ermittelte Kappa-Wert. Ein signifikanter



Unterschied zwischen verschiedenen Kappa-Werten unterschiedlicher Untersucher oder unterschiedlicher Aufnahmeverfahren wird angenommen, wenn sich die 95% Konfidenzintervalle nicht überschneiden.

Die Übertragung der Höhe der Kappa-Werte in den allgemeinen Sprachgebrauch erfolgt üblicherweise in der willkürlich getroffenen Einteilung nach Landis und Koch [29] die von Altmann [2] modifiziert wurde.

**Tabelle 4: Übersicht über die Klasseneinteilung der Übereinstimmung nach Landis und Koch [29] modifiziert nach Altmann [2].**

Kappa-Wert	Intensität der Übereinstimmung englisch	Intensität der Übereinstimmung deutsch
$\leq 0,20$	poor	schlecht
0,21-0,40	fair	gering
0,41-0,60	moderate	mäßig
0,61-0,80	good	gut
0,81-1,00	very good	sehr gut

### **3 Ergebnisse**

#### **3.1 Übereinstimmung zwischen den Bewertungen der Untersucher innerhalb der bildgebenden Verfahren**

##### **3.1.1 Panoramaschichtaufnahmen**

Zwischen den Bewertungen von allen vier Bewertern wurden bei den OPT Röntgenbildern für die drei Merkmale Abflachung, Osteophyt und Erosion Kappa-Werte zwischen 0,35 und 0,49 festgestellt. Die höchste Übereinstimmung wurde bei dem Merkmal der Erosion mit einem Kappa von 0,49 und einem 95% CI von 0,33 bis 0,65 erzielt. Die geringste Übereinstimmung errechnete sich bei der Abflachung mit 0,35 und einem 95% CI von 0,29 bis 0,41 (vgl. Tabelle 5 Seite 42). Damit lag die Übereinstimmung nach Landis und Koch [29] bei der Abflachung im geringen (fair) und bei den Kriterien Osteophyt und Erosion im mäßigen (moderate) Bereich.

Bei der Aufgliederung in die Untersuchergruppen Radiologen und Zahnärzte ergaben sich Unterschiede zwischen beiden Gruppen: Bei den Merkmalen Abflachung und Osteophyt hatten die Zahnärzte in der Tendenz einheitlicher bewertet als die Radiologen, bei der Erosion war dies entgegengesetzt (siehe Tabelle 5 Seite 40 und Abbildung 8 Seite 40). Die höchste Übereinstimmung bei den Röntgenbildern und in der gesamten Untersuchung wurde mit einem Kappa von 0,61 beim Merkmal des Osteophyten bei der Bewertung durch die beiden Zahnärzte erzielt, die nach Landis und Koch als gut bezeichnet werden kann. Die Radiologen hatten hier uneinheitlicher bewertet, ihr Kappa Wert lag mit 0,30 im geringen Bereich und ihr 95% CI verfehlte das der Zahnärzte knapp, wodurch sich hier ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Untersuchergruppen ergab. Für das Kriterium der Abflachung erreichten die Radiologen eine geringe und die Zahnärzte eine mäßige, bei der Erosion beide Gruppen jeweils untereinander eine mäßige Übereinstimmung. Die 95% Konfidenzintervalle überschritten sich hier, und ihre Breite unterschied sich unwesentlich, so dass kein signifikanter Unterschied für diese Merkmale zwischen beiden Untersuchergruppen festgestellt werden konnte.

Tabelle 5:  $\kappa$  = Kappa-Werte der Bewerterübereinstimmung im OPT mit oberer und unterer Grenze der 95% Konvidenzintervalle (-/+ CI)

OPT	Abflachung		Osteophyt		Erosion	
	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI
4 Bewerter	<b>0,35</b>	0,29 - 0,41	<b>0,43</b>	0,37 - 0,49	<b>0,49</b>	0,33 - 0,65
2 Radiologen	<b>0,31</b>	0,17 - 0,45	<b>0,30</b>	0,16 - 0,44	<b>0,53</b>	0,35 - 0,71
2 Zahnärzte	<b>0,47</b>	0,33 - 0,61	<b>0,61</b>	0,45 - 0,75	<b>0,44</b>	0,28 - 0,60

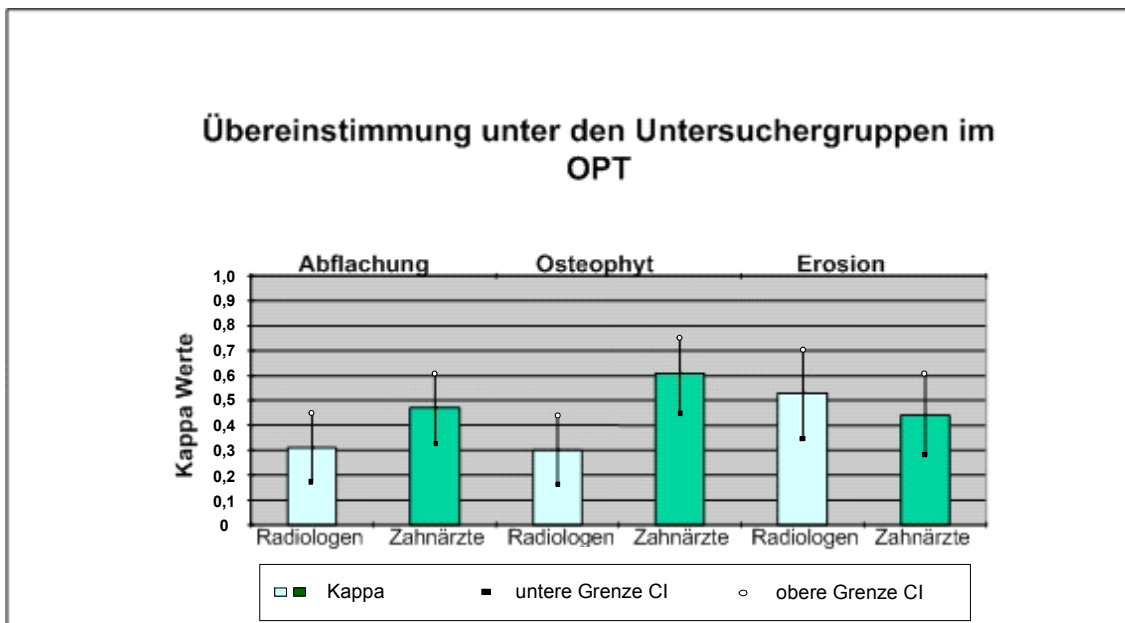


Abbildung 8: Ergebnisse der Übereinstimmung im OPT nach Untersucherguppen

### 3.1.2 Magnetresonanztomogramme

In der MRT-Bewertung für die knöchernen Merkmale Abflachung, Osteophyt und Erosion wurde für die Übereinstimmung unter allen vier Untersuchern Kappa-Werte zwischen 0,28 und 0,31 mit Konfidenzintervallen von 0,20 bis 0,41 errechnet (vgl. Tabelle 6 Seite 42). Bei der Beurteilung der Diskuslage und -struktur konnte ein etwas höherer Kappa-Wert von 0,46 erreicht werden. Die Breite des 95% CI war hier mit Werten von 0,40 – 0,52 kleiner als bei den knöchernen Merkmalen.

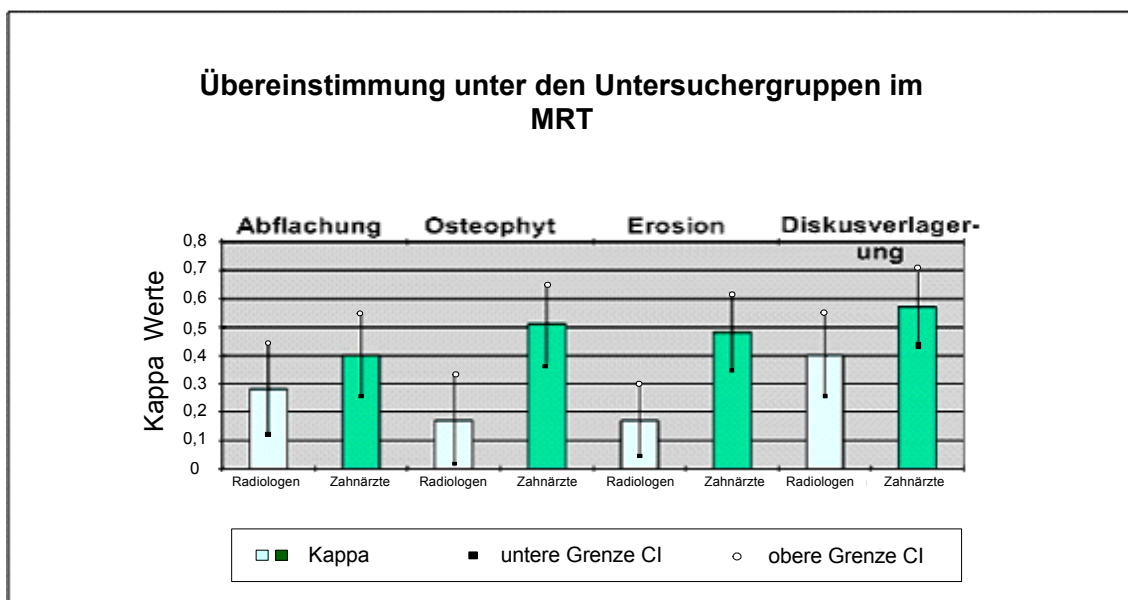
Nach der Einteilung von Landis und Koch [29] wiesen die Kappa-Werte der Bewertungen für die knöchernen Befunde auf eine lediglich geringe (fair) und für die Weichgewebsbeurteilung auf eine mäßige (moderate) Übereinstimmung unter den vier Untersuchern hin.

