

Aus der Abteilung Prothetik
(Komm. Leiter: PD Dr. med. dent. N. Gersdorff)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Vergleichende Untersuchung
zur Wirkweise unterschiedlicher Schienentherapiekonzepte
bei anteriorer Diskusverlagerung mit Reposition

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades für Zahnheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Hagen F. Wiegand

aus
Herford

Göttingen 2012

Dekan: Prof. Dr. med. M. P. Schön

I. Berichterstatter: PD Dr. med. dent. N. Gersdorff

II. Berichterstatter/in:

III. Berichterstatter/in:

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1. Einleitung	S.9
1.1 Anatomie und Funktion des Kauorgans	S.11
1.2 Funktionsstörungen des Kauorgans (CMD).....	S.17
1.2.1 Arthrogene Dysfunktionen	S.19
1.3 Diagnostik von Diskopathien.....	S.22
1.3.1 Anteriore Diskusverlagerung <i>mit</i> Reposition	S.22
1.3.2 Anteriore Diskusverlagerung <i>ohne</i> Reposition	S.24
1.3.3 Klinische Funktionsanalyse	S.26
1.3.4 Bildgebende Verfahren	S.26
1.3.4.1 Magnetresonanztomographie.....	S.27
1.3.4.2 Orthopantomographie und Computertomographie.....	S.29
1.4 Therapie von Diskopathien	S.29
1.5 Funktionsprinzip der bimaxillären Kalottenschiene	S.31
1.6 Fragestellung und Zielsetzung	S.35
2. Material und Methoden	S.36
2.1 Probandenkollektiv.....	S.36
2.2 Erhebung der RDC/TMD.....	S.36
2.2.1 Anamnestische Angaben zu den Probanden	S.37
2.2.2 Jaw Disability List	S.37
2.2.3 Klinische Untersuchungen.....	S.38
2.3 Herstellung der Aufbissschienen	S.46
2.3.1 Herstellung der Gelb-Schiene	S.47
2.3.2 Herstellung der OK-Repositionsschiene.....	S.50
2.3.3 Herstellung der bimaxillären Kalottenschiene	S.52

2.4 Methodik der real-time-MRT	S.57
2.5 Auswertung der real-time-MRT	S.61
2.5.1 Kriterien zur Beurteilung der ADVmR und einem Repositionserfolg	S.61
2.5.2 Digitales Tracing der Kondylenbahnverläufe	S.64
3. Ergebnisse	S.69
3.1 Proband/in I.....	S.69
3.1.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.69
3.1.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.70
3.1.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.71
3.1.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.71
3.1.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.72
3.1.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.73
3.2 Proband/in II.....	S.74
3.2.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.75
3.2.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.75
3.2.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.76
3.2.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.76
3.2.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.77
3.2.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.78
3.3 Proband/in III.....	S.79
3.3.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.79
3.3.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.79
3.3.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.80
3.3.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.81
3.3.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.81
3.3.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.82
3.4 Proband/in IV	S.83
3.4.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.83
3.4.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.84

3.4.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.85
3.4.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.85
3.4.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.86
3.4.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.86
3.5 Proband/in V	S.87
3.5.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.87
3.5.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.88
3.5.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.88
3.5.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.89
3.5.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.89
3.5.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.89
3.6 Proband/in VI	S.90
3.6.1 Ergebnisse der RDC/TMD.....	S.90
3.6.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene	S.90
3.6.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene	S.91
3.6.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene	S.91
3.6.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene.....	S.91
3.6.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing.....	S.91
4. Diskussion	S.93
4.1 Diskussion der Methodik.....	S.93
4.1.1 Diskussion der RDC/TMD	S.93
4.1.2 Diskussion der real-time-MRT	S.95
4.2 Diskussion der Probandenfälle	S.101
4.2.1 Diskussion Proband/in I.....	S.101
4.2.2 Diskussion Proband/in II.....	S.104
4.2.3 Diskussion Proband/in III.....	S.105
4.2.4 Diskussion Proband/in IV	S.106
4.2.5 Diskussion Proband/in V und VI.....	S.107
4.3 Abschließende Diskussion.....	S.107
5. Zusammenfassung.....	S.109

6. Literaturverzeichnis	S.110
7. Abbildungsverzeichnis	S.124
8. Tabellenverzeichnis	S.128
9. Video-CD	S.130
10. Anhang	S.131
10.1 Anamnestische Angaben des Patienten	S.131
10.2 Jaw Disability List.....	S.135

Abkürzungsverzeichnis

AAOP	American Academy of Orofacial Pain
Abb.	Abbildung
ADV	anteriore Magnetresonanztomographie
ADVmR	anteriore Diskusverlagerung <i>mit</i> Reposition
ADVoR	anteriore Diskusverlagerung <i>ohne</i> Reposition
BiMax	bimaxilläre Kalottenschiene
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
Cine-MRT	kinematographische Magnetresonanztomographie
CMD	Kraniomandibuläre Dysfunktion(en)
CT	Computertomographie
DGFDT	Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Dr.	Doktor
DV	Diskusverlagerung
et al.	et alii
evtl.	eventuell
ggf.	gegebenenfalls
GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung und Companie, Kommanditgesellschaft
IKP	Interkuspitation
IZ	Referenz „intermediat-Zone“
Idf.-Nr.	Identifikationsnummer
KG	Kiefergelenk
M.	musculus
max.	maximal
mm	Millimeter
MÖ	Mundöffnung
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	nervus
OK	Oberkiefer

OPG	Orthopantomographie
PD	Privat-Dozent
PDV	posteriore Diskusverlagerung
PMMA	Polymethylmethacrylat
Proc.	Processus
Prof.	Professor
RDC/TMD	Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders
S.	Seite
T	Tesla
Tab.	Tabelle
TDV	transversale Diskusverlagerung
TMJ	temporomandibular joint
u.	und
UK	Unterkiefer
UMG	Universitätsmedizin Göttingen
z.B.	zum Beispiel
ZMK	Zahn-Mund-Kiefer

1. Einleitung

In der modernen Zahnmedizin hat sich das therapeutische Spektrum in den vergangenen Jahren stark erweitert. Neben den klassischen Disziplinen, wie z.B. der konservierenden Zahnheilkunde und der Prothetik, sind vor allem Kiefergelenkserkrankungen heute häufig Bestandteil des klinischen Alltags. Durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse und moderne Diagnostik stellt sich hierdurch immer wieder die Frage nach neuen geeigneten Therapieansätzen.

Für die Pathophysiologie des Kiefergelenks werden in der Literatur unterschiedlichste Begrifflichkeiten verwendet. So beschreiben Namen wie Craniofacial Dysfunction (Krestan et al. 2001), Myoarthropathie (Schulte 1970, Türp und Hugger 2000), Temporomandibular Disorders (Al-Saleh et al. 2012, LeResche 1997, McNeill 1997), Internal Derangement (Katzberg et al. 1996, Kress et al. 2004, Neeli et al. 2010, Nicolakis et al. 2001, Wilkes 1989) und weitere, in der Literatur zu findende Bezeichnungen ein und dasselbe Syndrom. Um Verwirrungen vorzubeugen, wird in diesem Zusammenhang im weiteren Verlauf der Arbeit ausschließlich der von der DGZMK verwendete Begriff der „*Kraniomandibulären Dysfunktion*“ (CMD) benutzt (Ahlers et al. 2005a, Ahlers et al. 2005b).

Kiefergelenkserkrankungen sind allerdings nicht als ein isoliertes Phänomen zu betrachten. Sie sind eher als Bestandteile eines zusammenhängenden Konglomerates von weiteren Pathologien des Kauystems und Kopf-Hals-Bereiches zu verstehen. So zählt die CMD mit unterschiedlichsten Symptomen zu den häufigsten Erkrankungen des Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereichs. Die Manifestation dieser Symptome erfasst Bereiche der Zähne, der Parodontien, der Kiefergelenke, der Kaumuskulatur und ebenso Areale der übrigen Kopf- und Halsmuskulatur (Reichart et al. 2002). Einige Studien deuten darauf hin, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen CMD und Kopfschmerzen bestehen könnte (Özkan und Özkan 2011). Auch Depressionen scheinen ein Risikofaktor für die Entstehung einer CMD zu sein (Liao et al. 2011). Aufgrund des weitreichenden therapeutischen Aufgabenbereichs ist die CMD wohl als eine Art interdisziplinäres Fach anzusehen (Leder 2008).

CMD assoziierte Symptome des Kiefergelenks, wie eine vorübergehende Limitation der Funktion, Geräusche bei Bewegungen oder Seitenabweichungen des Unterkiefers bei der Mundöffnung, kommen bei bis zu 75% der Bevölkerung vor (Reichart et al. 2002). Gerade Kiefergelenksschmerzen sind bei Jüngeren, über 18-Jährigen und Erwachsenen mittleren Alters mit etwa 10% der Allgemeinbevölkerung ein häufig zu verzeichnendes Problem. Dabei sind Frauen doppelt so häufig betroffen wie Männer (LeResche 1997).

In Brasilien wurde eine Studie zur Schätzung der Prävalenz von Symptomen durch Kiefergelenks-Dysfunktionen durchgeführt. Es wurden insgesamt 1.230 Einwohner (51,5% Frauen) im Alter von 15 bis 65 Jahren durch eine validierte Telefon-Umfrage interviewt, mit dem Ziel, eine CMD zu diagnostizieren. Bei der Befragung gaben 39,2% der Personen an unter einem der Symptome einer CMD zu leiden. Sogar 25,6% der Befragten schilderten eine Schmerzsymptomatik im Zusammenhang mit einer CMD. Dabei spielte das „Kiefergelenksknacken“ die größte Rolle bei Kiefergelenks- und Kaumuskelschmerzen (Gonçalves et al. 2010).

Es lässt sich neben der Komplexität einer CMD auch erkennen, dass sie ein weitverbreitetes Krankheitsbild in der Gesellschaft darstellt und auch zukünftig immer zielgerichteter bzw. effektiver Therapieformen bedarf.

Leider ist der wissenschaftliche Kenntnisstand bis zum heutigen Tage begrenzt, welches sich unter anderem durch kontroverse Diskussionen über Ätiologie und Therapie widerspiegelt (Leder 2008).

1.1 Anatomie und Funktion des Kauorgans

Das Kauorgan bildet den Zugang zum Magen-Darm-Trakt und hat eine Vielzahl von Aufgaben zu leisten. Bestandteile des Kauorgans sind die Mundhöhle mit Lippen, Wangen, Gaumen, Mundboden, Zunge, Zahnreihen, Speicheldrüsen, Muskeln, *Mandibula* und *Maxilla* sowie die Kiefergelenke. Zu den Aufgaben gehören unter anderem die Zerkleinerung der zugeführten Nahrung sowie deren Vorverdauung, Ausdruck der seelischen Empfindung durch die mimische Muskulatur. Sie sind Träger des Geschmacks- und Tastsinns und ein wichtiger Faktor bei der Phonation (Lehmann und Hellwig 2005).

Im Folgenden werden die relevanten anatomischen Strukturen und Funktionen im Hinblick auf eine CMD-Diagnostik und -Therapie beschrieben:

Das Kiefergelenk wird auch als *Articulatio temporomandibularis* bezeichnet. Es liegt topographisch vor dem äußeren Gehörgang und bildet die bewegliche Struktur zwischen Unterkiefer und knöcherner Schädelbasis. Durch die Möglichkeit, unterschiedlich differenzierte Bewegungen durchzuführen, ist das Gelenk maßgeblich an der Nahrungsaufnahme, Phonation sowie Kau- und Schluckfunktionen beteiligt. Somit ist das Kiefergelenk in seiner Gesamtheit ein Teil des stomathognathen Systems. Das Kiefergelenk der rechten und linken Seite bildet zudem eine funktionelle Einheit (Samandari und Mai 2009).

Die knöchernen Strukturen des Kiefergelenks werden durch Anteile des Schläfenbeins (*Os temporale*) und Teilen der *Mandibula* gebildet, dabei artikulieren die walzenförmigen *Kondylen* am Ende des *Processus condylaris* mit der *Fossa mandibularis* und dem *Tuberculum articulare* des Schläfenbeins. Der Unterkiefer bildet eine knöcherne Spange, an dessen Ende sich die Gelenkköpfe befinden und deren anatomische Achse sich im Bereich des *Foramen magnum* in einem Winkel von 150°-165° schneidet (Fanghänel et al. 2003). Bei voll entwickelten Menschen können sowohl die Größe, Form und Stellung der Gelenkköpfe stark variieren (Solberg et al. 1985).

Die *Fossa mandibularis* ist ein Teil der *Pars squamosa* des *Os temporale* und hat eine wesentlich größere Ausdehnung im Vergleich zu den *Kondylen* (siehe **Abb.1**). Durch die großzügig gestalteten Gelenkpfannen ist eine ausreichende Beweglichkeit

des Unterkiefers gewährleistet. Anterior wird die *Fossa mandibularis* durch das *Tuberculum articulare* begrenzt, während sich im posterioren Bereich der äußere Gehörgang befindet (Schünke et al. 2006).

Die meisten Strukturen des Kiefergelenks sind von einer schlaffen Kapsel umgeben, welche aus lockerem Bindegewebe besteht und einen hohen Grad an Vaskularisation und nervaler Innervation aufweist (Schünke et al. 2006).

Die innervierenden Äste entstammen dem *Nervus mandibularis* und erklären die relativ hohe Schmerzempfindlichkeit des Kiefergelenks. Zusätzlich wird die Gelenkkapsel durch das *Ligamentum laterale temporomandibulare* verstärkt. Das *Ligamentum* ist an der Außenseite des Gelenks lokalisiert, verläuft vom *Processus zygomaticus* zum *Collum* des Unterkiefers und hat die Aufgabe der Hemmung bei Rückschub des UK in Richtung *Porus acusticus externus* (Moll und Moll 2000).

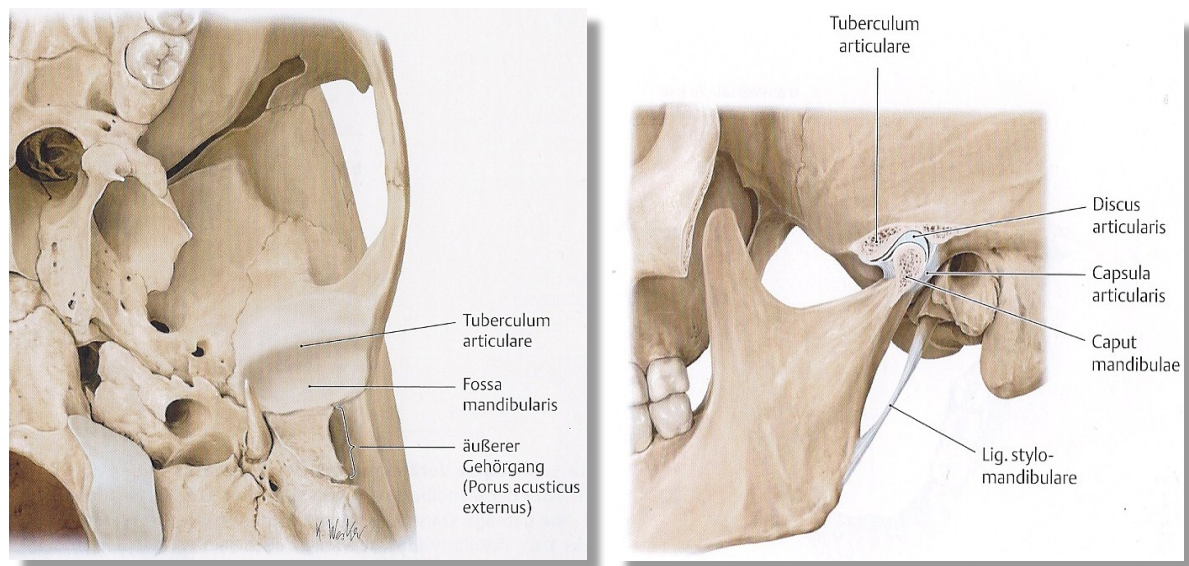


Abb.1: Überblick über einige Knochen- und Weichgewebsstrukturen des KG. (modifiziert entnommen aus Schünke et al. 2006, S.32 und 33)

Die vorderen Bereiche der Gelenkgruben sowie die Gesamtfläche der Gelenkhöckerchen und die anterioren Bereiche der Kiefergelenksköpfe sind mit Faserknorpel überzogen (Fanghänel et al. 2003). Durch einen widerstandsfähigen Gelenkknorpel können einwirkende Kräfte auf subchondrale Knochenareale gleichmäßig verteilt werden, ebenso sind reibungslose Gleitbewegungen durchführbar (Kuboki et al. 1997).

Der posteriore Anteil der Gelenkpfanne liegt extrakapsulär und ist ebenso wie der Rest des *Kondylus* mit derbem Bindegewebe überzogen. Bei der Betrachtung im Sagittalschnitt zeigen *Tuberculum articulare* und *Fossa mandibularis* einen charakteristischen s-förmigen Gelenkbahnverlauf (Fanghänel et al. 2003).

Zwischen *Fossa mandibularis* und dem *Kondylus* der *Mandibula* liegt der *Diskus articularis*. Durch seine funktionelle Lagebeziehung wird das Kiefergelenk in ein unterhalb des *Diskus* liegendes Scharnier- und ein oberhalb des *Diskus* liegendes Schiebegelenk unterteilt. Die Gelenkscheibe ist teilweise mit der Gelenkkapsel verwachsen und hat unter anderem die Aufgabe, den Größenunterschied zwischen Gelenkpfanne und Gelenkkopf auszugleichen (Moll und Moll 2000).

Im Sagittalschnitt weist der *Diskus* in drei Bereichen eine unterschiedliche Dicke auf. Der anteriore und posteriore Bereich sind durch eine verdickte Randwulst charakterisiert, während der mittlere Anteil eine dünnere *Pars intermedia* bildet (Christiansen et al. 1986, Kaplan et al. 1986, Katzberg 1989).

Durch seine mikro- und makroskopische Beschaffenheit gleicht der *Discus articularis* einer bikonkaven Scheibe, welche fast ausschließlich aus Kollagen besteht (Detamore und Athanasiou 2003). Die Randbereiche der knorpeligen Scheibe sind durch Gefäße und Nerven versorgt, eine derartige Versorgung fehlt im Bereich der *Pars intermedia* (Griffin und Sharpe 1960).

In seiner Gesamtheit ist der *Diskus* ein Gebilde aus Faserknorpel und wirkt unterstützend im Bezug auf die Anpassungsfähigkeit des Kiefergelenks bei sich verändernden Beanspruchungen (Schiebler et al. 1999).

Bei der Durchführung der meisten funktionellen Aufgaben des Kauorgans sind Bewegungen der *Mandibula* nötig. Dabei weisen die meisten Bewegungen des Unterkiefers im Kiefergelenk eine kombinierte Charakteristik auf. Es lassen sich drei Grundbewegungen unterscheiden (Schünke et al. 2006):

Bewegungsart	Charakteristik
Rotationsbewegung	Rotation um die Scharnierachse
Translationsbewegung	Schiebebewegung
Mahlbewegung	Laterotrusion u. Mediotrusion

Tab. 1: Bewegungsarten der *Mandibula* und deren Charakteristika.

Bei der Rotationsbewegung fungiert das Kiefergelenk als Scharniergelenk. Reine Rotationsbewegungen werden vom Menschen nur im Schlaf bei leicht geöffnetem Mund und einem Öffnungswinkel bis ca. 15° durchgeführt. Bei größerer Mundöffnung und einem Öffnungswinkel oberhalb von 15° ergibt sich eine kombinierte Rotations- und Translationsbewegung. Die Translationsbewegung ist eine Gleitbewegung, bei der der Unterkiefer protrudiert oder retrudiert wird (Schünke et al. 2006).

Bei der Mahlbewegung muss ein ruhender von einem schwingenden *Kondylus* unterschieden werden. Hierbei führt der ruhende *Kondylus* eine senkrecht zur Achse verlaufende liegende Rotation durch, mit einer kombiniert einsetzenden Laterotrusion zur Arbeitsseite. Der schwingende *Kondylus* ist durch eine mediotrusiv einsetzende Gleitbewegung charakterisiert (Schünke et al. 2006).

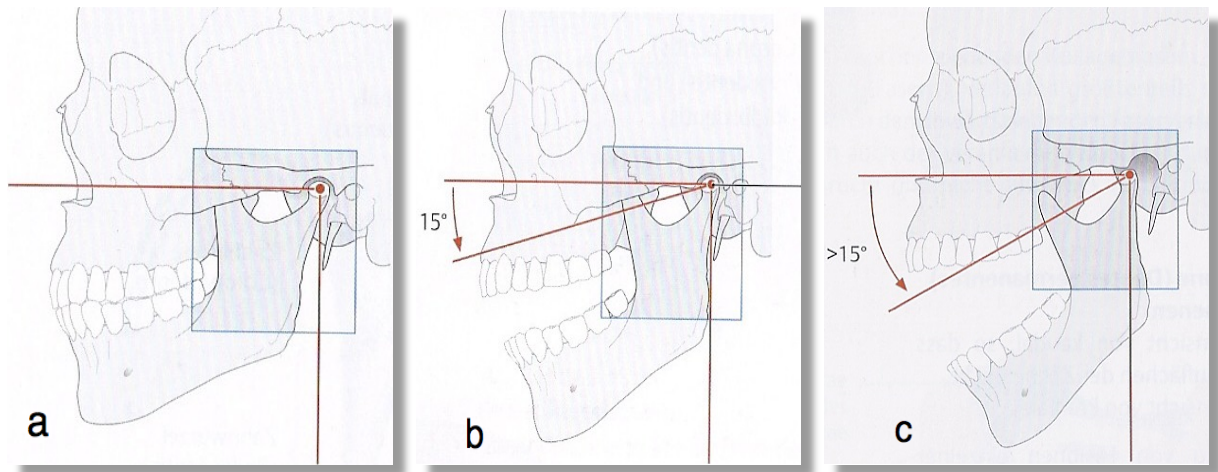


Abb.2: Kiefergelenksbewegungen. **a** Kondylus befindet sich in der Fossa bei geschlossenem Mund, **b** Mundöffnung bis 15° eine reine Rotationsbewegung, **c** Bei Öffnung über 15° kommt es zu einer zusätzlichen Translation. (modifiziert entnommen aus Schünke et al. 2006 S.35)

An der Öffnungsbewegung des Unterkiefers sind die suprahyoidale Muskulatur, der *M. pterygoideus lateralis* sowie die Schwerkraft beteiligt. Bei genauerer Betrachtung kommt es initial zu einer reinen Rotationsbewegung und im weiteren Verlauf zu einer Translation des *Diskus-Kondylus-Komplexes*. Bei der Öffnung schiebt sich der Gelenkkopf des UK auf das *Tuberculum articulare*, dabei folgt der *Discus articularis* dem vorgegebenen Gelenkbahnenverlauf passiv (Reitemeier et al. 2006).

Der *Diskus* unterteilt das Kiefergelenk in zwei funktionell unterschiedliche Kammern (Rosenbauer et al. 1998). In der unteren Kammer wird hauptsächlich die Translation durchgeführt, bei der der Gelenkkopf gegen die Unterseite des *Diskus* rotiert (Bumann und Lotzmann 2000, Ferrario et al. 1996, Meada et al. 1992, Merlini und Palla 1988). Bei ausgeprägter Öffnung des UK kommt es zu einer translatorischen Bewegung des Kiefergelenks im Bereich der oberen Kammer (Osborn 1985, Roth et al. 1984).

Eine weitere wichtige anatomische Struktur im Hinblick auf die CMD-Diagnostik ist die Kaumuskulatur. Die Kaumuskulatur umfasst im engeren Sinne vier verschiedene Muskeln. Dies sind der *M. masseter*, *M. temporalis*, *M. pterygoideus medialis* und *lateralis*. Zu den primären Aufgaben der genannten Muskeln gehört der Kieferschluss und ausführende Mahlbewegungen der *Mandibula* gegen die *Maxilla*. Der *M. masseter* und *M. pterygoideus medialis* bilden durch ihren anatomischen Verlauf eine

Muskelschlinge, in welcher der Unterkiefer aufgehängt ist. Dabei zieht der *M. masseter* vom *Arcus zygomaticus* zum *Angulus mandibulae*. Der *M. temporalis* hat seinen Ursprung am *Planum temporale*, verläuft in Richtung Unterkiefer und setzt schließlich am *Processus coronoideus* an. Der Ursprung des *M. pterygoideus medialis* befindet sich am *Proc. pterygoideus* und verläuft zur medialen Fläche des *Angulus mandibulae*. Der *M. pterygoideus lateralis* zieht von der *Crista infratemporalis* und dem *Proc. pterygoideus* zum einen an den *Discus articularis* und zum anderen an den *Proc. condylaris* der *Mandibula*. Die folgende **Tab. 2** fasst die Funktion und nervale Innervation der vier Kaumuskel zusammen (Putz und Pabst 2004, Schünke et al. 2006):

Kaumuskel:	Funktion:	Innervation:
M. masseter	<i>Adduktion des UK</i>	<i>N. massetericus, ein Ast des N. mandibularis (3. Ast des N. trigeminus)</i>
M. temporalis	<i>Adduktion u. Retrusion des UK, unilaterale Kontraktion bei der Mahlbewegung</i>	<i>Nn. temporales profundi, Äste des N. mandibularis (3. Ast des N. trigeminus)</i>
M. pterygoideus medialis	<i>Adduktion des UK</i>	<i>N. pterygoideus medialis ein Ast des N. mandibularis (3. Ast des N. trigeminus)</i>
M. pterygoideus lateralis	<i>Bilaterale Kontraktion bei der Mundöffnung und Protrusion des UK, unilaterale Kontraktion bei der Mahlbewegung</i>	<i>N. pterygoideus lateralis ein Ast des N. mandibularis (3. Ast des N. trigeminus)</i>

Tab. 2: Die Kaumuskulatur und ihre Innervation.

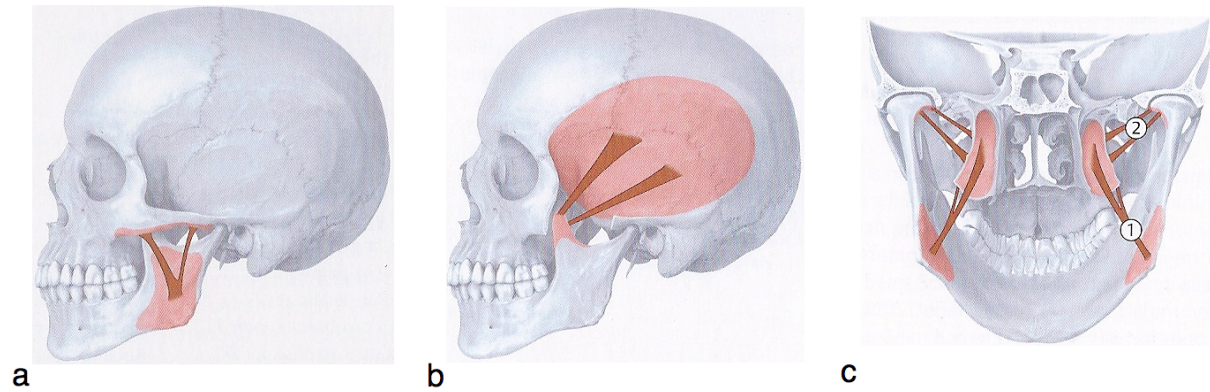


Abb.3: Anatomischer Verlauf der vier Kaumuskeln. **a** Verlauf des *M. masseter*, **b** Verlauf des *M.temporalis*, **c** Verlauf des *M. pterygoideus medialis* (1) und *lateralis* (2) (modifiziert entnommen aus Schünke et al. 2006 S.48).

1.2 Funktionsstörungen des Kauorgans (CMD)

Eine CMD beschreibt muskuloskeletale Beschwerden, welche sich in Bereichen der Muskulatur, beteiligten Sehnen und der Kiefergelenke manifestieren. Dabei stellen diese Arten von Beschwerden kein homogenes Krankheitsbild dar, sondern umfassen eine große Anzahl verschiedenster pathologischer Zustände. Zudem ist zu unterscheiden, ob die Ursprünge durch das stomatognathe System oder durch systemische Ursachen bedingt sind und Symptome daher auch im Kauorgan vorkommen (Strub et al. 2005). Ebenso ist zu berücksichtigen, dass das Krankheitsbild einer CMD mit einer Vielzahl gemeinsamer oder getrennt auftretender Störungen der Muskulatur und der Kiefergelenke einhergehen kann (Carlson und Magnusson 1999). Da die Ätiologie einer CMD multifaktoriell ist, müssen daher auch bei der Therapie einzelne diagnostische Faktoren Berücksichtigung finden (Konstantinović und Lazić 2006).

Zu den klassischen Leitsymptomen einer CMD zählen unter anderem starke Schmerzen, die möglicherweise bis in die Kopfregion ausstrahlen können und sich als „Kopfschmerz“ charakterisieren lassen, erhebliche Einschränkungen bzw. Limitationen der Mundöffnung sowie der Unterkieferbewegungen, Gelenkgeräusche, die sich durch ein „Knacken“ oder „Reiben“ diagnostizieren lassen, sowie Überempfindlichkeiten von Muskeln und Gelenken. Häufige Gründe für die Entstehung schmerzhafter Erkrankungen des Kiefergelenks und der Kaumuskulatur sind ein entstandenes internes oder externes Trauma, andere chronische

Traumaformen, Muskelfehlfunktionen, die durchaus auch psychischen Ursprungs sein können, sowie okklusale Parafunktionen von Zähnen bzw. Zahngruppen (Ash et al. 2006).

Es existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Bewertungskriterien für die Einteilungen von Pathophysiologien bzw. Dysfunktionen. Deshalb werden in diesem Zusammenhang nur die beiden gebräuchlichsten Klassifikationsschemata im Folgenden kurz aufgeführt.

Eine Möglichkeit der Klassifizierungen von CMD ist die 1974 von Helkimo beschriebene Einteilung, welche genau vier Hauptkriterien berücksichtigt:

a) Unterkieferbeweglichkeit
Eingeschränkte Unterkieferbeweglichkeit Eingeschränkte Lateralbewegungen Eingeschränkte Protrusion
b) Gelenkfunktion
Kiefergelenksgeräusche (Reiben u. Knacken) Deviation bei der ausgeführten Mundöffnung
c) Palpation der Muskulatur
Summe der Stellen der Muskulatur mit Empfindlichkeit bei Palpation
d) Palpation des Kiefergelenks
Schmerz bei Palpation von lateral Schmerz bei Palpation von dorsal
Durch Bewertung der Teilindices a-d zusammen wird der Dysfunktionsindex definiert:
D0 keine klinische Dysfunktion D1 leichte klinische Dysfunktion D2 moderate klinische Dysfunktion D3 schwere klinische Dysfunktion

Tab. 3: Einteilung der Pathophysiologie des Kauapparates nach Helkimo (Helkimo 1974).

Die RDC/TMD (Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders) von Dworkin (Dworkin und LeResche 1992) teilen Pathophysiologien in drei Hauptgruppen und insgesamt acht Untergruppen ein:

Gruppe 1: Schmerzen im Bereich der Kiefermuskulatur
I.a. Myofaszialer Schmerz <i>ohne</i> Limitation der Mundöffnung I.b. Myofaszialer Schmerz <i>mit</i> Limitation der Mundöffnung
Gruppe 2: Verlagerung des Discus articularis
II.a. Verlagerung des Diskus <i>mit</i> Reposition II.b. Verlagerung des Diskus <i>ohne</i> Reposition <i>mit</i> Limitation der Mundöffnung II.c. Verlagerung des Diskus <i>ohne</i> Reposition <i>ohne</i> Limitation der Mundöffnung
Gruppe 3: Arthralgie, Arthritis, Arthrose des Kiefergelenks
III.a. Arthralgie III.b. Arthritis III.c. Arthrose

Tab. 4: Einteilung der Pathophysiologie des Kauapparates nach Dworkin (Dworkin und LeResche 1992).

Die Einteilung nach RDC/TMD und dem Index für Dysfunktionen nach Helkimo zeigt eine deutliche Inhomogenität der Einteilungsmöglichkeiten auf. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit sind die RDC/TMD von größerer Bedeutung und stellt die diagnostische Grundlage dar.

1.2.1 Arthrogene Dysfunktionen

Unter arthrogeneren Dysfunktionen versteht man intrakapsuläre Störungen, welche sich durch eine Vielzahl an diagnostischen Kriterien klassifizieren lassen (Weber 2010). Die hier aufgeführte Unterteilung in **Tab.5** erfolgt nach einer Modifikation der Klassifikation der „American Academy of Orofacial Pain“ (AAOP).

Intrakapsuläre Störungen	
Art der Arthropathie:	Charakteristik:
Formabweichungen	<i>Unregelmäßigkeiten intrakapsulärer Gelenkanteile</i>
Diskusverlagerungen (DV)	<i>Unphysiologische Lage des Diskus im Verhältnis zum Kondylus</i>
Kondylusluxation	<i>Verlagerung des Kondylus über die Eminentia articularis hinaus nach anterior</i>
Arthritiden	<i>Traumatische, infektiöse, rheumatoide, metabolische und andere Entzündungen der Gelenke</i>
Arthrose	<i>Degenerative, nicht entzündliche Gelenkerkrankung mit progressivem Verlust von Knorpel und subchondralem Knochen</i>
Ankylosen	<i>Fibröse oder knöcherner Versteifung des Gelenks</i>

Tab. 5: *Intrakapsuläre Störungen und ihre charakteristischen Merkmale (Weber 2010).*

Formabweichungen der Hartgewebsstrukturen können ggf. mit Hilfe eines Röntgenbildes diagnostiziert werden. Dabei sind die Auswirkungen vielfältig wie z.B. das Auftreten eines „Knackgeräusches“, Deviationen bei Mundöffnungs- und Schlussbewegungen, die evtl. auch einen zu überwindenden Widerstand darstellen können (Weber 2010).