Verglich man die Bewertungen der beiden Radiologen bzw. der Zahnärzte miteinander, so wurden von den Zahnärzten in allen Kriterien höhere Kappa Werte erreicht. Sie erzielten nach der Einteilung von Landis und Koch [29] bei der Abflachung einen geringen und in allen anderen Kriterien einen mäßigen Grad an Übereinstimmung. Bei der Diskus- Struktur und Lage wurde von den Zahnärzten mit 0,57 (vgl. Tabelle 6 Seite 42) der höchste Kappa Wert erzielt. Die Werte der Radiologen lagen durchweg im geringen Bereich, wobei auch von diesen bei der Bewertung des Diskus der höchste Wert erreicht wurde.

Für die Bewertung der Merkmale Osteophyt und Erosion lag ein statistischer Unterschied zwischen den Radiologen und Zahnärzten vor, da sich die Kappa-Werte der 95% Konfidenzintervalle beider Gruppen in diesen Kriterien nicht überschneiden.

**Tabelle 6:  $\kappa$  = Kappa-Werte der Bewerterübereinstimmung im MRT mit oberer und unterer Grenze der 95% Konfidenzintervalle (-/+ CI)**

MRT	Abflachung		Osteophyt		Erosion		Diskus- verlagerung	
	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI
4 Bewerter	<b>0,28</b>	0,22 -0,34	<b>0,30</b>	0,20 -0,41	<b>0,31</b>	0,23 -0,39	<b>0,46</b>	0,40 -0,52
2 Radiologen	<b>0,28</b>	0,12 -0,44	<b>0,17</b>	0,01 -0,33	<b>0,17</b>	0,05 -0,29	<b>0,40</b>	0,26 -0,54
2 Zahnärzte	<b>0,40</b>	0,26 -0,54	<b>0,51</b>	0,37 -0,65	<b>0,48</b>	0,34 -0,62	<b>0,57</b>	0,45 -0,69



**Abbildung 9: Ergebnisse der Übereinstimmung im MRT nach Untersuchergruppen**

## 3.2 Übereinstimmung zwischen den Bewertungen aus beiden bildgebenden Verfahren

### 3.2.1 Alle vier Untersuchern

Verglich man die Bewertungen aus beiden bildgebenden Verfahren miteinander, so wurden für alle 4 Bewerter Kappa-Werte von 0,03 bis 0,20 mit 95%CI's von -0,02 bis 0,30 errechnet (vgl. Tabelle 7 Seite 43). Dies entspricht nach der Einteilung von Landis und Koch [29] einer schlechten (poor) Übereinstimmung. Diese war für das Kriterium der Abflachung mit einem Kappa-Wert von 0,20 und einem CI von 0,1 bis 0,3 noch am höchsten, obwohl die Untersucher, wie sich in 3.1 gezeigt hat, dieses Merkmal insgesamt am uneinheitlichsten bewertet hatten.

Somit kann festgehalten werden, dass die Bewertungen der vier Untersucher aus beiden bildgebenden Verfahren nicht übereinstimmen.

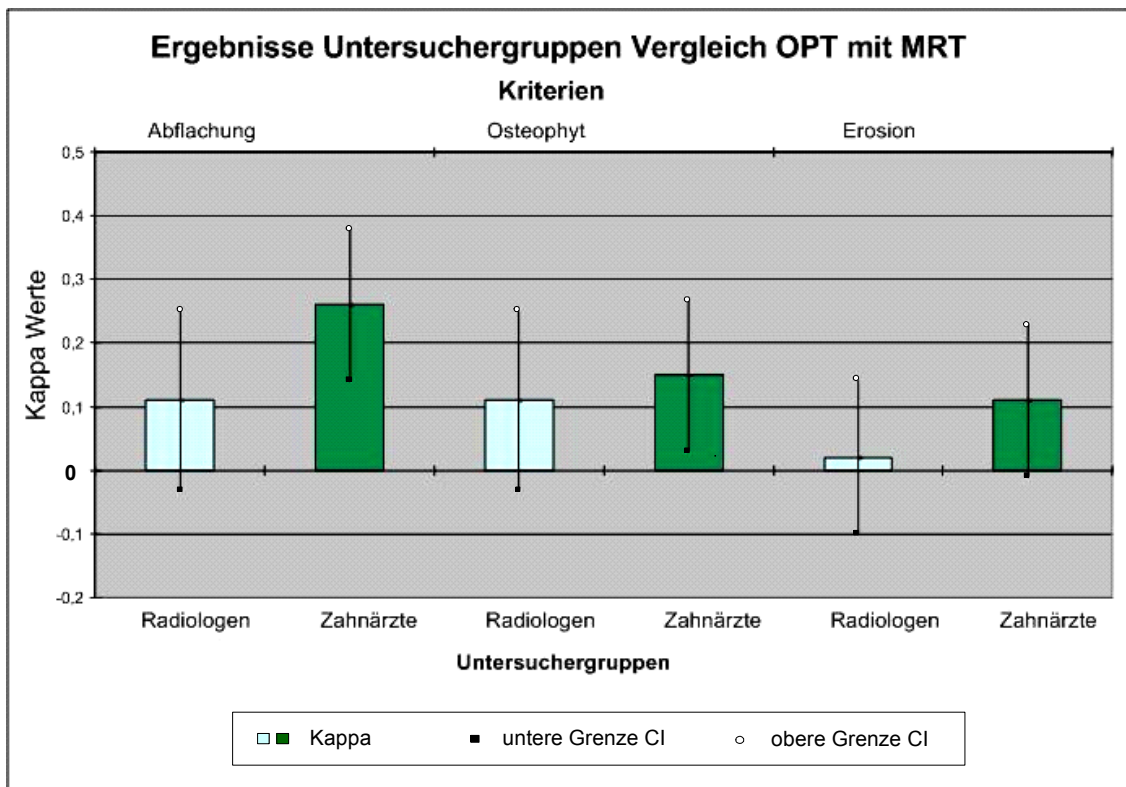
**Tabelle 7:  $\kappa$  = Kappa-Werte der Übereinstimmung zwischen beiden bildgebenden Verfahren mit unterer und oberer Grenze der 95% Konfidenzintervalle ( -/+ CI)**

OPT vs. MRT	Abflachung		Osteophyt		Erosion	
	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI
4 Bewerter	<b>0,20</b>	0,10 – 0,30	<b>0,13</b>	0,03 – 0,23	<b>0,06</b>	-0,02 – 0,14
2 Radiologen	<b>0,11</b>	-0,03 – 0,25	<b>0,11</b>	-0,03 – 0,25	<b>0,02</b>	-0,10 – 0,14
2 Zahnärzte	<b>0,26</b>	0,14 – 0,38	<b>0,15</b>	0,03 – 0,27	<b>0,11</b>	-0,01 – 0,23

### 3.2.2 Untersuchergruppen Radiologen und Zahnärzte

Die für die einzelnen Untersuchergruppen errechneten Werte zeigen auch hier, dass die Werte der Radiologen geringfügig unter denen der Zahnärzte lagen (vgl. Tabelle 7 Seite 43). Letztere erreichten im Merkmal der Abflachung mit einem Kappa-Wert von 0,26 eine geringe Übereinstimmung. Alle anderen Werte lagen im schlechten Bereich. Die 95% Konfidenzintervalle überschritten sich in allen drei Kriterien. Wobei die Konfidenzintervalle bei den Radiologen in allen drei Kriterien in den negativen Bereich ragten, bei den Zahnärzten dagegen bei den Merkmalen Abflachung und Osteophyt noch positiv waren.

Es ist somit auch bei den Untersuchergruppen keine Übereinstimmung in der Bewertung der beiden bildgebenden Verfahren zu finden.



**Abbildung 10:** Ergebnisse der Untersuchergruppen im Vergleich der beiden bildgebenden Verfahren

### 3.2.3 Einzelne Untersucher

Um einen Einfluss der individuellen Erfahrung der Untersucher auf die Ergebnisse zu untersuchen, wurde für jeden der 4 Untersucher für jedes Kriterium, Abflachung, Osteophyt oder Erosion ein Kappa nach Cohen [8] berechnet (vgl. Tabelle 8 Seite 46).

#### **Abflachung**

Der erfahrene Zahnarzt erreichte bei der Abflachung mit einem Kappa von 0,28 und einem CI von 0,1 bis 0,46 den höchsten Wert bei der Übereinstimmung zwischen OPT und MRT, gefolgt von dem unerfahrenen Zahnarzt mit einem Kappa von 0,23 und einem CI von 0,05 bis 0,40, womit diese beiden noch eine Übereinstimmung im geringen Bereich erreichten. Die Übereinstimmung lag bei den Radiologen im schlechten Bereich und die Konfidenzintervalle enthielten negative Werte.

#### **Osteophyt**

Bei dem Osteophyten hatten der unerfahrene Zahnarzt und der unerfahrene Radiologe noch die höchsten Werte, bei dem erfahrenen Radiologen war der Kappa-Wert sogar negativ und die CI's von allen Untersuchern hatten negative Werte.

#### **Erosion**

Bei der Erosion hatte der unerfahrene Zahnarzt die größte Übereinstimmung, gefolgt vom erfahrenen Zahnarzt und dem erfahrenem Radiologen. Für den unerfahrenen Radiologen wurde ein negatives Kappa ermittelt. Auch hier lag die untere Grenze des CI's zum Teil erheblich im negativen Bereich.



Insgesamt bleibt festzuhalten, dass von 12 Berechnungen 10 der 95% Konfidenzintervalle in den negativen Bereich ragen, womit eindeutig keine Übereinstimmung der Bewertungen der Merkmale der knöchernen Veränderungen am Kondylus, wie Abflachung, Osteophyt oder Erosion zwischen beiden bildgebenden Verfahren gefunden werden konnte. Auf den Bildern der beiden verschiedenen Aufnahmeverfahren OPT und MRT ein und desselben Kiefergelenkes waren die knöchernen Veränderungen des Kondylus unterschiedlich bewertet worden.

**Tabelle 8:  $\kappa$  = Cohens-Kappa [8] der Bewertungen der beiden bildgebenden Verfahren für jeden Untersucher**

OPT vs. MRT	Abflachung		Osteophyt		Erosion	
	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI	$\kappa$	95% -/+ CI
Erfahrener Zahnarzt	<b>0,28</b>	0,10 - 0,46	<b>0,13</b>	-0,05 – 0,30	<b>0,10</b>	-0,05 – 0,25
Unerfahrener Zahnarzt	<b>0,23</b>	0,05 - 0,40	<b>0,17</b>	-0,01 – 0,35	<b>0,12</b>	-0,07 – 0,31
Erfahrener Radiologe	<b>0,09</b>	-0,10 - 0,27	<b>-0,03</b>	-0,21 – 0,15	<b>0,07</b>	-0,16 – 0,29
Unerfahrener Radiologe	<b>0,10</b>	-0,08 - 0,28	<b>0,17</b>	-0,02 – 0,35	<b>-0,03</b>	-0,16 – 0,11

Beispielhaft für die unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten ist in Abbildung 11 bis 16 dasselbe linke Kiefergelenk im MRT und OPT abgebildet. Dargestellt sind zwei unmittelbar aufeinander folgende sagittale Schichten des MRT's. In Abbildung 11 und 12 zeigen sich völlig physiologische Gelenkverhältnisse, in Abbildung 13 und 14 sind dagegen eine leichte Abflachung und ein kleiner Osteophyt zu erkennen. Im OPT zeigt sich dieses Gelenk regelrecht. Der Kondylus ist allseitig rund abgebildet und es ist weder ein Osteophyt noch eine Erosion zu erkennen (vgl. Abbildung 15 und 16).

Die vier Untersucher haben das im OPT fast alle auch so gesehen, wie die in Tabelle 9 Seite 51 dargestellten Bewertungen der einzelnen Betrachter zeigen. Im MRT haben drei der vier Bewerter aufgrund der in Abbildung 13 und 14 dargestellten Schicht eine Abflachung und einen Osteophyten diagnostiziert, ein Bewerter maß jedoch der in Abbildung 11 und 12 dargestellten Schicht mehr Gewicht bei und hat das Gelenk als gesund eingestuft.



Abbildung 11: linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 49.3



Abbildung 12: Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 11 (linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 49.3)

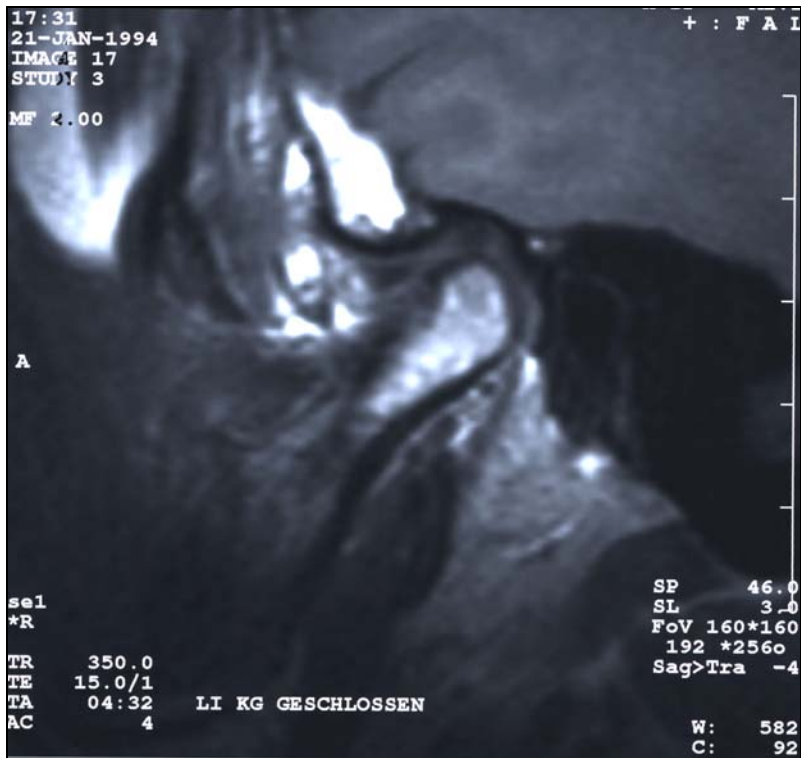


Abbildung 13: linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 46

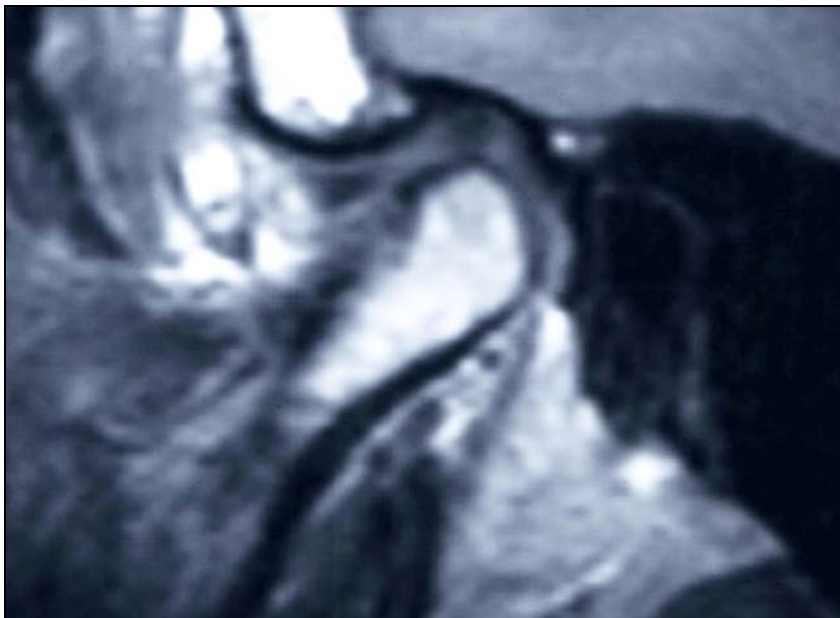
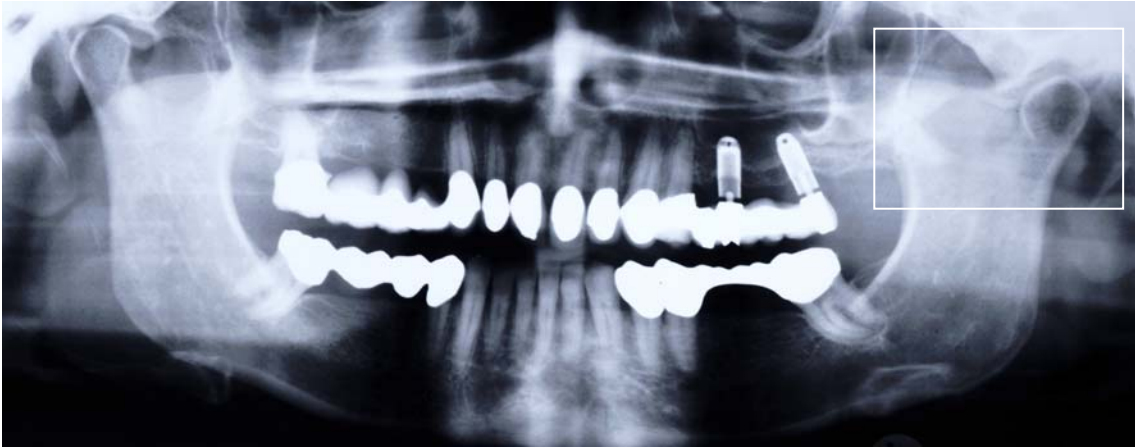


Abbildung 14: Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 13 (linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 46)



**Abbildung 15: OPT desselben Patienten aus Abbildung 11 - 14**



**Abbildung 16: Ausschnittvergrößerung des linken Kiefergelenkes aus Abbildung 15 (OPT)**

Tabelle 9: Bewertungen des in Abbildung 11-16 dargestellten Kiefergelenkes

	MRT			OPT		
	Abflachung	Osteophyt	Erosion	Abflachung	Osteophyt	Erosion
<b>Bewerter 1</b>	1	1	0	0	0	0
<b>Bewerter 2</b>	1	1	0	0	0	0
<b>Bewerter 3</b>	0	0	0	0	1	0
<b>Bewerter 4</b>	1	1	0	1	0	0

## 4 Diskussion

### 4.1 Übereinstimmung unter vier Untersuchern

Bei der bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik kann der Bewerter als Teil des Verfahrens angesehen werden, da er die im Bild enthaltenen Informationen interpretieren muss und daraus eine Diagnose stellt [6]. Dabei kommen mehrere Untersucher bei der Beurteilung des selben Bildes oft zu unterschiedlichen Einschätzungen [37].

Einen Einfluss auf den Grad der zwischen mehreren Bewertern zu erzielenden Übereinstimmung können folgende Faktoren besitzen:

1. Die Zusammensetzung und Anzahl der Bewerter
2. Die Abstimmung unter den Bewertern
3. Die verwendeten Bewertungskriterien und die Anzahl der möglichen Grade

Die **Zusammensetzung** der die Aufnahmen befundenden Ärzte war in dieser Untersuchung inhomogen: zum einen setzten sie sich aus Radiologen und Zahnärzten zusammen, zum anderen wiesen sie unterschiedliche Erfahrung mit der bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik auf. Dadurch kann die Übereinstimmung zwischen ihnen nicht so groß sein wie die zwischen homogenen Bewertern. Grundsätzlich hängt die zu erzielende Übereinstimmung von der **Anzahl der Bewerter** ab und sinkt mit steigender Bewerterzahl, da die Anzahl der möglichen Bewertungen steigt [34].