Die Diskusverlagerung, also die unphysiologische Lage des *Diskus* zum *Kondylus*, kann einen partiellen oder totalen Charakter haben. Es ist zudem zu unterscheiden, ob es im weiteren Verlauf zu einer Reposition kommt oder nicht und ob diese Verlagerungen in maximaler Interkuspitation oder bei exkursiven UK-Bewegungen vorkommen (Schopf 2008). Der *Discus articularis* des Kiefergelenkes kann in vier Richtungen pathologisch verlagert sein. In sagittaler Richtung nach anterior und posterior sowie in transversaler Richtung nach lateral und medial (Ash et al. 2006). Die posteriore Diskusverlagerung (PDV) ist definitionsgemäß eine Verlagerung der posterioren Begrenzung der Gelenkscheibe über den superioren Kondyluspol hinaus

auf eine deutliche 13-Uhr-Position. Diese Art der Verlagerung ist allerdings eher selten (Bumann und Lotzmann 2000, Vogl und Abolmaali 2001). Bei den transversalen Diskusverlagerungen (TDV) zeigen sich Pathologien einer medialen oder lateralen Verschiebung, mit der Möglichkeit einer Kombination der oben genannten Verlagerungsrichtungen (Vogl und Abolmaali 2001). Genau wie die PDV beschreibt die TDV eher eine niedrige Inzidenz (Tasaki und Westesson 1993). Die anteriore Diskusverlagerung (ADV) wird aufgrund der Relevanz für diese Arbeit zu einem späteren Zeitpunkt genauer erläutert.

Bei der Kondylusluxation handelt es sich um eine anteriore Verschiebung des Gelenkkopfes über die *Eminentia articularis* hinaus. Eine eigenständige Reponierung kann nicht erfolgen. Der Patient beklagt im Zusammenhang mit der Luxation die Unfähigkeit des Kieferschlusses und starke Schmerzen (Leder 2008, Weber 2010). Es können auch rezidivierende Luxationen auftreten, wobei mögliche Ursachen als neuromuskuläre Störungen und Gelenkhypermobilitäten identifiziert wurden (Ash et al. 2006).

Als Osteoarthritis bezeichnet man eine schmerzhafteste Erkrankung mit entzündlichem Charakter, welche degenerative Veränderungen der knorpeligen und knöchernen Gelenkflächen hervorruft (Bumann und Lotzmann 2000, Embree et al. 2011). Typische Leitbefunde der Osteoarthritis sind häufig auftretende Reibegeräusche, sowie Limitationen und Schmerzen bei Vorwärtsbewegungen des UK (Dworkin und LeResche 1992, Leder 2008, Stelzenmüller et al. 2004, Widmalm et al. 1992, Wilkes 1989).

Die Osteoarthrose stellt im Gegensatz zur Osteoarthritis eine nicht entzündliche degenerative Erkrankung des Kiefergelenks dar und befällt vorwiegend subchondrale Areale des Knochens und den Knorpel der Gelenkflächen (Bumann und Lotzmann 2000, Leder 2008, Stegenga et al. 1992,). Auch bei dieser inaktiven Form der Arthrose ist das klassische Leitsymptom die Krepitation (Widmalm et al. 1992, Wilkes 1989), wohingegen eine Schmerzsymptomatik eher selten oder gar nicht zu verzeichnen ist (Bumann und Lotzmann 2000, DeLeeuw et al. 1996, Leder 2008).

Unter einer Ankylose versteht man eine fibröse oder knöchernen Versteifung des Kiefergelenkes. Dieses Krankheitsbild äußert sich durch eine stark eingeschränkte

Mundöffnung und in deutlichen Abweichungen zur erkrankten Seite bei durchgeführter Mundöffnung (Weber 2010).

1.3 Diagnostik von Diskopathien

Bei Diskopathien bzw. Erkrankungen der Gelenkscheibe und deren damit verbundenen strukturellen Veränderungen sind neben der Stellungsveränderung des *Kondylus* auch generelle Struktur- und Belastungsänderungen zu berücksichtigen. Daher ist in diesem Kontext eine isolierte diagnostische und therapeutische Herangehensweise obsolet (Freesmeyer 1993). Trotz der großen Anzahl arthrogener Dysfunktionen und deren scheinbaren multikausalen Zusammenhänge finden zwei Probleme in der Literatur häufig Erwähnung. So sind innere Gelenkstörungen oft auf eine Verlagerung des *Discus articularis* gegenüber den funktionellen anatomischen Strukturen des *Kondylus* und den artikulierenden Strukturen des *Os temporale* zurückzuführen. In diesem Zusammenhang muss man daher grundsätzlich zwischen DV *mit* und *ohne* Reposition unterscheiden (Ash et al. 2006).

Nach der „Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders“ (RDC/TMD) liegt eine anteriore Verlagerung des *Diskus* vor, wenn bei maximaler IKP die posteriore Begrenzung des *Diskus* deutlich erkennbar vor der 12Uhr-Position des *Kondylus* liegt. Dabei sollte die tatsächliche Lage etwa einer 11:30Uhr-Position entsprechen (Drace und Enzmann 1990, Dworkin und LeResche 1992, Katzberg 1989, Rammelsberg et al. 1997b).

1.3.1 Anteriore Diskusverlagerung *mit* Reposition

Bei der ADVmR liegt der *Discus articularis* bei geschlossenem Mund nicht im Gelenkspalt, sondern ist nach anteromedial oder anterolateral im Vergleich zum physiologischen Normalzustand verschoben. Die Mundöffnung bedingt die Protrusion des UK, dabei verdrängt der *Kondylus* die benachbarten Gewebe nach anterior und der *Diskus* des Kiefergelenkes schiebt sich auf den Gelenkkopf. Dieser Vorgang ist oft durch ein reziprokes Knacken charakterisiert. Bei der Mundschlussbewegung kommt es im terminalen Bereich zu einer Instabilität des Diskus-Kondylus-Komplexes, welches zu einem Abgleiten des *Discus articularis* vom *Kondylus* führt und ebenfalls ein Dislokationsknacken hervorrufen kann. Nach Erreichen der IKP

befindet sich der *Diskus* wieder in einer nach anterior verschobenen Lage. Die ADV beinhaltet neben einer sagittalen anterioren Verschiebung auch eine nach medial gerichtete verbundene Rotationskomponente von Gelenkwalze und Gelenkscheibe (Koeck und Lückerath 1995, Leder 2008). Bei der Mundöffnung kann ein reziprokes Knacken in der Initial-, Intermediär- oder Terminalphase erfolgen, wobei beim Mundschluss sich dieses Phänomen meist auf die Terminalphase beschränkt oder gar nicht zu hören ist (Laskin 2006). Im Zusammenhang mit der Pathologie einer ADVmR werden die schmerzempfindlichen seitlichen und hinteren Aufhängungsbänder bei UK-Bewegungen besonders stark belastet (Howaldt und Schmelzeisen 2002).

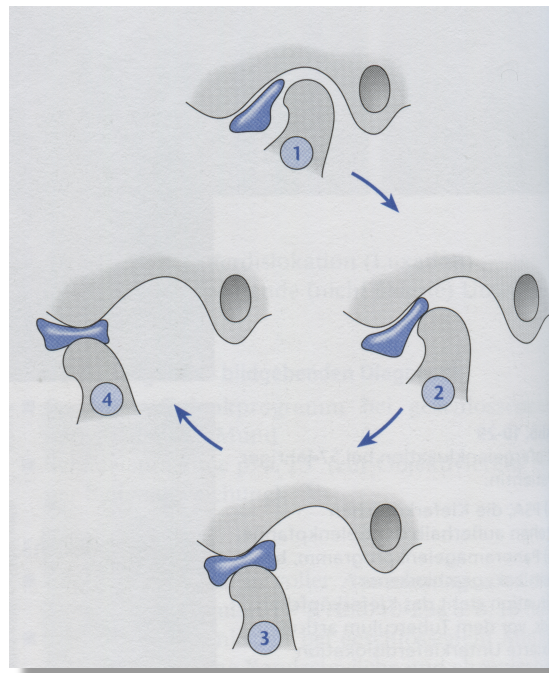


Abb.4: Mundöffnungsbewegung bei anteriorer Diskusverlagerung mit Reposition. 1. Der Diskus ist bei Mundschluss vorverlagert. 2. Der Diskus schiebt sich langsam auf den Kondylus. 3. Der Diskus ist vollständig reponiert. 4. Maximale Mundöffnung (Entnommen aus Rother 2006, S.150).

Okklusale Störungen, Traumata oder eine über längere Zeit bestehende Hypermobilität der Gelenkscheibe begünstigen die Entstehung einer ADVmR (Howaldt und Schmelzeisen 2002). Genauso wie die Okklusion spielen auch myofunktionelle Störungen bei der Entstehung einer ADV eine Rolle (Stelzenmüller et al. 2004). Ein reziprokes Kiefergelenksknacken ist dabei das wichtigste

diagnostische Kriterium für eine ADVmR (Okeson 1996, Orsini et al. 1999, Rammelsberg et al. 1997b), jedoch sind Knackgeräusche in keinem Fall das alleinige Kennzeichen dieser möglichen pathogenen Erscheinung. So können neben der gesteigerten Kondylushypermobilität auch Knorpelhypertrophien, die laterale Gelenkkapsel oder Diskusadhäsionen zur Entstehung von „Knackgeräuschen“ beitragen (Buman und Lotzmann 2000, Prinz 1998, Remington et al. 1990). Neben dem genannten „Gelenkknacken“ gehört die Deviation in Richtung der erkrankten Seite, bei ausgeführter Mundöffnung, ebenfalls zu den diagnostischen Merkmalen der ADVmR (Eberhard et al. 2000, Eriksson et al. 1985, Katzberg 1989). Mittlerweile ist in der Literatur eine Diskussion entstanden, welche einen möglichen zusammenhängenden Verlauf von einer fortgeschrittenen ADVmR zu einer ADVoR vermuten lässt (Buman und Lotzmann 2000, Sato et al. 2003). Patienten mit diagnostizierter ADVmR können eine Schmerzsymptomatik im betroffenen Gelenk aufweisen (Howaldt und Schmelzeisen 2002, Weber 2010), allerdings deuten Studien daraufhin, dass die Schmerzempfindung bei diesen betroffenen Patienten oft nicht sehr stark ausgeprägt ist (Emshoff et al. 2001, Emshoff et al. 2002a). Für eine Diagnosesicherung können die Arthroskopie und die MRT-Aufnahme Anwendung finden (Howaldt und Schmelzeisen 2002).

1.3.2 Anteriore Diskusverlagerung *ohne* Reposition

Die Lage des *Discus articularis* bei ADVoR ist ebenfalls geprägt durch eine Verlagerung außerhalb des Gelenkspaltes nach anterior. Bei Exkursivbewegungen des Unterkiefers schiebt der *Kondylus* den *Diskus* nach anterior, allerdings kommt es im Laufe dieser Bewegung zu keiner Reposition der Gelenkscheibe. Selbst bei maximaler Depression des Kiefers bleibt der *Discus articularis* nach anterior verlagert (Leder 2008). Durch eine ausgeprägte Schwächung der Aufhängungsbänder kann der *Diskus* bei der Kondylenbewegung nicht mehr reponiert werden. Bei langanhaltender ADVoR kann sich die Struktur der Gelenkscheibe ändern und eine Reposition absolut unmöglich machen (Howaldt und Schmelzeisen 2002). Ein charakteristisches Merkmal der ADVoR ist das gehäufte Auftreten plötzlicher Limitationen der Mundöffnung, wobei die Öffnung kleiner ist als im physiologischen Zustand (Dworkin und LeResche 1992, Leder 2008, Rammelsberg et al. 1997b).

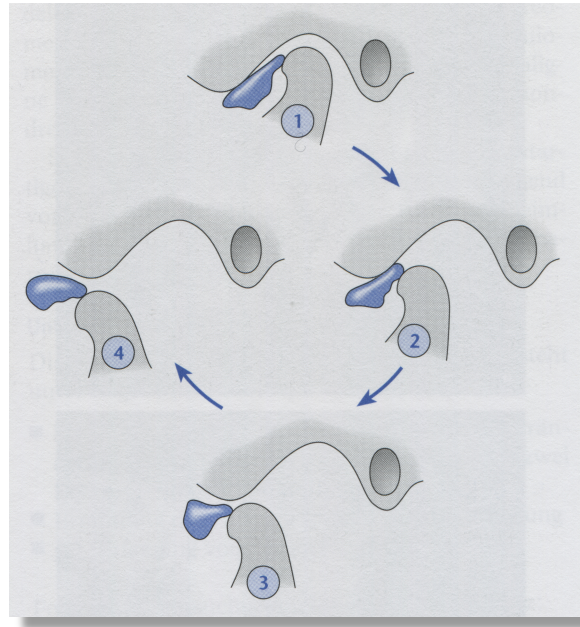


Abb. 5: Mundöffnung bei anteriorer Diskusverlagerung ohne Reposition. 1.-4. Der Diskus ist während der gesamten Dauer der Mundöffnungs- und Schluss nach anterior verlagert. Es kommt zu keiner Reposition (Entnommen Rother 2006, S.151).

Durch die pathologische Verlagerung einer ADVoR ist eine Mundöffnung oftmals schmerzhaft. In einem akuten Stadium und unilateralen Befall des Kiefers kommt es neben der eben erwähnten Schmerzsymptomatik auch zu einer häufig auftretenden Deflexion des Unterkiefers in Richtung erkrankter Seite, sowie zu Limitationen der Laterotrusion zur kontralateralen Seite (DeLeeuw et al. 1994, DeLeeuw et al. 1995, Dworkin und LeResche 1992, Eberhard et al. 2000, Stegenga et al. 1992, Yatani et al. 1998). Ebenso lösen eine forcierte Mundöffnung und der Verzehr von harter Nahrung Schmerzempfindungen aus (Peroz 1997, Rammelsberg et al. 1997a), wobei Patienten mit diagnostisch bestätigter ADVoR generell häufig stärkere Schmerzen empfinden als Patienten mit ADVmR (Behr et al. 1996b, Emshoff et al. 2001, Emshoff et al. 2002a, Emshoff et al. 2002b, Schiffman et al. 1990). Wie bei der ADVmR kann auch hier die Diagnosesicherung mit Hilfe der Arthroskopie und des MRT erreicht werden (Howaldt und Schmelzeisen 2002).

1.3.3 Klinische Funktionsanalyse

In einer gemeinsamen Stellungnahme der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde) und der DGFDT (Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie) wird die klinische Funktionsdiagnostik als wissenschaftlich anerkanntes und adäquates Mittel zur Erhebung des Zustandes des kraniomandibulären Systems bezeichnet (Ahlers et al. 2005b). So ist die klinische Funktionsanalyse allen weiteren therapeutischen Maßnahmen, wie z.B. instrumentellen Untersuchungen, der Anwendung bildgebender Verfahren oder der Durchführung einer Schientherapie, in jedem Fall vorausgehend durchzuführen (Leder 2008).

Die in diesem Zusammenhang mit dieser Arbeit verwendete RDC/TMD wurde 1992 entwickelt. Dieses Diagnose- und Klassifikationssystem sollte so gestaltet werden, dass es ein erleichterndes Instrument zur klinischen Untersuchung und zur Diagnosefindung darstellt (Dworkin 2010). Zudem ist die RDC/TMD ein effektives international vergleichbares Instrument (Leder 2008). Es werden bei dieser klinischen Funktionsanalyse die in **Tab.4** aufgeführten drei Haupt- und ihre genannten Unterpunkte berücksichtigt. In ihrer Gesamtheit stellen die RDC/TMD ein zweiachsiges System dar, welches somatische (*Achse I*) und psychosomatische (*Achse II*) Parameter erfasst. Durch die Berücksichtigung beider Achsen sollte die Einleitung einer geeigneten Therapie aufgrund einer eindeutigen Diagnose für den Behandler möglich sein (Dworkin 2010, Leder 2008).

Der Inhalt aller anamnestischen Komponenten sowie die genaue Durchführung wird im Kapitel „Material und Methoden“ beschrieben.

1.3.4 Bildgebende Verfahren

Es gibt eine große Anzahl verschiedenster bildgebender Verfahren, die für die Kiefergelenksdiagnostik Verwendung finden können. Allerdings unterscheiden sich alle Verfahren in ihrer Qualität bezüglich der Aussagekraft und in ihren Darstellungsmöglichkeiten. Bei der Diagnostik können die Arthroskopie, Arthrographie, Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT) und konventionelle Röntgenverfahren wie die Orthopantomographie (OPG) zum Einsatz

kommen (Leder 2008, Rother 2006). Jedoch unterliegt die bildgebende Diagnostik aufgrund des technischen Fortschritts in den letzten Jahren einem stetigen Erneuerungsprozess. So haben heute in großen Teilen modernere diagnostische Verfahren wie die Magnetresonanztomographie (MRT) oder Computertomographie (CT) die konservativen Bildgebungen wie Arthroskopie und klassische Tomographie abgelöst. Nun gelten die eben erwähnten modernen Untersuchungsmöglichkeiten je nach Indikation als Standard (Jäger et al. 2001).

1.3.4.1 Magnetresonanztomographie

Bei der MRT-Untersuchung, auch Kernspintomographie genannt, werden keinerlei ionisierende Strahlungen produziert. Das Darstellungsprinzip besteht im Grunde aus der Wechselwirkung von einem äußeren und einem Kernmagnetfeld. Im Inneren befinden sich Atomkerne, welche eine ungerade Nukleonenzahl aufweisen und die Charakteristik eines Drehimpulses besitzen, sog. Kernspins. Wird auf die ausgerichteten Kernspins, welche sich im Magnetfeld befinden, ein Hochfrequenzimpuls abgegeben, so kommt es zu einer Aufrichtung von Wasserstoffkernen, welches eine antiparallele Spinrichtung der Kerne hervorruft. Bei Abschaltung dieses Hochfrequenzimpulses kehren diese Kerne wieder in ihre ursprüngliche Lage zurück. Durch das Zurückdrehen des Kernspins entsteht ein Induktionsfeld. Durch Sende- und Empfangsspulen kann der Spannungsverlauf dieser Induktionsfelder gemessen und digital weiterverarbeitet werden (Rother 2006).

In der Literatur wird das MRT aufgrund seiner nicht invasiven Eigenschaften und der hohen therapeutischen Aussagekraft als „Goldstandard“ in der Kiefergelenksdiagnostik angesehen (Brooks et al. 1997, Buman und Lotzmann 2000, DeLaat et al. 1993, Jäger et al. 2001, Kress et al. 2004, Styles und Whyte 2002, Westesson 1993). Aufgrund der physikalischen Eigenschaften eines MRT eignet sich dieses ebenfalls besonders für die Weichgewebstdarstellung im menschlichen Körper (Kress et al. 2004, Rother 2006). **Abb.6** zeigt eine statische MRT-Aufnahme mit detailgetreuer Erfassung eines Kiefergelenks und dessen umgebenden Strukturen. Bei genauerer Betrachtung fällt eine nach anterior verlagerte Gelenkscheibe auf.

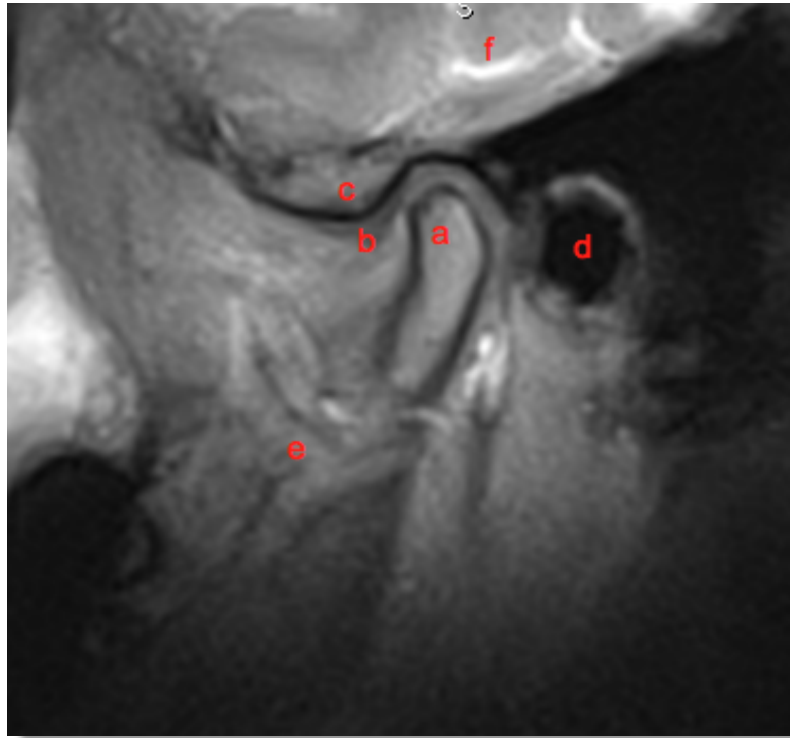


Abb. 6: Kiefergelenksanatomie und umliegende Strukturen einer statischen MRT-Aufnahme. *a* Kondylus, *b* Discus articularis, *c* Tuberculum articulare, *d* Porus acusticus externus, *e* Anteile der Kaumuskulatur, *f* Anteile des Gehirns.

Bei statischen MRT-Aufnahmen werden die anatomischen Strukturen des Kiefergelenks in IKP und bei maximaler Mundöffnung beurteilt. Durch die hohe Auflösung der Bildgebung können so z.B. Abweichungen der Diskuslage oder Pathologien der Weichgewebsstrukturen erkannt werden (Beer et al. 2004, Behr et al. 1996a). Eine Weiterentwicklung in diesem Zusammenhang stellt die Cine-MRT dar. Dabei wird mit Hilfe eines Bisskeils die Mundöffnung während einer MRT-Aufnahme sukzessive erweitert. Durch die Verknüpfung einzelner Sequenzen entsteht so eine pseudodynamische Aufnahme (Beer et al. 2004, Behr et al. 1996a, Burnett et al. 1987). Die vorliegende Machbarkeitsstudie macht sich die Weiterentwicklung der statischen MRT-Aufnahmen im Sinne der real-time-MRT (Zhang et al. 2010, Zhang et al. 2011) zunutze. So können mit Hilfe dieser Methode Unterkieferbewegungen in Echtzeit erfasst und die Kiefergelenksfunktion beurteilt werden (Zhang et al. 2010). Eine intraorale Eingliederung eines evtl. bereits vorhandenen therapeutischen Aufbissbehelfs ist bei Aufnahmen des Kiefergelenks als sinnvoll anzusehen (Jäger et al. 2001). Durch die neuartige real-time-MRT ist sogar eine Beurteilung in tatsächlicher dynamischer Bewegung möglich.

1.3.4.2 Orthopantomographie und Computertomographie

Der Vorteil der OPG liegt in einer vollständigen Aufnahme der knöchernen Anteile des Kiefers mit Einschluss beider Kiefergelenke. Allerdings sind diese Aufnahmen statischer Natur und erfassen keine Weichgewebe. Daher sollte die Beurteilung von Weichgeweben wie z.B. die Lage des *Diskus* mit Hilfe eines MRT erfolgen (Pasler und Visser 2000). Das OPG kann ein erstes weitmaschiges Screening darstellen (Brooks et al. 1997, Buman und Lotzmann 2000), welches allerdings nur eine teilweise Befundung ossärer Veränderungen der *Kondylen* zulässt (Buman und Lotzmann 2000). Zusammenfassend ist daher festzustellen, dass die Aussagekraft solcher OPG-Aufnahmen eher begrenzt ist.

Die CT ist eine multiplanare und digitale Röntgenuntersuchungsmethode. Bei der Aufnahme wird das Volumen eines zu untersuchenden Körperteils in „Scheiben“ geschnitten. Die anatomischen Strukturen werden in verschiedensten Graustufen dargestellt und ermöglichen eine bessere Abbildung von Knochen und Weichteilen (Pasler und Visser 2000, Rother 2006). Bei der computertomographischen Untersuchung liegt die Indikation im Bereich der Frakturdiagnostik und ist ein probates Mittel zur Befundung von Ankylosen sowie Arthritiden und neoplastischen Veränderungen im Kiefergelenksbereich (Brooks et al. 1997).

1.4 Therapie von Diskopathien

Die DGZMK empfiehlt in einer wissenschaftlichen Stellungnahme den Einsatz von Okklusionsschienen in der initialen Phase einer CMD-Therapie. Des Weiteren wird bei verschiedensten Typen von DV, *ohne* und *mit* Reposition, auf die Verwendung von Repositions- sowie Distractionsschienen verwiesen. Bis zu einer therapeutischen Rekonstruktion des Gebisszustandes sollen diese als Dauerschienen eingegliedert werden. Aufgrund eines höheren invasiven Eingriffes dieser Schientypen, im Vergleich zu herkömmlichen Äquilibrationsschienen, ist eine sorgfältige Diagnose und Indikationsstellung obligat (Ahlers et al. 2005a).

Die Repositionsschiene zwingt den UK in eine protrusive Stellung, welche durch den Behandler im Vorfeld mit Hilfe eines Registrationsmaterials bei der manuellen Funktionsdiagnostik eruiert wurde. Durch die Protrusion des UK soll der *Diskus*

wieder stabil auf dem *Kondylus* platziert werden. Da es sich um einen stark invasiven Eingriff handelt, ist der Repositionserfolg mit Hilfe einer MRT-Aufnahme zu überprüfen (Stelzenmüller et al. 2004). Die Repositionsschienen können sowohl im OK als auch im UK zahntechnisch angefertigt werden. Durch die starken Impressionen auf den Aufbissflächen wird der Patient in therapeutisch vorgegebener Position gehalten (Ash et al. 2006). Durch die Vorverlagerung des UK können stark invasive Veränderungen wie ein seitlich offener Biss entstehen. Daher sind Repositionsschienen in der internationalen Literatur nicht unumstritten (Ash et al. 2006, DeBoever et al. 2000, Dylina 2001, Leder 2008). Jedoch wird in einigen Fällen eine permanente Reponierung des *Diskus* durch Rekonstruktion der therapeutischen Zentrik empfohlen (Ahlers et al. 2005a, Kurita et al. 2001, Lundh et al. 1985). Bei dieser Art der Therapie ist mit umfangreichen kieferorthopädischen und prothetischen Maßnahmen zu rechnen (Ash et al. 2006, Leder 2008).

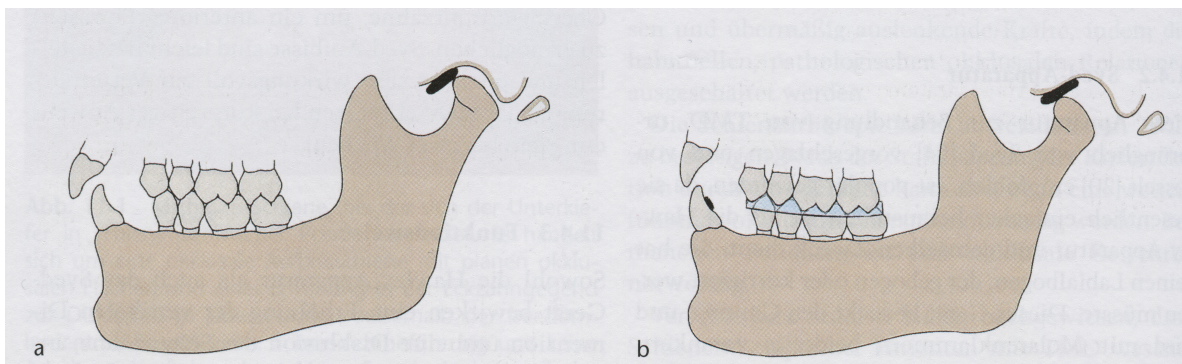


Abb 7: Wirkweise einer anterioren Repositionsschiene. **a** zeigt eine anteriore Verlagerung des *Diskus* bei habitueller Verzahnung. **b** Durch eine therapeutische protrusive Relation des UK kann der *Diskus* „wieder eingefangen werden“ (entnommen aus Ash et al. 2006, S. 238).

Die Erfolgsrate von Diskusrepositionen durch Repositionsschienen, bei Patienten mit ADVmR liegt in einem Bereich von 67-95% (Eberhard et al. 2002, Simmons und Gibbs 1995, Simmons und Gibbs 1997, Westesson und Lundh 1988). Losgelöst vom eigentlichen Repositionserfolg führen Repositionsschienen generell zu einer Schmerzreduktion des Patienten (Eberhard et al. 2002, Lundh et al. 1985). Aus chirurgischer Sicht kann bei Patienten mit ADVmR und starkem reziproken Knacken alternativ eine vertikale Ramusosteotomie durchgeführt werden. Durch eine

Verbreiterung des Gelenkspaltes und eine nach anterior veränderte Lage des *Kondylus* soll eine verbesserte Koordination des Diskus-Kondylus-Komplexes bewirkt werden (Schwenzer und Ehrenfeld 2011).

Bei ADVoR sollte neben einem Repositionsversuch auch eine Detonisierung der Elevatoren und eine Kapseldehnung angestrebt werden. So können Distraktions- und Zentrikschienen Anwendung finden (Leder 2008). Ebenfalls kommt es durch angewandte Physiotherapie zu einer signifikanten Linderung der Schmerzsymptomatik, zu Verringerungen von Limitationen und zur Verbesserung CMD-bedingter Behinderungen (Nicolakis et al. 2001, Nicolakis et al. 2002). Chirurgische Eingriffe können nach erfolgloser konservativer Therapie indiziert sein. So können durch die Arthroskopie und durch einen manuellen Repositionsversuch bereits bei ca. 60-80% der Patienten eine Verbesserung der Funktion und der Schmerzsymptomatik erzielt werden. Sollte dieser arthroskopische Eingriff versagen, bleibt die Möglichkeit einer invasiveren operativen Diskusreposition (Schwenzer und Ehrenfeld 2011).

1.5 Funktionsprinzip der bimaxillären Kalottenschiene

Am Universitätsklinikum Göttingen wurde unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. Dr. Engelke eine neuartige Schienentherapie entwickelt, welche die biofunktionellen Gesichtspunkte des orofazialen Systems bei der Therapie von CMD berücksichtigt (Engelke 2009).

Bei der Behandlung von CMD wurden biofunktionelle Parameter wie der Zustand des orofazialen Systems und die Position der Zunge in der Vergangenheit weitestgehend nicht berücksichtigt. Nach Engelke bietet das biofunktionelle Modell die Möglichkeit zur Einflussnahme bei entsprechender Therapiedurchführung. Wenn bei geschlossener Ruhelage des Unterkiefers sich die Zunge in einer gaumennahen Position befindet, resultiert daraus ein vollständiger Kompartimentschluss im Mundinneren, welcher nun einen Teil der Haltefunktion der Kaumuskulatur übernimmt. Durch die Übernahme eines Teils der Haltefunktion resultieren andere auf den UK einwirkende physikalische Einflussgrößen. So besteht die Möglichkeit der Stabilisierung des biofunktionellen Systems durch die Eingliederung von Aufbissschienen (Engelke 2009).

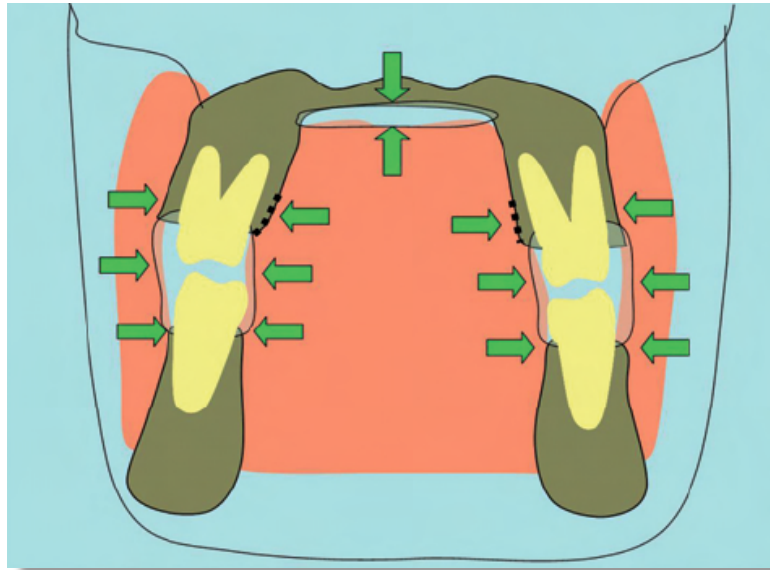


Abb.8: Zentrierung des orofazialen Systems durch die geschlossene Ruhelage (Modifiziert entnommen aus: Engelke 2009, S.7).