Ein weiterer entscheidender Aspekt, der von mehreren Autoren belegt [9;34;37] und in dieser Studie ebenfalls festgestellt werden konnte, ist die **Abstimmung zwischen den Bewertern**. Je besser die Abstimmung zwischen den Bewertern ist, desto höher ist die Übereinstimmung bei der radiologischen Diagnosestellung. So konnte in anderen Studien mit anfänglich zu den vorliegenden Ergebnissen vergleichbaren Ergebnissen durch eine oder

mehrere Trainingssitzungen, in denen sich die Untersucher in der Auslegung der Bewertungskriterien abstimmten, die Übereinstimmung gesteigert werden [9;34;37].

Der Einfluss der **Bewertungskriterien** auf den Grad der Übereinstimmung wurde in einer Untersuchung der Diskusbeurteilung im MRT nachgewiesen [34]. Dabei wurden erhebliche Differenzen zwischen der Übereinstimmung bei verschiedenen Kriterien festgestellt: Bei der partiellen Diskusverlagerung zum Beispiel, wo der Stadienverlauf fließend ist und somit die Abgrenzung der subjektiven Einschätzung des Untersuchers unterliegt, wurden Kappa-Werte von 0,19 bis 0,65 festgestellt, die nach Landis und Koch [29] einer schlechten bis guten Übereinstimmung entsprechen. Bei der gut abgrenzbaren Bewertung der vollständigen Diskusverlagerungen ohne Reposition dagegen wurde eine Übereinstimmung ermittelt, die im sehr guten Bereich lag (Kappa 0,91) [34].

Die **Anzahl der Grade** hat ebenfalls einen Einfluss auf die Übereinstimmung, da in der vorliegenden Studie bei den knöchernen Kriterien Abflachung, Osteophyt und Erosion in 3 Grade eingeteilt wurde, musste der Bewerter zwischen den Klassen ohne Befund, vorhanden oder stark ausgeprägt differenzieren. Diese Entscheidung ist von der subjektiven Interpretation des Bewerter abhängig, eine Objektivierung ist nur schwer möglich. Durch eine dichotome Einteilung (ja/nein Entscheidung) wäre durch weniger Möglichkeiten und besser abgrenzbare Klassen eine einheitlichere Bewertung zu erwarten gewesen. Dadurch wäre jedoch die für die Therapie wichtige Differenzierung von verschiedenen Krankheitsstadien nicht berücksichtigt worden.



Die in dieser Studie unter den vier Untersuchern ermittelten Übereinstimmungen lagen mit Kappa-Werten von 0,28 bis 0,49 sowohl im MRT als auch im OPT nach der willkürlichen abgegrenzten Einteilung von Landis und Koch [29] im geringen bis mäßigen Bereich. Daraus folgt, dass die Übereinstimmung der vier Untersucher über den radiologischen Zustand der Kiefergelenke nicht über 30 bis 50% über dem Zufall lag. Die Reliabilität der bildgebenden Diagnostik für die untersuchten Kiefergelenksveränderungen scheint demnach nicht sehr hoch zu sein.

Vergleicht man jedoch diese Ergebnisse mit anderen Studien, in denen Ergebnisse höherer Übereinstimmung erzielt worden waren, so müssen die oben erwähnten Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Dabei zeigt es sich, dass in der vorliegenden Untersuchung in vielen Punkten die jeweils ungünstigsten Methoden (inhomogene Untersuchergruppen; keine ausgeprägten Trainingsitzungen; keine Dichotomisierung der Bewertungskriterien) angewendet wurden. Dies geschah jedoch bewusst vor dem Hintergrund, die Studie möglichst unter praxisnahen Verhältnissen der Zusammenarbeit zwischen niedergelassenen Zahnärzten und Radiologen durchzuführen.

Dagegen konnten bei einer Studie zur MRT-Diagnostik [45], auf die wiederum eine umfangreiche Literaturstudie zurückgreift [30], unter Verwendung der besonders günstigsten Methoden (siehe unten) sehr hohe Kappa Werte (0,64 bis 0,95) und damit eine bis zu 95%ige Übereinstimmung festgestellt werden. Die Aufnahmen wurden von zwei Radiologen befundet, die langjährig erfahren und über einen langen Zeitraum (2Jahre) intensiv zusammengearbeitet hatten. Sie waren folglich mit den verwendeten Bewertungskriterien, die zudem in gesund und verändert (ja/nein Entscheidung) eingeteilt waren, bestens vertraut und in deren einfacheren Abgrenzung optimal aufeinander abgestimmt [45]. Diese hohen Werte konnten von zwei Radiologen in einer anderen Studie über die MRT Befundung nicht erreicht werden [46]. Sie erzielten Kappa-Werte im Bereich der Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung: von 0,13 bei knöchernen Veränderungen bis zu 0,46 bei der transversalen Diskusposition.

Sie schlossen dennoch daraus, dass das MRT eine reproduzierbare Beurteilung des Diskus erlaubte [46]. Dies bestätigt auch eine weitere Untersuchung mit drei erfahrenen Bewertern, jedoch wiesen diese Autoren darauf hin, dass dies erst nach der Kalibrierung gelang [37]. Da sich durch bis zu zwei Kalibrierungssitzungen die Kappa-Werte bei der Diskusstruktur von 0,01-0,46 auf 0,20–0,69 und bei der Diskusverlagerung von 0,22-0,75 auf 0,26-0,95 steigern ließen [37]. Dieselben drei kalibrierten Bewerter untersuchten in einer anderen Studie verschiedene Kriterien zur Diskus-Lage-Beurteilung und erreichten dabei Übereinstimmungen je nach Kriterium von 39,1 bis 93,5 % [36].

In einer mit dieser Untersuchung vergleichbaren Studie wurden bei der Diskusbeurteilung am MRT zwischen vier Bewertern (3 Radiologen und 1 Zahnarzt), die noch nicht zusammengearbeitet hatten, in medialen Schichten ein Kappa-Wert von 0,55 (95%CI 0,49-0,62) und in lateralen Schichten ein Wert von 0,50 (95%CI 0,45-0,57) angegeben [34], was unserem Ergebnis der Diskusbeurteilung im MRT annähernd entspricht.

Prinzipiell muss bei der Übersetzung der Kappa-Werte in die Umgangssprache, die von Landis und Koch [29] 1977 vorgenommen und 1991 von Altmann [2] modifiziert wurde, beachtet werden, dass die Klassen willkürlich eingeteilt und benannt wurden und eine Validierung dieser Einteilung nach Wissen des Autors nie stattgefunden hat.

Somit sind die in dieser Studie relativ niedrigen Übereinstimmungen vor dem Hintergrund, dass sie zwischen vier inhomogenen, unabgestimmten Bewertern, anhand von in mehreren Graden eingeteilten Bewertungskriterien erzielt wurden, nachvollziehbar. Sie entsprechen eher der Situation im klinischen Behandlungsalltag von niedergelassenen Ärzten und Radiologen.

Wie für viele andere Diagnoseverfahren auch, bleibt für die bildgebende Kiefergelenksbefundung am MRT und OPT festzuhalten, dass Kliniker regelmäßig ihre Diagnosetechniken kalibrieren sollten, um die Reliabilität in der täglichen Praxis zu erhöhen.

### **Reliabilität bei der OPT Befundung**

Bei der Bewertung der Befunde am OPT lagen die Kappa-Werte in der Tendenz durchweg über denjenigen am MRT. Bei allen vier Bewertern ist bei den Merkmalen Osteophyt und Erosion am OPT nach Landis und Koch [29] eine höhere Stufe erreicht worden. Bei der Aufteilung in die Untersucherguppen Radiologen und Zahnärzte fiel dieser Unterschied noch größer aus, da sich bei den Radiologen die 95% Konfidenzintervalle bei der Erosion nicht überschneiden und nach Landis und Koch [29] die Übereinstimmung am OPT um zwei Stufen gesteigert war.

Die Ursachen dafür, dass die Übereinstimmung bei der Bewertung der OPT's höher als bei den MRT's ausfiel, sind möglicherweise im Ablauf der Bildbewertung in dieser Studie zu suchen, denn bei den OPT Röntgenbildern wurden alle Kiefergelenke in einer Sitzung und in unabhängiger, zufälliger Reihenfolge beurteilt. Die MRT's dagegen wurden in zwei Sitzungen bewertet, wodurch die Bewertung stärker variiert, da der „Blickwinkel“ von vier Bewertern für die Einschätzung der Kriterien an verschiedenen Tagen nicht exakt derselbe sein kann. Hinzu kam, dass im MRT beide Gelenke eines Patienten unmittelbar nacheinander beurteilt wurden, wodurch eine Beeinflussung der Bewertung des zweiten Gelenkes eines Patienten durch den Zustand des jeweils zuerst beurteilten nicht ausgeschlossen werden kann [9].

Ausschlaggebender scheint aber zu sein, dass im OPT nur ein Bild die Grundlage der Entscheidung des Bewerbers liefert. Im MRT hingegen besteht zwar die Möglichkeit, sich durch mehrere Schichten einen umfassenderen (dreidimensionalen) Eindruck über das Gelenk zu machen, für die Diagnostik muss der Bewerter aber eine Entscheidung fällen, wie er mehrere Schichten interpretiert, bzw. welcher Schicht er mehr Gewicht einräumt (vgl. Abbildung 11 – 16 Seite 48ff).

Dieser Effekt im MRT hätte zwar durch eine getrennte Bewertung von je einer lateralen, einer zentralen und einer medialen Schicht verringert werden können, aber durch das Beschränken auf eine Schicht, die dann zufällig (subjektiv) ausgewählt werden müsste, würde ein erheblicher Informationsverlust entstehen.

Trotzdem wurde solch eine Vorgehensweise von manchen Autoren für die MRT Diagnostik empfohlen [7] und wurde in reinen MRT Studien zur Prüfung der Bewertungskriterien [34] und der Abstimmung [37] auch angewendet. Die Kappa-Werte dieser beiden Studien lagen unter und über den hier ermittelten Werten, je nachdem um welches Bewertungskriterium es sich handelte oder ob die Werte vor bzw. nach der Abstimmung unter den Bewertern (Training) zustande kamen [34;37].