Bei der neuentwickelten CMD-Therapie handelt es sich um eine bimaxilläre Apparatur, welche individuell im Ober- und Unterkiefer angepasst wird. Das okklusale Design der planen bimaxillären Kunststoffwälle entspricht einer Monson'schen Kalotte. Durch diese funktionelle Gestaltung der Okklusionsflächen verlaufen alle sagittalen und transversalen Unterkieferbewegungen auf einer Kreisbahn, vergleichbar mit einer Kugel, die sich in einer Schale bewegt. Dabei liegt der Mittelpunkt der Kreisbahn im Zentrum der *Orbita*. Gleichzeitig wird durch die bignathe Konstruktion der Schiene zu jedem Zeitpunkt der Zustand einer bilateral balancierten Okklusion erreicht. Durch die protrusive Verschlüsselung des Patientenbisses vor der eigentlichen zahntechnischen Herstellung der bimaxillären Schiene, wird ebenso der Effekt einer lastfreien Kiefergelenksbewegung erzielt. Trotz des tendenziell protrusiven Charakters des bimaxillären Aufbissbehelfs, wird der Patient zu keiner Zeit der Unterkieferbewegung in eine Protrusionslage gezwungen (Engelke 2009). Anders ist es bei herkömmlichen Okklusionsschienen, bei denen eine Verschlüsselung der Zahnreihen durch Impressionen bzw. Aufbauten der Kontaktflächen erfolgen kann (Ash et al. 2006).

Des Weiteren werden bei einem Okklusionskonzept der bimaxillären Kalotte die Kiefergelenksbewegungen im Vergleich weniger beeinflusst als bei Okklusionen mit Höcker tragenden Seitenzähnen (Rossbach 1986).

Die bimaxilläre Kalottenschiene bietet in ihrer Gesamtheit gegenüber den herkömmlichen statischen Aufbisschienen nach Engelke (2009) folgende Vorteile:

- Die Zahnreihen sind entkoppelt und führen daher zu einer freien Beweglichkeit des OK und UK.
- Es wird ausschließlich eine dentoalveoläre Führung mit bilateraler Okklusion erreicht.
- Kraftanspannungen der Kaumuskulatur erfolgen direkt über die Aufbissflächen, somit werden die Kiefergelenke minimal belastet.
- Durch die Kalotten der bignathen Schiene kommt es zu einer Distraction der Kiefergelenke (Prinzip der klassischen Distractionsschienen).
- Zudem können durch die freie Beweglichkeit des Unterkiefers physiotherapeutische Übungen in einer entlastenden Position durchgeführt werden.
- Es kommt zu einer Entspannung der Kaumuskulatur mit dem Effekt der Vermeidung von Spannungsschmerzen.
- Therapeutische UK-Positionen können durch den Patienten eigenständig gefunden werden.
- Tendenz einer protrusiven Artikulation der Kalotten gegeneinander, ohne Zwang einer Einnahme einer stark protrusiven Kieferhaltung.
- Eliminierung von Irritationen und Beeinflussungen bei Kiefergelenksbewegungen.

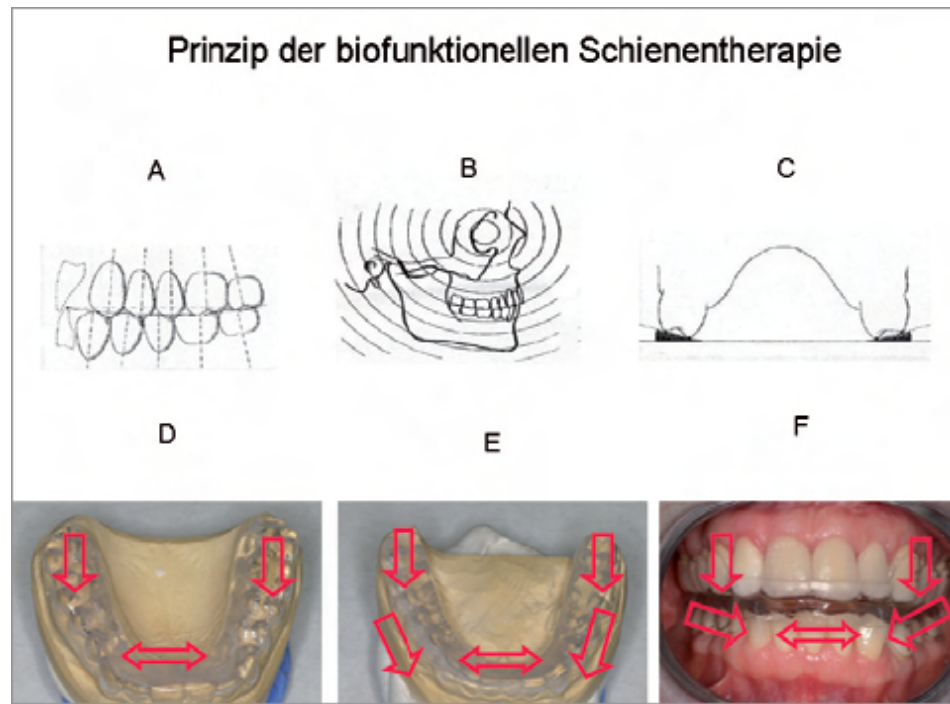


Abb.9: Prinzip der Kalottenschiene zur Entkopplung der Okklusion und Entlastung der Gelenke durch ausschließlich dentoalveoläre Führung. **A** entkoppelte Zahnreihen in sagittaler Richtung, **B** Verlauf der Kreisbahnen am Schädel und Mittelpunkt in der Orbita, **C** entkoppelte Zahnreihen in transversaler Richtung, **D-F** störungsfreie und dentoalveoläre Führung der bimaxillären Schiene (Modifiziert entnommen aus Engelke 2009, S.7).

1.6 Fragestellung und Zielsetzung

Wie eingangs erwähnt stellt die CMD ein weitverbreitetes gesellschaftliches Problem dar (Gonçalves et al. 2010, Leder 2008, LeResche 1997, Reichart et al. 2002). Die Fragestellung über die Effektivität und den Nutzen von Repositionsschienen bei der Therapie von ADVmR ist seit langer Zeit immer wieder Gegenstand von Diskussionen. Durch die stark invasive Wirkweise klassischer Repositionsschienen werden zum Teil frustrierende therapeutische Ergebnisse erzielt (Ash et al. 2006). Aufgrund eines hohen Kostenfaktors sowie der aufwändigen Durchführung klinischer Studien scheinen zielgerichtete Fragestellungen im Hinblick auf neue Therapiekonzepte sinnvoll.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Frage, ob behandlungsbedürftige Patienten mit ADVmR durch die Hilfe eines neuartigen multifunktionalen Schienentherapiekonzeptes zu therapieren sind und gleiche bzw. bessere individuelle Ergebnisse bezüglich einer Diskusreposition zu erzielen sind. Dabei soll ein eventueller Repositionserfolg dieser Probandengruppe mit Hilfe einer bimaxillären Kalottenschiene nach Engelke (2009) untersucht und mit zwei konservativen Repositionsschienen verglichen werden. Zudem wird in dieser Studie die Möglichkeit geprüft, unterschiedliche Bewegungen in Echtzeit graphisch zu erfassen und miteinander zu vergleichen.

2. Material und Methoden

Diese Studie wurde durch die Zusammenarbeit der Abteilung Prothetik der UMG (komm. Leiter PD Dr. N. Gersdorff) und der Biomedizinischen MR-Forschungs GmbH am Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie Göttingen (Direktor Prof. Dr. J. Frahm), sowie durch das Forschungs-MRT der Abteilung kognitive Neurologie Göttingen (PD Dr. P. Dechent) realisiert.

2.1 Probandenkollektiv

Die Rekrutierung der sechs Probanden erfolgte aus dem Pool der CMD-Sprechstunde der Abteilung ZMK. Es wurden ausschließlich einwilligungsfähige Probanden in die Studie integriert, deren Einverständniserklärung vorlag. Bei der Auswahl des Probandengutes wurde darauf geachtet, dass nach erhobener Anamnese und eingehender klinischer Untersuchung alle teilnehmenden Personen die charakteristischen Symptomaten einer anterioren Diskusverlagerung *mit* Reposition aufwiesen. So erfolgte die erste Untersuchung auf Eignung nach den Richtlinien der RDC/TMD, bevor sie mit Hilfe der real-time-MRT auf Effekte verschiedener Schienentherapieansätze weiter untersucht wurden. Alle Probanden wurden vor der MRT-Untersuchung über evtl. Risiken aufgeklärt. Vor Beginn der Studie lag ein positives Votum der Ethikkommission der Universitätsmedizin Göttingen vor (*Antragsnummer 18/3/11*).

Von den sechs ausgesuchten Probanden waren drei weiblich und drei männlich. Die Teilnehmer/innen waren zwischen 20-34 Jahre alt, bei einem Durchschnittsalter von 25,3 Jahren. Allerdings erfolgte die Auswahl des symptomatischen Probandenkollektivs nach dem Zufallsprinzip.

2.2 Erhebung der RDC/TMD

Bei der Erhebung der Daten für die RDC/TMD wurden Fragebögen verwendet, welche Komponenten eines anamnestischen Frageteils für die Probanden enthielten, sowie Auskünfte über die Einflussnahme von CMD im täglichen Leben lieferten (Dworkin und LeResche 1992). Ein Teil der RDC/TMD beschäftigt sich mit epidemiologischen Angaben der Teilnehmer und wurde vollständigshalber durchgeführt, konnte jedoch im Rahmen dieser Studie vernachlässigt werden

Die sechs Probanden des Kollektivs wurden vor der eigentlichen MRT-Untersuchung mit Hilfe der eben erwähnten Fragebögen befragt und untersucht. Die in den folgenden Tabellen aufgeführten Fragen sind der RDC/TMD entnommen (Dworkin und LeResche 1992). Die durch Zahlen codierten Antwortmöglichkeiten dienen einer vereinfachten Vorgehensweise bei der Diagnostik bezogen auf das eventuelle Vorliegen einer CMD.

2.2.1 Anamnestische Angaben zu den Probanden

Der anamnestische Frageteil der RDC/TMD konnte von den Probanden selbstständig beantwortet werden und wurde in jedem Fall weiteren klinischen Untersuchungen vorgeschaltet. Dabei ist der Inhalt und die Anordnung der Fragen als Hilfestellung für die Beantwortung von Ätiologie und Lokalisation der Schmerzsymptomatiken zu verstehen. Darüber hinaus konnte ein Überblick über die Intensität und den Verlauf durch CMD ausgelöste Schmerzen geschaffen werden (*siehe Anhang, S.131*).

Durch die Beantwortung der Fragen konnten erste wichtige Informationen gesammelt werden, um einen Verdacht auf eine ADVmR zu festigen und Daten für die Charakterisierung der einzelnen Probanden zu erhalten. So spielt die Anamnese der RDC/TMD in dieser Studie zwar eine wichtige Rolle im Hinblick auf Diagnostik und Durchführung einer weiteren klinischen Untersuchung, allerdings stellt sie für die spätere individuelle Beurteilung eines Repositionsversuchs einer neuartigen Schienentherapieform eher eine untergeordnete Rolle dar.

2.2.2 Jaw Disability List

Die Jaw Disability List ist in die Achse II der Befundung einzuordnen und beschäftigt sich daher mit den psychosomatischen Facetten der Probanden. Der Grund für die Erhebung dieser Daten waren evtl. Einschränkungen der Probanden durch eine CMD und der damit verbundenen Möglichkeit der Einflechtung in die patientenspezifische Auswertung der durchgeführten MRT-Befunderhebungen (*siehe Anhang*). Da jedoch weitestgehend psychosomatische Einflüsse für die vorliegende Studie keine Relevanz besaßen, wurden Fragen zu depressiven Erkrankungen oder

die „*Graded Chronic Pain Scale*“ nicht in den Fragenkatalog der Probanden aufgenommen.

2.2.3 Klinische Untersuchungen

Nach erfolgreicher Erhebung der anamnestischen Daten der RDC/TMD, wurden die unten aufgeführten klinischen Untersuchungen nach vorgegebener Reihenfolge durchgeführt. Es ist dabei zu beachten, dass einige Teile der RDC/TMD-Anamnese im klinischen Untersuchungsblatt aufgenommen wurden und daher wiederholt Erwähnung finden. Der Grund für die wiederholte Aufnahme ist in einer Überprüfung begründet, welcher einen Vergleich zwischen subjektiven geschilderten Ausmaß sowie Lokalisation der Schmerzen durch den Probanden und den Ergebnissen der klinischen Untersuchung durch den Arzt/Zahnarzt ermöglicht.

Bei den Untersuchungen wurden folgende Regeln stets eingehalten:

- Der Behandler hat zu jedem Zeitpunkt der Untersuchung Handschuhe und Mundschutz zu tragen.
- Der Ablauf der klinischen Untersuchung ist in der Reihenfolge des Untersuchungsblattes durchzuführen.
- Im Regelfall werden Messungen bei passivem Muskeltonus durchgeführt, eine Ausnahme gilt nur, wenn die Untersuchung etwas anderes besagt.
- Millimetermessungen werden auf eine Stelle nach dem Komma gerundet.
- Die zu palpierenden Areale der Muskulatur müssen behinderungsfrei zugänglich sein.

Zu Beginn der klinischen Untersuchung (**Abschnitt 1**) wird noch einmal die Schmerzlokalisierung des Gesichtsbereichs durch den Behandler erfragt. Entsprechend den Angaben des Patienten wird die Antwortmöglichkeit angekreuzt. Sollten Schmerzen im Bereich der Mittellinie angegeben werden, muss dies unter Schmerzen in beiden Gesichtshälften vermerkt werden.

Untersuchungsblatt (Achse I Befunde)	
1. Abschnitt	<p>Haben sie Schmerzen in der rechten Gesichtshälfte, in der linken oder in beiden?</p> <p>keine (0)</p> <p>rechts (1)</p> <p>links (2)</p> <p>beide (3)</p>

Tab. 6: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Schmerzanamnese (John et al. 2006, S. 9).

Im zweiten Abschnitt der Untersuchung wird der Proband aufgefordert, auf die schmerzende Stelle zu zeigen. Dabei ist zu differenzieren, ob es sich um Kiefergelenks- oder Muskelschmerzen handelt. Bei Unklarheiten ist der Behandler aufgefordert, die aufgezeigten Stellen zu palpieren. Falls Differenzen zwischen Probandenangaben und Palpationsbefunden vorliegen, sind die Feststellungen des Behandlers zu notieren.

2. Abschnitt	<p>Können Sie auf die schmerzende Stelle zeigen?</p> <p><i>(Der Untersucher tastet die gezeigte Stelle ab, wenn unklar ist, ob es Muskel- oder Gelenkschmerzen sind.)</i></p>	
	<u>rechts</u>	<u>links</u>
	keine (0)	keine (0)
	Kiefergelenk (1)	Kiefergelenk (1)
	Muskel (2)	Muskel (2)
	beides (3)	beides (3)

Tab.7: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Schmerzempfindung (John et al. 2006, S. 9).

Im dritten Abschnitt des klinischen Untersuchungsblattes werden charakteristische Merkmale der Mundöffnung untersucht. Dabei sollte sich der UK des Probanden in einer für ihn angenehmen Position befinden. Der Behandler schiebt mit dem Daumen die Unterlippe etwas nach unten, so hat dieser freie Sicht auf die mittleren Inzisiven des UK. Der Proband wird aufgefordert, den Mund dreimal zu öffnen und zu

schließen. Nun wird die Bewegung des Inzisalpunktes, welcher zwischen den Zähnen 31 und 41 liegt, im Verhältnis zur Mittellinie beobachtet. Für eine bessere Orientierung und Beurteilung der charakteristischen Mundöffnungsbewegung kann ein Lineal zur Hilfe genommen werden.

3. Abschnitt	Mundöffnungsbewegung
	gerade (0)
	seitliche Abweichung (Deflexion) nach rechts (1)
	„s“-förmige Abweichung (Deviation) nach rechts (2)
	seitliche Abweichung (Deflexion) nach links (3)
	„s“-förmige Abweichung (Deviation) nach links (4)
	anderes Muster (5)
	Typ _____

Tab.8: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Mundöffnungsbewegung (John et al. 2006, S. 9).

Bei der Durchführung des vierten Teils der klinischen Untersuchung wird der vertikale Bewegungsumfang des UK analysiert. Unter einer max. „aktiven“ Öffnung des UK versteht man eine selbstständige Öffnung des Kiefers durch den Probanden bis zum limitierenden Punkt. Bei der maximalen „passiven“ Öffnung lässt der Behandler den Probanden wiederholt den UK bis zum Maximum öffnen und drückt mit dem Daumen gegen die OK-Inzisiven und mit dem Mittelfinger gegen die UK-Inzisiven. Dadurch kann der Behandler mit steigendem Druck, ohne Überschreitung einer Belastungsgrenze, die Mundöffnung im Eventualfall erweitern. Die entstandenen Werte ergeben sich durch die Distanz der gegenüberliegenden Schneidekanten und werden mit Hilfe eines Lineals gemessen. Werden bei dieser Untersuchung Schmerzen festgestellt, müssen diese bei entsprechendem Messwert notiert und zwischen Muskel- und Gelenkschmerzen differenziert werden. Zudem werden im weiteren Verlauf des vierten Abschnittes der Overbite und Overjet erhoben. Unter dem Overbite versteht man die vertikale und dem Overjet die horizontale Distanz zwischen den 1er der *Mandibula* und *Maxilla*.

4. Abschnitt	Vertikaler Bewegungsumfang					
	a) akt. Max. Öffnung ohne Schmerzen mm b) akt. Max. Öffnung mm c) passive max. Öffnung mm d) Overbite mm e) Overjet mm					
	Muskelschmerzen			Gelenkschmerzen		
		b)	c)		b)	c)
	keine	0	0	keine	0	0
	rechts	1	1	rechts	1	1
	links	2	2	links	2	2
	beide	3	3	beide	3	3

Tab.9: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Vertikaler Bewegungsumfang (John et al. 2006, S. 9).

In Abschnitt fünf gibt der Proband Auskunft über evtl. Gelenksgeräusche, welche durch Palpation des Behandlers kontrolliert werden. Bei der Palpation werden die Zeigefinger in Regio der Kiefergelenke platziert, wobei der *Tragus* des Ohres als Orientierungspunkt dient. Der Proband wird aufgefordert, den Mund mehrfach langsam zu öffnen und zu schließen. Es ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass sich bei Mundschluss die Zahnreihen in maximaler IKP befinden müssen. Alle Ergebnisse werden notiert und im Falle eines Kiefergelenksknackens der interinzisale Abstand der Schneidezähne ausgemessen.

Das in der folgenden Tabelle aufgeführte „reziproke“ Knacken ist klinisch definiert als ein reproduzierbares Knacken, welches durch protrusiv orientierte Öffnungs- und Mundschlussbewegungen eliminiert werden kann. Falls dieses charakteristische Knacken nicht reproduzierbar ist, wird eine Neun vermerkt.

5. Abschnitt	Gelenkgeräusche (Palpation)		
		rechts	links
a) Öffnung	Keine Geräusche	0	0
	Knacken	1	1
	starkes Reiben	2	2
b) Schließen	feines Reiben	3	3
	Öffnungsknacken bei mm mm
	Keine Geräusche	0	0
c) reziprokes Knacken verhindert bei protrusiver Öffnung	Knacken	1	1
	starkes Reiben	2	2
	feines Reiben	3	3
Schließungsknacken bei	Keine Geräusche	0	0
	ja	1	1
	nicht reproduzierbar	9	9

Tab.10: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Gelenkgeräusche (Palpation) (John et al. 2006, S. 10).

Im Folgenden muss der Proband mit seinem UK eine Protrusion sowie Laterotrusionbewegungen zur linken und rechten Seite ausführen. Dabei ist der Bewegungsumfang mit einem Lineal zu erfassen und dokumentarisch festzuhalten. Bei den Bewegungsausführungen ist durch den Behandler auf auftretende Muskel- und Gelenkschmerzen zu achten. Bei gegebener Schmerzsymptomatik ist ein zusätzlicher Palpationsbefund zur eindeutigen Differenzierung obligat. Zudem wird im sechsten Abschnitt eine evtl. Mittellinienabweichung nach rechts oder links notiert.

6. Abschnitt	Bewegungen									
	Bewegung	Bewegung in mm	Muskelschmerzen				Gelenkschmerzen			
			keine 0	rechts 1	links 1	beide 3	keine 0	rechts 1	links 1	beide 3
Laterotr. rechts										
Laterotr. links										
Protrusion										
Mittellinienabweichung:		rechts mm links mm								

Tab.11: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Bewegungen (John et al. 2006, S. 10).

Abschnitt sieben befasst sich mit den spezifischen Gelenkgeräuschen bei Latero- und Protrusionsbewegungen. Entsprechende Auffälligkeiten werden notiert.

7. Abschnitt	Gelenkgeräusche bei Bewegungen			
	Bewegung	Geräusche	rechts	links
Bewegung nach rechts	Keine Geräusche		0	0
	Knacken		1	1
	starkes Reiben		2	2
	feines Reiben		3	3
Bewegung nach links	Keine Geräusche		0	0
	Knacken		1	1
	starkes Reiben		2	2
	feines Reiben		3	3
Protrusion	Keine Geräusche		0	0
	Knacken		1	1
	starkes Reiben		2	2
	feines Reiben		3	3

Tab.12: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Gelenkgeräusche bei Bewegungen (John et al. 2006, S. 10).

Vor der extraoralen Muskelpalpation müssen dem Probanden die möglichen Antworten des Schmerzausmaßes näher erläutert werden. Für eine erleichterte Befunderhebung kann der Proband die zu palpierenden Muskelregionen während

der Befundung anspannen und die nicht zu untersuchende Gesichtshälfte durch die Handflächen des Behandlers stabilisiert werden. Der Palpationsvorgang erfolgt mit Hilfe des Zeige- und Mittelfingers unter kontrolliertem Druck. Alle Ergebnisse werden schriftlich festgehalten.

8. Abschnitt	Extraorale Muskelpalpation								
	<i>kein Schmerz/nur Druck</i>	(0)							
	<i>leichter Schmerz</i>	(1)							
	<i>mäßiger Schmerz</i>	(2)							
	<i>heftiger Schmerz</i>	(3)							
						rechts		links	
	a) Temporalis posteriorer Teil	0	1	2	3	0	1	2	3
	b) Temporalis medialer Teil	0	1	2	3	0	1	2	3
	c) Temporalis anteriorer Teil	0	1	2	3	0	1	2	3
	d) Masseterursprung	0	1	2	3	0	1	2	3
	e) Masseterkörper	0	1	2	3	0	1	2	3
	f) Masseteransatz	0	1	2	3	0	1	2	3
	g) Regio retromandibularis	0	1	2	3	0	1	2	3
	h) Regio submandibularis	0	1	2	3	0	1	2	3

Tab.13: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Extraorale Muskelpalpation (John et al. 2006, S. 11).

Bei der Palpation des lateralen Kondylenpols positioniert der Behandler seinen Zeigefinger auf dem *Tragus*. Bei definiertem Druck wird in Regio der entsprechenden Stelle nach einer Schmerzsymptomatik gesucht. Bei der Untersuchung des posterioren Kondylenpols führt der Therapeut den kleinen Finger in den äußeren Gehörgang des Probanden ein und palpiert wiederholt nach Schmerzen. Entsprechende Angaben des Probanden werden dokumentiert.

Abschnitt 9. Palpation des Gelenks									
kein Schmerz/nur Druck (0)									
leichter Schmerz (1)									
mäßiger Schmerz (2)									
heftiger Schmerz (3)									
					rechts		links		
a) lateraler Kondylenpol	0	1	2	3	0	1	2	3	
b) posteriorer Kondylenpol	0	1	2	3	0	1	2	3	

Tab.14: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Palpation des Gelenks (John et al. 2009, S. 11).

Im letzten Abschnitt der klinischen Untersuchung werden die intraoralen muskulären Strukturen des *M. pterygoideus lateralis* und die Temporalissehne bei entspannter Öffnung des Mundes palpiert. Es hat sich als hilfreich erwiesen, für diese Palpation Daumen-, Zeige- und Mittelfinger zu verwenden. Druckdolente Erscheinungen werden vermerkt.

Die sich weiter anschließenden Befundungen, im Hinblick auf den Probanden, wurden mit Hilfe eines MRT durchgeführt.

Abschnitt 10. Intraorale Palpation									
kein Schmerz/nur Druck (0)									
leichter Schmerz (1)									
mäßiger Schmerz (2)									
heftiger Schmerz (3)									
					rechts		links		
a) Pterygoideus lateralis	0	1	2	3	0	1	2	3	
b) Temporalissehne	0	1	2	3	0	1	2	3	

Tab.15: Untersuchungsblatt (Achse I Befunde): Intraorale Palpation (John et al. 2006, S. 11).

2.3 Herstellung der Aufbissschienen

Im Rahmen dieser Studie wurden drei verschiedene Schientypen (Gelb-Schiene, OK-Repositionsschiene, bimaxilläre Kalottenschiene) pro Proband angefertigt. Die Schienen wurden entsprechend den nachfolgenden Ausführungen hergestellt. Da alle Elemente der Aufbissbehelfe aus Kunststoff bestanden, konnten Komplikationen im Hinblick auf die folgende MRT-Untersuchungen ausgeschlossen werden.

Vor der eigentlichen Produktion der Aufbissschienen wurden Alginatabformungen beider Kiefer des Probanden genommen. Die in konfektionierten Rimlock-Löffeln enthaltenen Abformungen wurden wegen der hohen Belastungsanforderung mit Superhart-Gips ausgegossen. Nach vollständiger Aushärtung wurden die Gipsmodelle zwecks Vervielfältigung dubliert. Die eigentliche Herstellung aller Schienenarten erfolgte in einem Artikulator, dabei wurden alle Probandenmodelle mit Hilfe eines passenden Gesichtsbogens individuell schädelbezogen einartikuliert. Die Bissregistration wurde mit einem additionsvernetzten Silikon namens Futar® der Firma Kettenbach GmbH & Co. KG, Eschenbach durchgeführt.

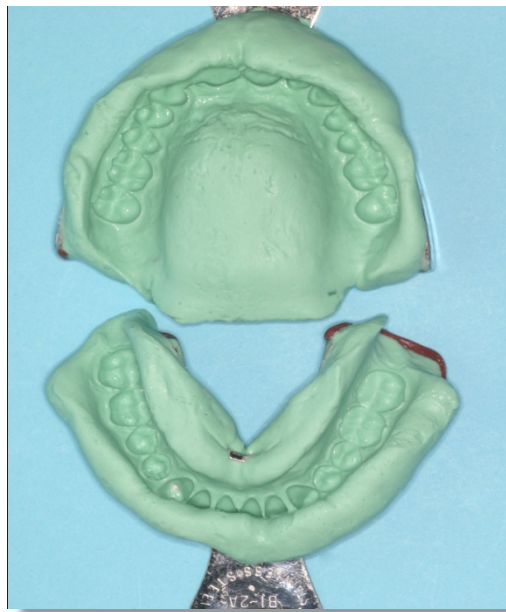


Abb. 10: Abdrücke aus Alginat mit einem Rimlock-Löffel.

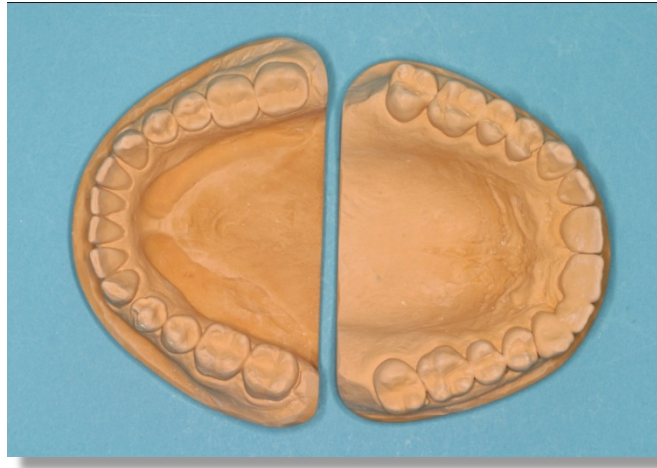


Abb.11: Ausgegossene Superhart-Gips-Modelle eines Patienten.



Abb. 12: Schädelbezogene Positionierung des OK-Modell im Artikulator durch einen Gesichtsbogen.

2.3.1 Herstellung der Gelb-Schiene

Die Gelb-Schiene ist im eigentlichen Sinne ein metallener skelettierter Aufbissbehelf mit extremer Bissführung. Diese Repositionsschiene wird im UK eingegliedert und bedeckt die Okklusionsflächen der Seitenzähne mit Kunststoff. Durch starke Impressionen wird ein Abgleiten des UK aus der therapeutisch vorgegebenen Position verhindert. Eine Stabilisierung dieser Apparatur wird durch einen gegossenen Sublingualbogen und Kugelkopfanke im Seitenzahnbereich erzielt (Ash et al. 2006, Gelb und Gelb 1991).

Da die ausgewählten Probanden mit Hilfe eines MRT untersucht wurden, musste in diesem Zusammenhang auf Metallkomponenten bei der Konstruktion dieser Repositionsschienen verzichtet werden. So wurden alle Komponenten aus einem gestreuten Acrylat gefertigt, ohne die therapeutische Funktion zu verändern.

Vor der zahntechnischen Herstellung der Gelb-Schiene brachte der Behandler den UK des Probanden so weit in eine Protrusionslage, bis die Symptomatik eines reziproken Knackens verhindert werden konnte. Nach Registrierung der Bisslage mit Futar®, wurden die beiden Gipsmodelle entsprechend in einem Artikulator eingesetzt.

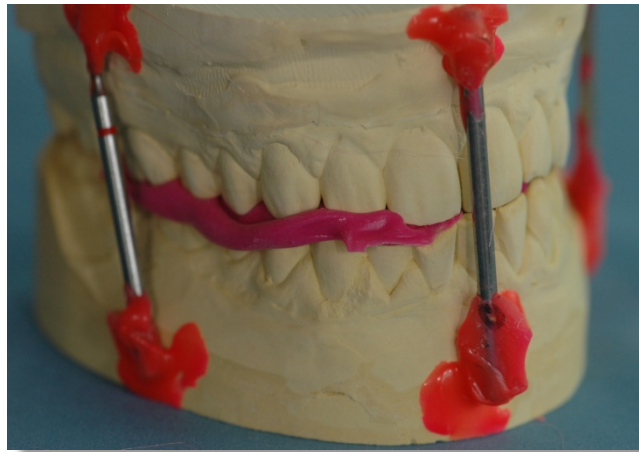


Abb. 13: Fixierte Modelle mit Bissregistrat.

Im Anschluss erfolgte die Bestimmung des prothetischen Äquators mit Hilfe eines Parallelometers, um eine ausreichende Friktion der Schiene im Seitenzahnbereich zu erreichen. Mit Wachs wurden die nicht in Kunststoff zu fassenden Areale auf den Probandenmodellen ausgeblockt.



Abb. 14: Ausgeblocktes Gipsmodell mit eingezeichnetem prothetischen Äquator.

Die zu fassenden Anteile der Zähne und Schleimhäute wurden mittels Streutechnik in Kunststoff gefasst. Vor der vollständigen Polymerisation des Acrylats, erfolgte durch den antagonistischen OK, die erste Reproduktion des okklusalen Reliefs.



Abb. 15: In Kunststoff gefasste Areale mit vorläufigem okklusalem Relief.

Im letzten Schritt wurden Kunststofffahnen sowie weitere mechanische Störfaktoren mit einer Fräse beseitigt. Um eine stabile okklusale Relation zwischen OK und UK in der Schlussbisslage zu erreichen, mussten die Kontaktpunkte im Artikulator eingeschliffen werden. Der Sublingualbogen wurde durch ein breites Kunststoffband

oral der vorderen Frontzähne ersetzt. Bei Betrachtung der Schienenkonstruktion ist das ausgeprägte okklusale Relief erkennbar (**Abb.16**).



Abb. 16: *Repositionsschiene mit ausgeprägtem okklusalem Relief und Kunststoffverstärkung.*

2.3.2 Herstellung der OK-Repositionsschiene

Die Herstellung der OK-Repositionsschienen erfolgte nach den zahntechnischen Prinzipien der bereits angefertigten Gelb-Schienen. Daher wird im Folgenden auf eine detaillierte Beschreibung des Produktionsprozesses verzichtet und in diesem Zuge nur auf die charakteristischen Merkmale der Konstruktion der OK-Repositionsschienen eingegangen. Auch hier war eine protrusive Registration der Bisslage zur Eliminierung des reziproken Knackens obligat.

Bei dieser Art des Aufbissbehelfs wurde eine ausreichende Friktion durch eine Ausdehnung der Basis gemäß des prothetischen Äquators erreicht. Eine Besonderheit der Schiene ist die komplette Fassung der Zahnreihen im OK und der Verzicht auf eine gingivale Abstützung. So wird wie bei der Gelb-Schiene, der UK durch starke Impressionen der Okklusionsfläche in eine therapeutische Protrusion gezwungen. Die Impressionen erstrecken sich jedoch in diesem Fall auch über Regio der Inzisalflächen der OK-Frontzähne. Nach diesem Funktionsprinzip findet der UK die protrusive Lage im Schlussbiss durch das Okklusionsrelief des antagonistischen OK. Diese protrudierte Lage wird auch therapeutische Zentrik genannt. Des Weiteren erfolgt eine Distraction der Kiefergelenke durch die Vertikaldimension des aufgetragenen Kunststoffs.



Abb. 17: *OK-Repositionsschiene: Ansicht von kranial.*



Abb. 18: *OK-Repositionsschiene: Ansicht von lateral.*

2.3.3 Herstellung der bimaxillären Kalottenschiene

Die Herstellung erfolgte nach den von Engelke (2009) geforderten Prinzipien:

- Okklusales Design der Bisswälle nach dem Prinzip der Monson'schen Kalotte.
- Freie Bewegungsgrade in sagittaler und transversaler Richtung.
- Durchgängig bilateral balancierte Okklusion in jeder Position des UK.
- Eine protrusiv orientierte Beziehung von Ober- und Unterkiefer, ohne den Probanden in eine Protrusion zu zwingen.
- Eine durch die Kunststoffwälle erzeugte vertikale Erhöhung, welche zu einer leichten Distraction der Kiefergelenke führt.