## **4.2 Unterschiede zwischen den Untersuchergruppen Radiologen und Zahnärzten**

In diesem Teil der Studie wurden Unterschiede in der Bewerterübereinstimmung von Radiologen und Zahnärzten bei Kiefergelenksbefunden am OPT und am MRT festgestellt. Insgesamt haben die Zahnärzte in fast allen Kriterien einheitlicher befundet und somit bessere Übereinstimmungen untereinander erreicht als die Radiologen.

Die Ursachen für diese Unterschiede zwischen beiden Bewertergruppen können in mehreren Punkten zu suchen sein:

Die verwendeten Bewertungskriterien, die bei der Beurteilung von bildgebenden Verfahren den Grad an Übereinstimmung beeinflussen können [34], wurden in dieser Untersuchung durch die Zahnärzte aufgestellt und festgelegt. Deshalb ist es denkbar, dass die Zahnärzte in der Anwendung und Auslegung dieser Kriterien stringenter waren als die Radiologen und der Unterschied in der Übereinstimmung der Befunde hierher rührt.

Außerdem waren die Zahnärzte durch die Einweisung vor der eigentlichen Untersuchung, in der Auslegung der Kriterien gegenseitig besser abgestimmt als die Radiologen. Der Einfluss des Trainings auf die Ergebnisse der Übereinstimmung wurden in anderen Untersuchungen sowohl im MRT als auch im OPT deutlich nachgewiesen [9;34;37] und könnte auch hier ausschlaggebend gewesen sein.

Allgemein wird das sehr kleine und hochspezifische Kiefergelenk in der ärztlichen Ausbildung nicht umfangreich berücksichtigt. Die schwierigen Strukturen, Bewegungsabläufe und deren Pathophysiologie mit entsprechender klinischer Manifestation sind dem Radiologen, der sich nicht auf diesem Gebiet spezialisiert hat, nicht so gut vertraut, wie es bei Zahnärzten der Fall sein sollte. So könnte die gesteigerte Übereinstimmung zwischen den Befunden der beiden Zahnärzte in deren besseren klinischen Kenntnissen begründet sein.

Die gute Übereinstimmung zwischen den Zahnärzten bei der Befundung am OPT kann auch auf die größere Erfahrung der Zahnmediziner mit den hauptsächlich zahnmedizinisch verwendeten OPT Aufnahmen zurückgeführt werden.

Vergleicht man die absoluten Kappa-Werte mit denen anderer Studien, dann ist aufgrund der großen Varianz hier und in anderen Studien keine einheitliche Tendenz erkennbar. Es finden sich Studien mit niedrigeren [46], vergleichbaren [9;34;37] und weit höheren [30;36;45] Kappa-Werten.

In einer Untersuchung der OPT-Diagnostik von je einem Radiologen und einem Zahnarzt wurden ebenfalls Differenzen zwischen beiden Untersuchern festgestellt. Sie erreichten in den entsprechenden Kriterien vor der Kalibrierung Kappa-Werte von 0,40 - 0,60 und nach der Kalibrierung 0,54 - 0,65 [9]. In der vorliegenden Untersuchung wurden für dieselben Kriterien von den Radiologen und Zahnärzten Kappa-Werte von 0,30 – 0,61 erreicht. Eine Analogie zu den Ergebnissen der hier vorliegenden Untersuchung besteht auch darin, dass nur im Kriterium der Erosion die Übereinstimmung des Radiologen höher war als die des Zahnarztes [9].

Zu der MRT-Diagnostik gibt es eine Studie mit je zwei Radiologen, die bei den knöchernen Veränderungen niedrigere Kappa-Werte (0,13) feststellten [46] und eine weitere, bei der die Übereinstimmung viel höher war (Kappa: 0,88) [45] als in der vorliegenden Untersuchung zwischen den beiden Radiologen (0,17 – 0,40). Die Werte der Zahnärzte (0,40 – 0,57) liegen im Vergleich mit anderen Untersuchungen zwischen den Auswertungen vor und nach der Kalibrierung [37].

Insgesamt zeigen die Auswertungen, dass die radiologische Beurteilung von Kiefergelenkspathologien sowohl am OPT als auch am MRT eine nur geringe Reliabilität aufweist.

### **4.3 Übereinstimmung zwischen den Bewertungen aus beiden bildgebenden Verfahren**

Die niedrigen Kappa Werte mit Übereinstimmungen von nur 2% bis maximal 28% sowie die großen zum Teil negativen 95% CI's ließen den Schluss zu, dass strukturellen Veränderungen derselben Kiefergelenke am OPT sowie MRT unterschiedlich befundet wurden. D.h., es bestand zwischen den Bewertungen von Kiefergelenksbefunden zwischen OPT und MRT keine Kongruenz.

Dies kann auf die völlig differierenden Techniken zur Bilderzeugung mit einhergehender unterschiedlicher diagnostischer Genauigkeit und Interpretierbarkeit dieser beiden Aufnahmeverfahren zurückgeführt werden.

Das OPT ist eine in zahnärztlichen Praxen häufig angewendete röntgenologische Schichtaufnahme, die den Kiefergelenkskopf (Kondylus) in einer Schichtbreite von maximal 40mm röntgt und auf einem Film abbildet. Verfahrensbedingt sind Überlagerungen durch Summationseffekte nicht auszuschließen, da der dreidimensionale Gelenkzustand zweidimensional abgebildet wird. Das MRT ist dagegen als nicht invasives Schichtverfahren in der Lage, sowohl die knöchernen Anteile als auch die Weichgewebsstruktur aller Bereiche der Kiefergelenke in Schnittbildern exakter wiederzugeben.

Die hohe Wertigkeit des MRT's für die Kiefergelenksdarstellung ist in der Literatur unstrittig und wurde mit Hilfe vergleichender, anatomischen Studien hinreichend belegt [21;26;44;50;51]. Da das MRT aufgrund seiner hohen Sensitivität und Spezifität ein sehr valides Verfahren zur bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik ist [30;45;49], können die am MRT festgestellten Befunde als der so genannte Goldstandard in dieser Untersuchung angesehen werden. Es kann kein Anhaltspunkt für eine Übereinstimmung zwischen den Bewertungen der beiden bildgebenden Verfahren gefunden werden, woraus gefolgert werden muss, dass die Validität der OPT Röntgenaufnahme für die Kiefergelenksdiagnostik gering ist. D.h., sie eignet sich nicht für eine genaue und damit aussagekräftige Kiefergelenksbeurteilung.

Die Aussage, dass die OPT Aufnahme eine ausreichende Darstellung der Gelenkpathologie bei Patienten mit kranio-mandibulären Dysfunktionen erlaubt, wie es in einer anderen Studie aus einer 76%igen Übereinstimmung der Befunde der Gelenkstrukturen im OPT verglichen mit tomographischen Aufnahmen geschlussfolgert wurde [18], konnte damit in dieser Untersuchung nicht bestätigt werden. Vielmehr wurde dies mit den Ergebnissen dieser Untersuchung widerlegt. Dagegen konnten die Ergebnisse anderer Studien bestätigt werden, die die Eignung der OPT-Aufnahme nur für ein erstes Screening angeben [6;7;27;35;40].



#### **4.4 Verifizierung der Arbeitshypothesen:**

1. Die Hypothese, dass es zwischen der Einschätzung radiologischer Befunde des Kiefergelenkes verschiedener Bewerter keine Unterschiede gibt, konnte nicht bestätigt werden.
2. Die Hypothese, dass es zwischen der Einschätzung radiologischer Befunde des Kiefergelenkes von Radiologischen Diagnostikern und Zahnärzten keine Unterschiede gibt, konnte ebenfalls nicht bestätigt werden.
3. Die Hypothese, dass am MRT festgestellte, strukturelle Befunde gleichwertig auch auf dem OPT gesehen werden können, wurde mit dieser Untersuchung widerlegt.

#### **4.5 Schlussfolgerung**

Zwischen vier inhomogenen Bewertern kommt es zum Teil zu unterschiedlichen Befunden bei der bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik am OPT und am MRT. Differenziert man diese Untersucher in die Gruppen Radiologen und Zahnärzte, so schwankt die Übereinstimmung von gering bis gut, je nachdem welches Kriterium beurteilt wird. Die Reliabilität zwischen den Bewertern kann durch Abstimmung in der Anwendung der verwendeten Bewertungskriterien (Training) gesteigert werden. Wie für viele andere Diagnoseverfahren auch, ist für die bildgebende Kiefergelenksbefundung festzuhalten, dass Kliniker (Radiologen und Zahnärzte zusammen) regelmäßig ihre Diagnosetechniken kalibrieren sollten, um die Reliabilität in der täglichen Praxis zu erhöhen.

Weiter kann aus dieser Untersuchung geschlussfolgert werden, dass das OPT für die Beurteilung von Kiefergelenksbefunden kein valides Verfahren ist.

#### 4.6 Ausblick

Interessant wäre zu untersuchen, inwieweit sich die Übereinstimmung zwischen den Untersuchern durch weitere Kalibrierungssitzungen steigern lässt.

Eine weitere Untersuchung könnte den Einfluss einer dichotomen Gradeinteilung und die Übereinstimmung bei einer Zweitbewertung durch dieselben Untersucher prüfen.

Die Auswirkungen der Verwendung eines wie von Ahlers und Jakstat [1] für die interdisziplinären Abstimmung bei der bildgebende Kiefergelenksdiagnostik empfohlenen Konsiliarbogens (vgl. Abb. 18 im Anhang) sollten weiter untersucht werden.

Wichtig wären Untersuchungen am MRT, wie die schwierig abgrenzbaren (subjektiven) Bewertungskriterien der Diskusverlagerung, insbesondere der partiellen Verlagerung, besser differenziert werden können und wie sich das auf die Übereinstimmungen der Befunde auswirkt. Darauf aufbauend sollten allgemein verbindliche Bewertungskriterien interdisziplinär formuliert werden, um die Reproduzierbarkeit der bildgebenden Diagnostik zu erhöhen.

## 5 Zusammenfassung

Von 50 Patienten, die in funktionstherapeutischer Behandlung waren, wurden 52 MRT's der Kiefergelenke, als 1,0 Tesla Spinecho-Aufnahmen mit einer Oberflächenspule in angulierter Schichtführung und somit die in der Literatur für die exakte Kiefergelenksbeurteilung genannten Bedingungen erfüllen [21], sowie 51 OPT's im Standardprogramm aufgenommen. Je ein in der Kiefergelenksdiagnostik erfahrener und unerfahrener Radiologe sowie ein erfahrener und unerfahrener Zahnarzt haben diese Aufnahmen befundet. Die Beurteilung des Gelenkkopfes erfolgte in den etablierten knöchernen Kriterien Abflachung, Osteophyt und Erosion [9;13;18-20;27;40;45;50] in je 3 Grade, und die Beurteilung der Struktur sowie Lage des Diskus articularis wurden in 5 Grade unterteilt. Es wurde die Übereinstimmung der Bewertungen unter den vier Untersucher mit dem Kappa nach Fleiss [13] und für den Vergleich zwischen den verschiedenen Untersuchergruppen das Kappa nach Cohen [7] berechnet. Dabei ergaben sich zwischen den vier Untersuchern am MRT Kappa Werte von 0,28-0,46 und am OPT von 0,35-0,49, die damit nach der Einteilung von Landis und Koch [29] im geringen bis mäßigen Bereich lagen. Dies entspricht Untersuchungen mit vergleichbarer Bewerterzusammensetzung [9;34;37]. Daraus kann gefolgert werden, dass bei der bildgebenden Diagnostik mehrere Bewerter dieselben Kiefergelenke mit nur 30 bis 50% über den Zufall hinaus gleich beurteilen. Aufgrund dieser Ergebnisse bleibt für die bildgebende Kiefergelenksbefundung festzuhalten, dass Kliniker (Radiologen und Zahnärzte zusammen) sich regelmäßig in der Auslegung ihrer Bewertungskriterien kalibrieren sollten, um die Reliabilität in der täglichen Praxis zu erhöhen.

Bei einem Vergleich zwischen den Bewertungen der Untersucherguppen Radiologen und Zahnärzte wurden von den Zahnärzten durchweg höhere Kappa-Werte (0,40-0,61) als bei den Radiologen (0,17-0,53) erreicht. Dies kann auf die unterschiedliche Vorbereitung in dieser Studie oder die unterschiedliche klinische Erfahrung der Untersucherguppen zurückgeführt werden und bestätigt den hohen Einfluss der gegenseitigen Abstimmung in der Auslegung der verwendeten Bewertungskriterien auf den Grad der erreichbaren Übereinstimmung bei der bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik [9;34;37]. Es sollten daher interdisziplinär verbindliche Bewertungskriterien formuliert werden, um die Reproduzierbarkeit der bildgebenden Diagnostik zu erhöhen.

Bei einem Vergleich der Bewertungen aus beiden bildgebenden Verfahren bei weiter selektierten Kiefergelenken konnte aus den nach Landis und Koch [29] im geringen Bereich liegenden Kappa-Werten (-0,03 bis 0,28) keine Übereinstimmung zwischen beiden bildgebenden Verfahren gefunden werden. Da das MRT aufgrund seiner nachgewiesenen höheren diagnostischen Genauigkeit als Goldstandard in dieser Untersuchung angesehen wurde [21;44;45;49], ergibt sich daraus eine ungenügende Validität des OPT's für die Kiefergelenksdiagnostik. Dies entspricht den Angaben anderer Autoren, die die Wertigkeit des OPT's lediglich als erstes Screening angeben [6;27;35;40].

**6 Literaturverzeichnis**

- (1) Ahlers MO, Jakstat HA. (2000);  
Klinische Funktionsanalyse.  
Denta Concept GmbH: Hamburg
- (2) Altman DG (1991);  
Practical statistics for medical research  
chap. 14: Some common problems in medical research pp 396-435  
Chapmann&Hall
- (3) Barclay P, Hollender LG, Maravilla KR, Truelove EL. (1999);  
Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnosis in patients with disc displacement in the temporomandibular joint.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 88(1):37-43.
- (4) Bell W. (1986);  
Temporomandibular disorders classification, diagnosis, management.  
Year Book Medical Publishers: Chicago
- (5) Bezuur JN, Hansson TL, Wilkinson TM. (1989);  
The recognition of craniomandibular disorders -an evaluation of the most reliable signs and symptoms when screening for CMD.  
J Oral Rehabil 16(4):367-372.
- (6) Brooks SL, Brand JW, Gibbs SJ, Hollender L, Lurie AG, Omnell KA, Westesson PL, White SC. (1997);  
Imaging of the temporomandibular joint: a position paper of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 83(5):609-618.
- (7) Bumann A, Lotzmann U. (2000);  
Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien.  
Georg Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
- (8) Cohen J A. (1960);  
A coefficient of agreement for nominal scales.  
Educ Psychol Measurement 20:37-46.

- (9) Dahlstrom L, Lindvall AM. (1996);  
Assessment of temporomandibular joint disease by panoramic radiography: reliability and validity in relation to tomography.  
Dentomaxillofac Radiol 25(4):197-201.
- (10) de Bont LG, Stegenga B. (1993);  
Pathology of temporomandibular joint internal derangement and osteoarthritis.  
Int J Oral Maxillofac Surg 22(2):71-74.
- (11) Dixon DC. (1991);  
Diagnostic imaging of the temporomandibular joint.  
Dental Clinics of North America 35(1):53-74.
- (12) Dworkin SF, LeResche L. (1992);  
Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique.  
J Craniomandib Disord 6(4):301-355.
- (13) Engel E, Lachmann S, Axmann-Krcmar D. (2001);  
The prevalence of radiologic TMJ findings and self-reported orofacial pain in a patient group wearing implant dentures.  
Int J Prosthodont 14(2):120-126.
- (14) Fleiss JL. (1971);  
Measuring nominal scale agreement among many raters.  
Psychological Bulletin 76(5):378-382.
- (15) Fletcher RH, Fletcher SW, Wagner EH. (1999);  
Klinische Epidemiologie Grundlagen und Anwendung.  
Ullstein Medical Verlagsgesellschaft mbH &Co: Wiesbaden
- (16) Freesmeyer W. (1993);  
Zahnärztliche Funktionsanalyse.  
Hansser Verlag: München, Wien
- (17) Graber G, Koeck B. 1995;  
Der Einfluss von Psyche und Stress bei dysfunktionsbedingten Erkrankungen des stomatognathen Systems.  
Funktionsstörungen des Kauorgans, pp 49-72  
Urban&Schwarzenberg: München

- (18) Habets LL, Bezuur JN, Jimenez LV, Hansson TL. (1989);  
The OPG: an aid in TMJ diagnostics. III. A comparison between lateral tomography and dental rotational panoramic radiography (Orthopantomography).  
J Oral Rehabil 16(4):401-406.
- (19) Hansson LG, Hansson T, Petersson A. (1983);  
A comparison between clinical and radiologic findings in 259 temporomandibular joint patients.  
J Prosthet Dent 50(1):89-94.
- (20) Hansson LG, Westesson PL, Eriksson L. (1996);  
Comparison of tomography and midfield magnetic resonance imaging for osseous changes of the temporomandibular joint.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 82(6):698-703.
- (21) Hansson LG, Westesson PL, Katzberg RW, Tallents RH, Kurita K, HoltÅs S, Svensson SA, Eriksson L, Johansen CC. (1989);  
MR imaging of the temporomandibular joint: comparison of images of autopsy specimens made at 0.3 T and 1.5 T with anatomic cryosections  
Am J Roentgenol 152(6):1241-1244.
- (22) Harms SE, Wilk RM, Wolford LM, Chiles DG, Milam SB. (1985);  
The temporomandibular joint: magnetic resonance imaging using surface coils.  
Radiology 157(1):133-136.
- (23) Hugger A, Kordass B, Assheuer J, Stüttgen U. (1994);  
Kiefergelenkserkrankungen aus Sicht der Kernspintomographie.  
Philip Journal 7-8(11):351-358.
- (24) Katzberg RW. (1989);  
Temporomandibular joint imaging.  
Radiology 170:297-307.
- (25) Katzberg RW, Schenck J, Roberts D, Tallents RH, Manzione JV, Hart HR, Foster TH, Wayne WS, Bessette RW. (1985);  
Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint meniscus.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 59(4):332-335.

- (26) Katzberg RW, Westesson PL, Tallents RH, Anderson R, Kurita K, Manzione JVJ, Totterman S. (1988);  
Temporomandibular joint: MR assessment of rotational and sideways disk displacements.  
Radiology 169(3):741-748.
- (27) Könönen M, Kilpinen E. (1990);  
Comparison of three radiographic methods in screening of temporomandibular joint involvement in patients with psoriatic arthritis.  
Acta Odontol Scand 48(4):271-277.
- (28) Krummenauer F, Kalden P, Kreitner KF. (1999);  
Cohen's kappa or McNemar's test? A comparison of binary repeated measurements.  
Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 171(3):226-231.
- (29) Landis JR, Koch GG. (1977);  
The measurement of observer agreement for categorical data.  
Biometrics 33(1):159-174.
- (30) Liedberg J, Panmekiate S, Petersson A, Rohlin M. (1996);  
Evidence-based evaluation of three imaging methods for the temporomandibular disc.  
Dentomaxillofac Radiol 25(5):234-241.
- (31) Mohl ND, Ohrbach R. (1992);  
Clinical decision making for temporomandibular disorders.  
J Dent Educ 56(12):823-833.
- (32) Müller-Leisse C, Augthun M, Bauer W, Roth A, Gunther RW. (1997);  
Temporomandibular joint morphology and morphometric findings in relation to degree of disc displacement. Comparative magnetic resonance tomography studies.  
Radiologe 37(2):152-158.
- (33) Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NG, Major PW. (1998);  
Interobserver reliability in quantitative MRI assessment of temporomandibular joint disk status.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 86(6):746-750.