Als erstes wurden die untersichgehenden Bereiche der Zahnkränze auf den Probandenmodellen mit Hilfe einer wärmeresistenten Silikonmasse ausgeblockt. Im nächsten Schritt wurde auf Basis der Arbeitsvorlage (Gipsmodelle) eine Tiefziehschiene aus Kunststoff angefertigt. Durch die Ausblockung konnte einer Destruktion beim Abheben der Tiefziehschiene vom Modell entgegengewirkt werden.



Abb. 19: Ausblockung der untersichgehenden Bereiche am Gipsmodell.



Abb.20: Tiefgezogene Kunststoffschienen auf Gipsmodellen im OK und UK.

Die Friktion der Schienen wurde durch eine vestibuläre Extension kurz unterhalb der Suprawölbung erreicht. Dabei lagen die palatinalen und lingualen Bereiche der Mundhöhle weitestgehend frei. Bei der OK-Schiene wurde eine leichte Ausdehnung zum *Palatum* aus Stabilitätsgründen angestrebt.

Nach Ausarbeitung der Kunststoffränder konnte im Bereich der OK-Inzisiven durch thermoplastisches Material ein Frontzahnjig angefertigt werden. Der Behandler gliederte nun die bimaxillären Tiefziehschienen in den Probandenmund ein. Durch Aufforderung zu einer Protrusion des UK glitt der Kiefer des Probanden auf dem Plateau des Frontzahnjig nach anterior und es entstand eine Situation der kontaktfreien Disklusion aller Zahnreihen. Der Zustand der entkoppelten Zahnreihen wurde in situ durch eine Saugbissnahme verschlüsselt. Dabei wurde das Registrationsmaterial Futar® zwischen die Tiefziehschienen im Mund appliziert und die Probanden aufgefordert, bei geschlossenem Mund einen leichten Unterdruck entstehen zu lassen.



Abb.21: Platzierung des Frontzahnjig auf der OK-Tiefziehschiene mit Hilfe eines thermoplastischen Materials.



Abb. 22: Verschlüsselung der entkoppelten Zahnreihen durch eine Saugbissnahme.

Mit Hilfe einer standardisierten metallenen Kalotten-Aufstellhilfe aus der Totalprothetik, zirkulär verlaufenden Silikonwällen und den verschlüsselten Gipsmodellen in den Artikulatoren, wurden die Kunststoffkalotten auf die okklusalen Bereiche der Tiefziehschienen aufgetragen. Für die Herstellung wurde transparenter PMMA-Kunststoff verwendet.

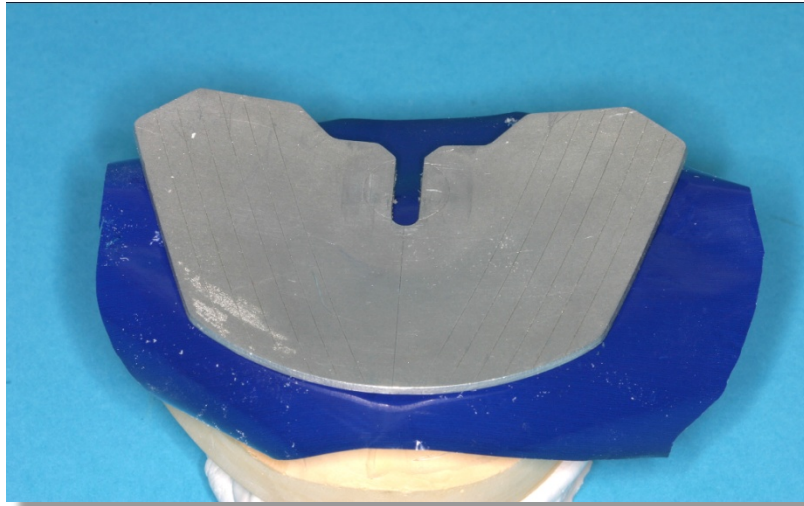


Abb.23: *Standardisierte metallene Kalotten-Aufstellhilfe.*

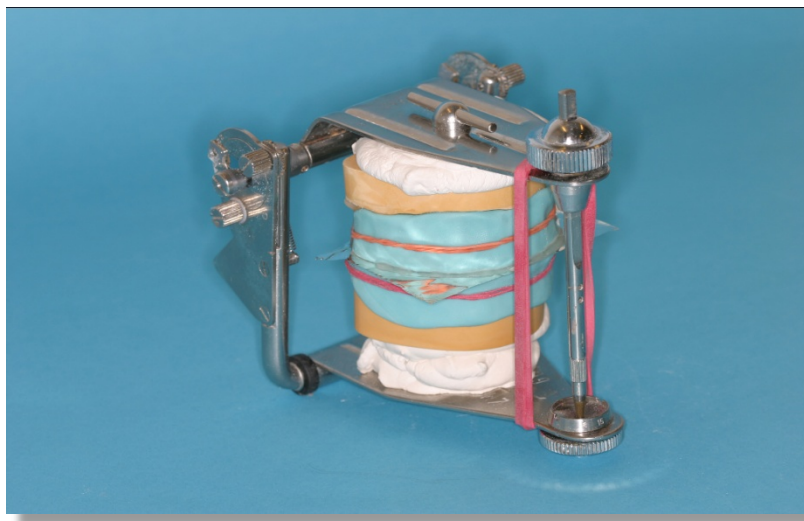


Abb.24: *Modelle mit zirkulär verlaufenden Silikonwällen in einem fixierten Artikulator.*

Nach vollständiger Polymerisation der Kunststoffkalotten und Beseitigung von oberflächlichen Reizfaktoren konnten die Schienen in den Probandenmund eingliedert werden. In situ wurde die bilateral balancierte Okklusion in jeder UK-Position überprüft.



Abb.25: Überprüfung der *bilateral balancierten Okklusion* mit Okklusionspapier.



Abb.26: *Bimaxilläre Kalottenschiene in situ.*

2.4 Methodik der real-time-MRT

Die durchgeführte MRT-Studie erfolgte am Max-Planck-Institut in der Biomedizinischen NMR-Forschungs-GmbH in Göttingen, sowie am Forschungs-MRT der Abteilung kognitive Neurologie Göttingen. Das Probandengut wurde erst nach vorhergegangener Datenerhebung der RDC/TMD dort untersucht und über evtl. Risiken der MRT-Untersuchungen aufgeklärt. Ebenso wurden die Probanden aufgefordert, metallische Gegenstände am Körper abzulegen und über weitere gültige Sicherheitsvorschriften unterrichtet. Aufgrund einer nicht zu unterschätzenden Geräuschkulisse während der MRT-Aufnahmen mussten sich die betreffenden Personen Oropax® in die Gehörgänge einführen.

Nachdem die Probanden auf dem Untersuchungstisch des MRTs Platz genommen hatten, wurden mit Hilfe eines Gestells die bilateralen TMJ-Spulen nahe dem Kiefergelenk ausgerichtet. Die Ausrichtung erfolgte nach der Frankfurter-Horizontalen, wobei der *Tragus* und der untere Orbitalrand als Orientierungspunkt dienten. Durch zusätzliche Palpation der Kiefergelenke konnten die vorgenommenen Justierungen überprüft und im Bedarfsfall Nachregulierungen durchgeführt werden. Es war darauf zu achten, dass die TMJ-Spulen so nah wie möglich an den Kiefergelenken platziert wurden, ohne jedoch die Probanden bei UK-Bewegungen während der Aufnahmen zu behindern.

Durch eine eigens angefertigte Konstruktion wurde ein kleiner Spiegel über den Augen der Probanden fixiert. So war es möglich, kurze Videosequenzen über simulierte Mundöffnungs- und Schließbewegungen während der laufenden Aufnahmen einzuspielen. Die vierzig Sekunden lange Animation hielt die Probanden zu langsamen und gleichmäßig reproduzierbaren Kieferbewegungen an.

Die eigentlichen Untersuchungen wurden unter Beachtung der in **Tab.16** aufgeführten Spezifikationen und Untersuchungsparameter mit einem Magnetresonanztomographen der Firma Siemens Healthcare® durchgeführt. Dabei entsprachen die Spezifikationen der real-time-MRT den Empfehlungen einer Studie von Zhang et al. (2011).

Spezifikationen der real-time-MRT	
MRT	<i>3 T (Tim Trio, Siemens Healthcare®, Erlangen)</i>
Spulen	<i>Bilaterale 2x4 Anordnung von zwei unabhängig und frei beweglichen 4-Elementspulen (Noras MRT Produkte®, Höchberg)</i>
Repetition Time (TR)	<i>4,33 msec.</i>
Gradient Echo Time (TE)	<i>2,10 msec.</i>
Receiver bandwidth	<i>810 Hz/Pixel</i>
Flip angle (RF excitation)	<i>20°</i>
Field of view (FOV)	<i>192x192mm</i>
Base resolution/ spoke	<i>256 data</i>
Spokes	<i>385</i>
Frame rate	<i>3 Bilder pro Sekunde</i>
In-plane resolution	<i>0,75x0,75 mm²</i>
Section thickness	<i>5mm</i>

Tab.16: Spezifikationen bei real-time-MRT-Aufnahmen des Kiefergelenks (Zhang et al. 2011).

Als erstes wurden bei jedem Probanden Localizer-Aufnahmen angefertigt. Eine kraniale und sagittale Schnittführung von Localizer-Aufnahmen ermöglichten eine genaue Positionsbestimmung der Kiefergelenke und eine Berücksichtigung ihrer Achsausrichtung in den folgenden, streng sagittalen und oblique sagittalen Aufnahmen. Im Anschluss an die Bestimmungen der Kiefergelenkspositionen

erfolgte nun pro Gelenk eine, wie eben erwähnt, sagittale und eine oblique Aufnahme in mehreren Schnittebenen. Die zentralste Ansicht auf das Kiefergelenk wurde jeweils ermittelt und als Grundlage der eigentlichen real-time-MRT festgelegt.

Die Probanden wurden nun aufgefordert während den real-time-MRT-Aufnahmen den Mund wiederholt langsam zu öffnen und zu schließen. Diese Bewegungen wurden ohne Aufbissbehelf, mit OK-Repositionsschiene, mit Gelb-Schiene und mit bimaxillärer Kalottenschiene durchgeführt (siehe **Tab.17**). So ergaben sich pro Studienteilnehmer insgesamt 33 Aufnahmen, davon 17 Localizer- und 16 real-time-Aufnahmen. Jede real-time-Aufnahme dauerte 55 Sekunden und die gesamte Untersuchungszeit wurde mit ca. einer Stunde veranschlagt. Bei jedem Probanden wurde genau die Reihenfolge des Schemas aus **Tab.17** eingehalten.

Reihenfolge der real-time-MRT-Aufnahmen je Proband			
<u>Durchgang:</u>	<u>Eingliederung:</u>	<u>Kiefergelenk</u>	<u>Ausrichtung:</u>
1.	keine	rechts	oblique sagittal
2.	keine	links	oblique sagittal
3.	keine	rechts	streng sagittal
4.	keine	links	streng sagittal
5.	OK-Repositionsschiene	rechts	oblique sagittal
6.	OK-Repositionsschiene	links	oblique sagittal
7.	OK-Repositionsschiene	rechts	streng sagittal
8.	OK-Repositionsschiene	links	streng sagittal
9.	Gelb-Schiene	rechts	oblique sagittal
10.	Gelb-Schiene	links	oblique sagittal
11.	Gelb-Schiene	rechts	streng sagittal
12.	Gelb-Schiene	links	streng sagittal
13.	Bimaxilläre Kalottenschiene	rechts	oblique sagittal
14.	Bimaxilläre Kalottenschiene	links	oblique sagittal
15.	Bimaxilläre Kalottenschiene	rechts	streng sagittal
16.	Bimaxilläre Kalottenschiene	links	streng sagittal

Tab.17: Reihenfolge und Art der aufgenommenen real-time-MRT-Aufnahmen.

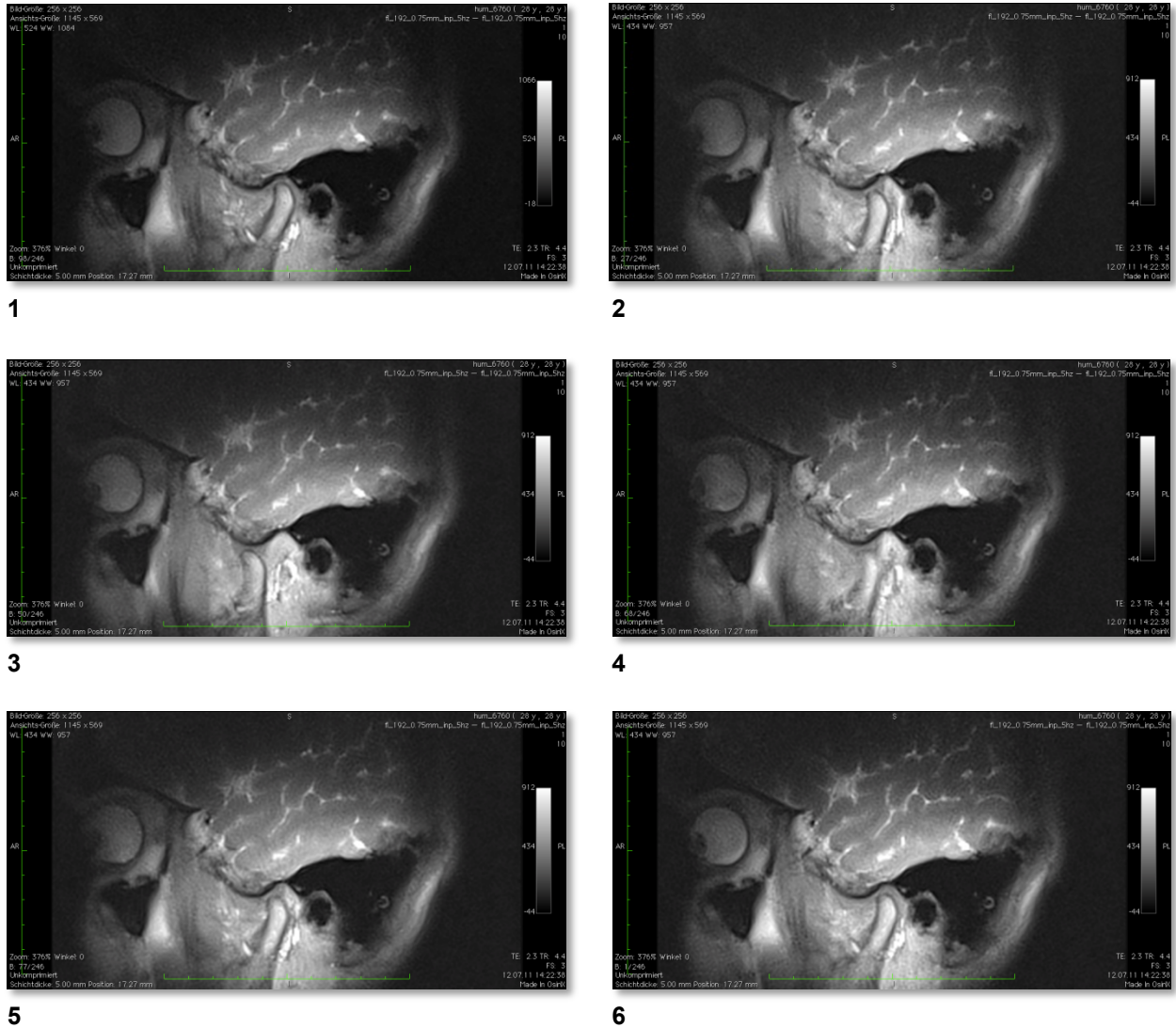


Abb.27: Exemplarisch ausgesuchte Bilder eines real-time-MRT-Videos. Bilder 1-6 beschreiben eine Mundöffnungs- und Mundschlussbewegung. Da ein Video aus 180 Einzelbildern besteht, soll der Ablauf in dieser Abbildung nur skizziert werden. Die Betrachtung erfolgte mit dem nicht kommerziellen Programm OsiriX®. (Eine Beispiel-Sequenz einer physiologischen Kiefergelenksbewegung befindet sich auf der Video-CD.)