- (34) Nebbe B, Brooks SL, Hatcher D, Hollender LG, Prasad NG, Major PW. (2000);  
Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint: interobserver agreement  
in subjective classification of disc status.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 90(1):102-107.
- (35) Okeson JP. (1996)  
Orofacial pain: Guidelines for assessment, diagnosis, and management.  
Quintessence: Chicago
- (36) Orsini MG, Kuboki T, Terada S, Matsuka Y, Yamashita A, Clark GT. (1998);  
Diagnostic value of 4 criteria to interpret temporomandibular joint normal disk position  
on magnetic resonance images.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 86(4):489-497.
- (37) Orsini MG, Terada S, Kuboki T, Matsuka Y, Yamashita A. (1997);  
The influence of observer calibration in temporomandibular joint magnetic resonance  
imaging diagnosis.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 84(1):82-87.
- (38) Rammelsberg P. (1998);  
Moderne bildgebende Diagnostik von Kiefergelenkserkrankungen und ihre Bedeutung  
für die zahnärztliche Praxis.  
Der freie Zahnarzt (DFZ) 4:60-66.
- (39) Ruf S, Panchez H. (1995);  
Is orthopantomography reliable for TMJ diagnosis? An experimental study on a dry  
skull.  
J Orofac Pain 9(4):365-374.
- (40) Sato H, Osterberg T, Ahlqwist M, Carlsson GE, Grondahl HG, Rubinstein B. (1996);  
Association between radiographic findings in the mandibular condyle and  
temporomandibular dysfunction in an elderly population.  
Acta Odontol Scand 54(6):384-390.
- (41) Schulte W, Schwenzer N, Grimm G. 1990;  
Kiefergelenkserkrankungen und Funktionsstörungen  
ed. Spezielle Chirurgie, pp 140-220  
Thieme Verlag: Stuttgart

- (42) Schwenzer N, Ehrenfeld M. (2000);  
Band 1, Allgemeine Chirurgie.  
Thieme Verlag: Stuttgart, New York.
- (43) Siemens AG. (1992)  
Gebrauchsanweisung Orthophos.  
Siemens AG: Bensheim
- (44) Tasaki MM, Westesson PL. (1993);  
Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging.  
Radiology 186(3):723-729.
- (45) Tasaki MM, Westesson PL, Raubertas RF. (1993);  
Observer variation in interpretation of magnetic resonance images of the  
temporomandibular joint.  
Oral Surg Oral Med Oral Pathol 76(2):231-234.
- (46) Vahlensieck M, Okweschokwu S, Greven M. (2002);  
Magnetic resonance imaging (MRI) of the TMJ: Influence on therapy and inter-observer  
agreement of two radiologists.  
Rofo Fortschr Geb Rontgenstr Neuen Bildgeb Verfahr 174(11):1415-1421.
- (47) Vogl TJ, Eberhard D. (1993);  
MR-Tomographie Temporomandibulargelenk.  
Georg Thieme Verlag: Stuttgart
- (48) Vogl TJ, Eberhard D, Randzio J, Schmid C, Lissner J. (1991);  
MR tomographic diagnosis of internal derangement of the temporomandibular joint.  
Radiologe 31(11):537-544.
- (49) Westesson PL. (1993);  
Reliability and validity of imaging diagnosis of temporomandibular joint disorder.  
Adv Dent Res 7(2):137-151.
- (50) Westesson PL, Katzberg RW, Tallents RH, Sanchez WR, Svensson SA. (1987);  
CT and MR of the temporomandibular joint: comparison with autopsy specimens.  
Am J Roentgenol 148(6):1165-1171.

- (51) Westesson PL, Katzberg RW, Tallents RH, Sanchez WR, Svensson SA, Espeland MA. (1987);  
Temporomandibular joint: comparison of MR images with cryosectional anatomy.  
Radiology 164(1):59-64.
- (52) Westesson PL, Kwok E, Barsotti JB, Hatala M, Paesani D. (1992);  
Temporomandibular joint: improved MR image quality with decreased section thickness.  
Radiology 182(1):280-282.
- (53) Zarb GA, Carlsson GE. (1999);  
Temporomandibular disorders: Osteoarthritis  
J Orofac Pain 13:295-306

---

## 7 Anhang

### 7.1 Tabellen

**Tabelle 10: Jahrgangsverteilung der Aufnahmen**

Jahrgänge	Anzahl der MRT's	Anzahl der OPT's
1987	-	1
1990	-	1
1992	-	3
1993	18	18
1994	18	12
1995	6	5
1996	3	3
1997	7	4
unbekannt	-	4
Total	52	51

## 7.2 Abbildungen

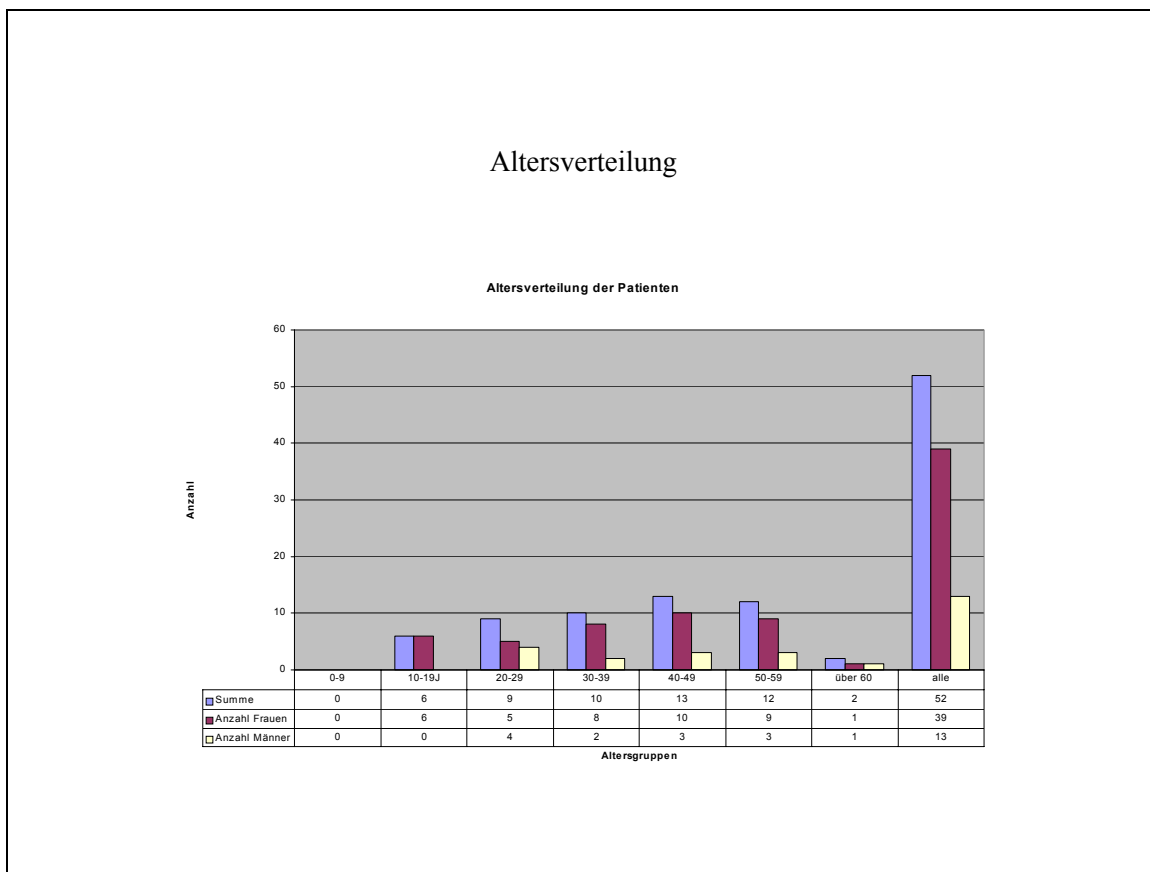


Abbildung 17: Alters- und Geschlechtsverteilung

# Konsiliarbogen Bildgebende Diagnostik (8) **denta**concept®

Patient/in

Datum

Patienten-Nummer

Geburtsdatum

Praxis-Stempel

## Zahnärztliche Fragestellung

**Sehr geehrter Herr Kollege, sehr geehrte Frau Kollegin,**  
bei der Patientin/dem Patienten wurde zahnärztlich eine Funktionsstörung des Kauorgans festgestellt. Nach einer klinisch-funktionsanalytischen Untersuchung ergibt sich die folgende Initialdiagnose für das bzw. die Kiefergelenke.  
Zur Ergänzung und Sicherung unserer Diagnostik bitten wir Sie, die nachfolgend markierten Aufnahmen anzufertigen.

### Initialdiagnose:

- Diskus-Verlagerung mit/ohne Reposition  rechts  links (Diskopathie)  
 Kondylus-Hypermobilität (mit Reposition)  rechts  links  
 Kondylusverlagerung, Kompressionsgelenk  rechts  links  
 andere: \_\_\_\_\_

## Gewünschte Aufnahmen

### Konventionelle Röntgenaufnahmen

- Transkranial, mundgeschlossen (SCHÜLLER)  
 Transkranial, mundeingeführt (PARMA)  
 Panoramaschichtaufnahme (PSA/OPG) mit KG-Programm  
 Cephalostat/Fernröntgenseitenaufnahme (FSA)  
 Nasennebenhöhlenaufnahme (NNH)  
 spezielle Projektionen: \_\_\_\_\_

### Computer-Tomogramm (CT)

- sagittal  frontal (koronal)  horizontal



- spezielle Weichteildarstellung  
 3D-Darstellung

### Kernspin-Tomogramm (MRT/MRI)

mit Oberflächenspule für Kiefergelenksbereich

- sagittal oblique  rein sagittal  modifiziert frontal



- faserbetont / Übersichtsdarstellung (t1-gewichtet oder vergleichbare Sequenzen)  
 flüssigkeitsbetont, entzündl.-reaktive Prozesse darstellend (t2-gewichtet, Stir- oder vergleichbare Sequenzen)  
 Fast-Technik (pseudodynamisch, Movie-Darstellung)  
 3D-Darstellung

### Sonogramm

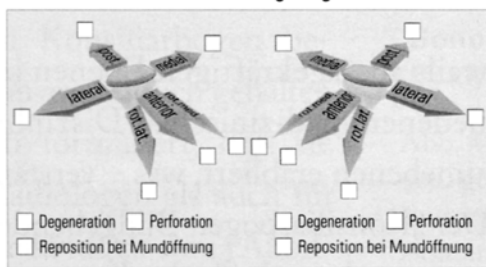
- Videobild (Print)  Videosequenz  
 KG-Sonogramm, Ausgabe als: \_\_\_\_\_

### Gewünschte Unterkieferpositionen bei CT, MRT und Sonogrammen

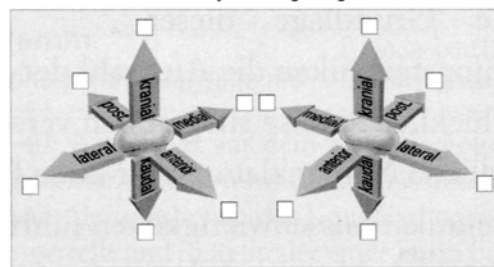
- geschlossen  geschlossen bei eingesetzter Schiene  geöffnet  definiert geöffnet: \_\_\_\_\_ mm

## Befundung

rechts **Diskusverlagerung** links



rechts **Kondylusverlagerung** links



### Schichtaufnahmen mit großer Aussagekraft:

rechts: Film-Nr. \_\_\_\_\_ Bild-Nr. (von/bis) \_\_\_\_\_ links: Film-Nr. \_\_\_\_\_ Bild-Nr. (von/bis) \_\_\_\_\_

### Andere Befunde (z.B. raumfordernder Prozeß):

Datum / Unterschrift / Stempel

© OA Dr. M. O. Ahlers, Prof. Dr. H. Jakstad, Zahn-, Mund- und Kieferklinik, Universitäts-Krankenhaus Eppendorf, Hamburg  
 Prof. Dr. B. Kordaß, ZMKK, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, Greifswald 1997-2000, Version 2.5

Vertrieb: Lehmanns Med. Buchhandlung GmbH  
 Altonaerstr. 52, 20251 Hamburg, E-Mail: lh.versand@lbg.it.de  
 Tel: 040-47 80 01, Fax: 040-47 79 34

Vertrieb: Gierbach Dental GmbH / Art. Nr. 92825  
 Pl. 143 120, 25138 Břrzenheim, www.gierbach.de  
 Tel: 07231 957 100, Fax: 07231 957 159

© dentaconcept Vertriebs GmbH  
 Koenigsbrunnstr. 1 105 11 UMG, Berlin  
 Gertae-Lee-Str. 4, 20249 Hamburg, www.dentaconcept.de

Abbildung 18: Konsiliarbogen zur bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik nach Ahlers und Jakstad [ 1 ].

---

**Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Anatomie des Kiefergelenkes (Abb. modifiziert nach Engel).....	7
Abbildung 2: Schichtführung des OPT aus [43].....	15
Abbildung 3: Scoutsan zur Angulierung der Schichtführung in der Sagittalebene: links anguliert, rechts paramedian ausgerichtet (Abb. aus [7] ) .....	18
Abbildung 4: Scoutsan zur Angulierung der Schichtführung in der Coronarebene: links anguliert, rechts in der Frontalebene ausgerichtet (Abb. aus [7] ) .....	18
Abbildung 5: Ausschnitt aus MRT sagittal geschlossen .....	34
Abbildung 6: Ausschnitt aus MRT sagittal geöffnet .....	35
Abbildung 7: Ausschnitt aus MRT coronar geschlossen .....	35
Abbildung 8: Ergebnisse der Übereinstimmung im OPT nach Untersuchergruppen.....	40
Abbildung 9: Ergebnisse der Übereinstimmung im MRT nach Untersuchergruppen.....	42
Abbildung 10: Ergebnisse der Untersuchergruppen im Vergleich der beiden bildgebenden Verfahren .....	44
Abbildung 11: linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 49,3..	48
Abbildung 12: Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 11 (linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 49.3).....	48
Abbildung 13: linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 46....	49
Abbildung 14: Ausschnittvergrößerung aus Abbildung 13 (linkes Kiefergelenk sagittal geschlossen im MRT Schicht 46).....	49
Abbildung 15: OPT desselben Patienten aus Abbildung 11 - 14.....	50
Abbildung 16: Ausschnittvergrößerung des linken Kiefergelenkes aus Abbildung 15 (OPT).....	50
Abbildung 17: Alters- und Geschlechtsverteilung .....	74
Abbildung 18: Konsiliarbogen zur bildgebenden Kiefergelenksdiagnostik nach Ahlers und Jakstad [ 1 ]. .....	75

---

**Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Ausgangsdiagnosen nach Dworkin und LeResche [12] (Mehrfachnennungen sind möglich). .....	26
Tabelle 2: Gradeinteilung der knöchernen Kiefergelenksveränderungen.....	32
Tabelle 3: Gradeinteilung der Diskusstruktur und Lage.....	33
Tabelle 4: Übersicht über die Klasseneinteilung der Übereinstimmung nach Landis und Koch [29] modifiziert nach Altmann [2].....	38
Tabelle 5: $\kappa$ = Kappa-Werte der Bewerterübereinstimmung im OPT mit oberer und unterer Grenze der 95% Konfidenzintervalle (-/+ CI).....	40
Tabelle 6: $\kappa$ = Kappa-Werte der Bewerterübereinstimmung im MRT mit oberer und unterer Grenze der 95% Konfidenzintervalle ( -/+ CI).....	42
Tabelle 7: $\kappa$ = Kappa-Werte der Übereinstimmung zwischen beiden bildgebenden Verfahren mit unterer und oberer Grenze der 95% Konfidenzintervalle ( -/+ CI).....	43
Tabelle 8: $\kappa$ = Cohens-Kappa [7] der Bewertungen der beiden bildgebenden Verfahren für jeden Untersucher .....	46
Tabelle 9: Bewertungen des in Abbildung 11 -16 dargestellten Kiefergelenkes.....	51
Tabelle 10: Jahrgangsverteilung der Aufnahmen .....	73



**Abkürzungsverzeichnis**

Abb.	Abbildung
95% CI	95% Konfidenzintervall
CT	Computertomographie
dt.	deutsch
eds	engl.: edition (dt.: Band)
engl.	englisch
ff	folgende
κ	Kappa
M.	Muskulus (dt.: Muskel)
MRT	Magnetresonanztomografie entspricht Kernspintomografie engl.: MRI
n	Anzahl Patienten
OPT	Orthopantomogramm entspricht PSA
pp	engl.: page (dt.: Seite)
PSA	Panoramaschichtaufnahme
TMD	Temporo-Mandibuläre Dysfunktionen engl.: temporo mandibular disorders
TMJ	Temporo mandibular joint (dt. : Kiefergelenk)
vgl.	vergleiche
vs.	versus (dt. : gegen)

## **Danksagung**

bei Frau PD Dr. E. Engel möchte ich mich ganz herzlich für die Überlassung des Themas, ihre Betreuung und die hervorragende Unterstützung bedanken.

Mein besonderer Dank gilt der Abteilung für Radiologische Diagnostik des Universitätsklinikums Tübingen, mit Ihrem Direktor Herrn Prof. Dr. Claussen, sowie Herrn PD Dr. Damman und Herrn Dr. Grönweller für ihre Mitarbeit bei der Auswertung der Aufnahmen. Ohne ihre Hilfe wäre die Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

Herrn Dr. D. Axmann war mir bei der statistischen Auswertung und mit seinen diesbezüglichen Literaturhinweisen eine große Hilfe, vielen Dank!

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Bruder für seine Unterstützung im IT-Bereich bedanken.

Außerdem danke ich Herrn Dr. Steffen Ecker und Herr Dipl. Ing. Jochen Ziegler für ihre Hilfe bei der Erstellung des Literaturverzeichnisses und bei der Formatierung der Arbeit, sowie Jadranka Segaric für das Scannen der abgebildeten MR's und OPT's.

**Lebenslauf****Persönliche Daten:**

Name: Morten Philipp Seeger  
Geburtsdatum: 29.07.1974  
Geburtsort: Tübingen  
Familienstand: ledig  
Eltern: Dr. Wolf-Dieter Seeger , Zahnarzt  
Ilke E. Seeger , Lehrerin  
Kinder: Pia Lisanne Rüller , geb.: 03.02.1999

**Schulbildung:**

1981-1985 Uhlandschule Dettingen/Erms  
1985-1994 Graf-Eberhard-Gymnasium , Bad Urach

**Hochschulausbildung:**

SS 1995- Studium der Zahnheilkunde ,  
SS 2000 Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
31.05.2000 Zahnärztliche Prüfung  
27.06.2000 Approbation als Zahnarzt

**Beruflicher Werdegang:**

11.2000-10.2001 Ausbildungsassistent bei Dr. M. Steybe, FN-Ailingen  
01.2002-10.2002 Ausbildungsassistent bei Dr. M. Nowak, Berlin  
03.2003-11.2003 Ausbildungs- und Entlastungsassistent bei  
Dr. R. Heym, Berlin  
seit 11.2003 Niedergelassener Zahnarzt in Dettingen/Erms