2.5 Auswertung der real-time-MRT

2.5.1 Kriterien für die Beurteilung der ADVmR und einem Repositionserfolg

Im Zuge der Gestaltung aussagekräftiger Beurteilungskriterien wurden mögliche Bezugspunkte zur Beurteilung der Diskuslage Studien von Orsini et al. (1998) und Drace und Enzmann (1990) entnommen und dieser Studie entsprechend angepasst. Für die positive Diagnose einer ADVmR mussten folgende Kriterien bei der Auswertung der MRT-Aufnahmen erfüllt sein:

- Die ausgewerteten Ergebnisse der vorangegangenen Anamnese und klinischen Untersuchungen mussten den Symptomen einer ADVmR entsprechen.
- Der *Diskus* musste nach einer vorher festgelegten Charakteristik nach anterior verschoben sein (in „*closed-mouth position*“).
- Bei maximaler Mundöffnung musste eine Reposition des *Diskus* erfolgt sein (in „*open-mouth position*“).
- In der terminalen Phase des Kieferschlusses musste der *Diskus* sich wieder in einer anterior verlagerten Position befinden („*closed-mouth position*“).

So wurde die Diskusposition in der „*closed-mouth position*“ als normal betrachtet, wenn sich der dickste posteriore Anteil der Gelenkscheibe nahe der Senkrechten bezogen auf den Kondylusmittelpunkt oder nahe einer gedachten weiter dorsal liegenden 13Uhr-Position befand. Die Referenzpunkte wurden entsprechend den anatomischen Strukturen erfasst und manuell markiert (siehe **Abb.28**). Die Gerade durch den Kondylusmittelpunkt stellt in diesem Zusammenhang die Referenzlinie der 12Uhr-Position dar und steht senkrecht zur schädelbezogenen Frankfurter-Horizontalen. Befand sich der *Diskus* mit seinem Referenzpunkt deutlich vor der erwähnten 12Uhr-Position, wurde der *Diskus* als anterior verlagert angesehen .

Es ist noch einmal daran zu erinnern, dass die Kiefergelenke der zu untersuchenden Probanden vor den MRT-Aufnahmen bereits nach der Frankfurter-Horizontalen ausgerichtet wurden.

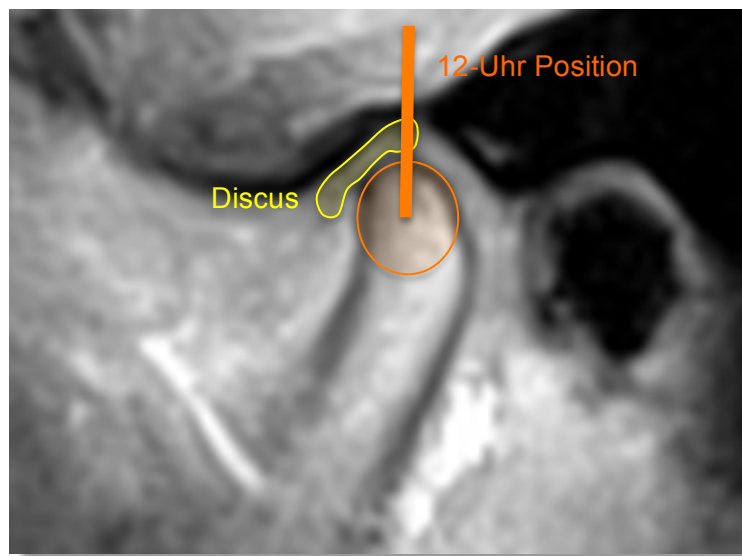


Abb.28: MRT-Aufnahme des Kiefergelenks in „closed-mouth position“ und ermittelte Referenzen bei normaler Diskuslage.

In der „open-mouth position“ wurden der Mittelpunkt des *Kondylus* und der knöchernen Struktur des *Tuberculum articulare* als Referenzpunkte ermittelt. Bei maximaler Mundöffnung wurde eine Gerade (IZ) durch diese beiden Punkte gezogen und die Lage der *Regio intermedia* der Gelenkscheibe im Verhältnis betrachtet. Wurden nun mittlere Anteile der Knorpelscheibe auf dieser Geraden lokalisiert, galt der *Diskus* als reponiert und befand sich in einem zumindest zeitweise stabilen Diskus-Kondylus-Komplex.

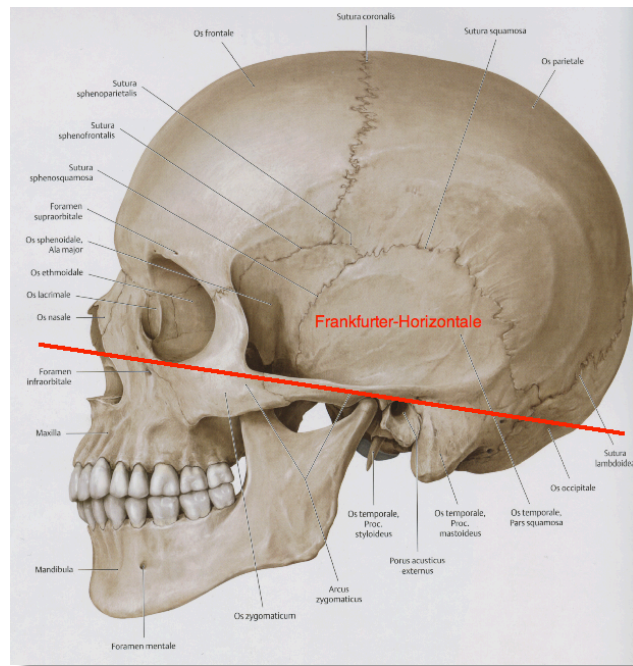


Abb.29: Darstellung der Frankfurter-Horizontalen, welche durch den Infraorbitalpunkt und dem Porus acusticus externus verläuft (modifiziert entnommen aus Schünke et al. 2006, S.2).

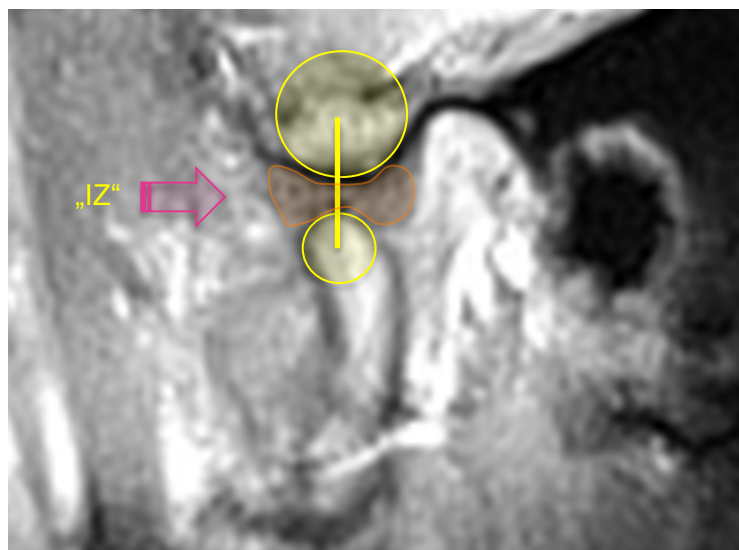


Abb.30: MRT-Aufnahme des Kiefergelenks in „open-mouth position“ und stabilen Diskus-Kondylus-Komplex.

Durch die IZ, welche eine sog. „*intermedia-zone*“ beschreibt, kann so eine eventuelle zeitweilige Reposition beurteilt werden. Allerdings ist eine zufriedenstellende bzw. therapeutisch wirksame Reposition nicht bei einer isolierten kurzfristigen Stabilisation des Diskus-Kondylus-Komplexes erreicht, sondern muss über die fortlaufende Zeit

der Mundöffnungsbewegungen bei eingegliedert Schiene stabil bleiben. Diese Kontrolle wurde mit Hilfe der real-time-MRT Aufzeichnungen durchgeführt. Die Kombination der Kriterien der „*open-mouth position*“ und der „*closed-mouth position*“ sowie sequenziellen Aufnahmen der real-time-MRT wurden daher als Grundlage für die Bewertung der Qualität und des Erfolges bei unterschiedlichen Schienentherapieansätzen bei ADVmR herangezogen.

Für eine bessere bildliche Darstellung in dieser Arbeit, wurde die anatomische Struktur des *Diskus* farblich mit einer Opazität von 10% hinterlegt. Auf eine graphische Darstellung der 12Uhr-Position bei der weiteren Probandenvorstellung wurde im weiteren Verlauf dieser Arbeit übersichtshalber verzichtet.

Es ist im Anschluss noch zu erwähnen, dass häufig mögliche Diskrepanzen zwischen MRT-Befund und klinischer Befund (Augthun et al.1998, Müller-Leisse et al. 1997, Orsini et al. 1999) für diese Studie keine Relevanz besaßen, da im Verdachtsfall die Diagnose durch MRT-Aufnahmen überprüft werden konnte.

2.5.2 Digitales Tracing der Kondylenbahnverläufe

Die Auswertung der erfassten MRT-Sequenzen erfolgte ausschließlich mittels elektronischer Datenverarbeitung. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf den Erhalt der Skalierung gelegt. Bei der Datenerfassung wurde ein Voxel mit 0,75 mm (x-Achse), 0,75 mm (y-Achse) und 5 mm (z-Achse) skaliert. Die Ausdehnung in „z-Richtung“ kann hier vernachlässigt werden, da anstelle der Tiefe die Zeit aufgelöst wurde.

Die Bildsequenzen wurden in *OsiriX® MD FDA-Cleared*, 64-bit, Version 3.8.1 gesichtet, kontrastiert und als Bildsequenzen (JPEG-komprimierte QuickTime™) in der ursprünglichen Auflösung von 400 x 400 Pixeln exportiert.

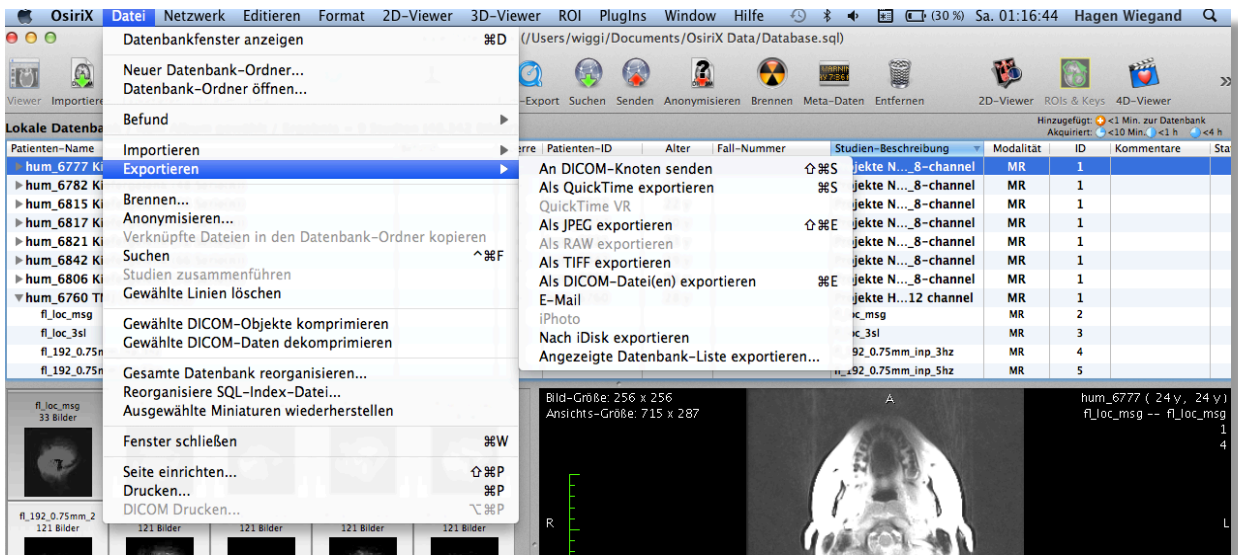


Abb.31: Export der „Dicom“-Formate in komprimiertere „QuickTime“-Formate.

Diese wurden in *Adobe® After Effects CS 5 Production Suite* (Adobe Systems Inc., San Jose, Kalifornien, USA) importiert. Hier erfolgte als erster Schritt eine Stabilisierung der Schädelbasis mittels „Zwei-Punkt-Tracking“ während der Translations- und Rotationsbewegung des *Kondylus*. Die Durchführung der Stabilisierung war zwingend erforderlich, da es trotz bestmöglicher Fixierung der Köpfe aller teilnehmenden Probanden während den MRT-Aufnahmen zu minimalen Schädelbewegungen bei Mundöffnungs- und Mundschlussbewegungen kam. Nur auf Grundlage identisch ausgerichteter Schädelbasen jedes einzelnen Probanden, konnte eine reproduzierbare und aussagekräftige digitale Vergleichsuntersuchung durchgeführt werden. Es wurden folgende Faktoren bei der Wahl der zu stabilisierenden Bezugspunkte beachtet:

- Die Bezugspunkte sollten möglichst weit auseinander liegen.
- Die Punkte sollten sich möglichst in starrer Verbindung zur Schädelbasis befinden, um Störungen durch die Bewegung des Unterkiefers auszuschließen.



Abb.32: Stabilisierung der MRT-Aufnahme an geeigneten anatomischen Strukturen.

Nun konnte die Auswertung des in Bewegung befindlichen UK in Bezug zur jetzt im Video räumlich fixierten *Fossa articularis* erfolgen. Dazu wurde jede stabilisierte Sequenz in eine mehrspurige Komposition umgewandelt und oberhalb der Bildsequenz eine Formebene erstellt. Die Bildsequenz beschreibt in diesem Fall die Bewegung des *Kondylus* in sagittaler Richtung. Als nächstes konnte die Sequenz in hoher Geschwindigkeit abgespielt und ein geometrischer Pfad erzeugt werden, der am jeweils kranialsten Punkt des Kondylarfortsatzes in jedem Bild der zeitlichen Sequenz anlag.

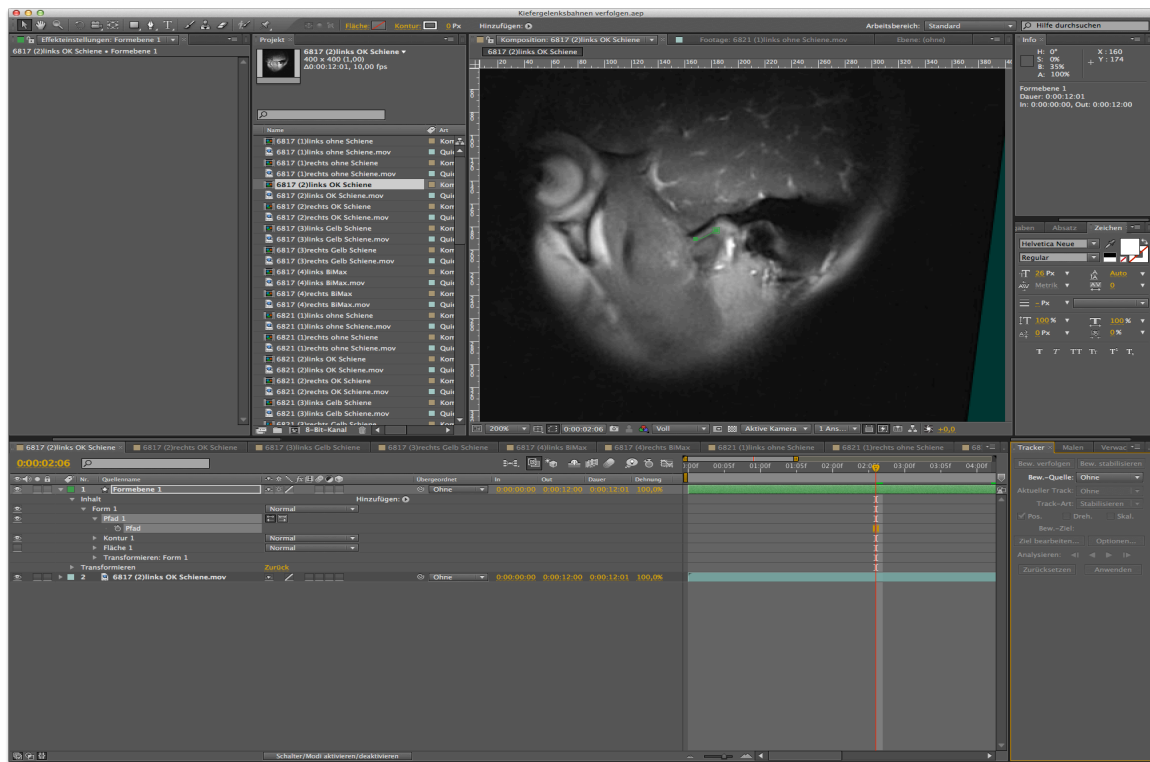


Abb.33: Erstellung eines geometrischen Pfades bezogen auf den kranialsten Punkt des Kondylus.

Diese Pfade wurden in *Adobe® Illustrator CS 5* (Adobe Systems Inc., San Jose, Kalifornien, USA) exportiert. Naturgemäß geht in diesem Schritt die Skalierung verloren, das Seitenverhältnis bleibt jedoch bestehen.

Nun wurde jeweils ein Bild aus der jeweiligen Sequenz nach *Photoshop Extended CS 5* (Adobe Systems Inc., San Jose, Kalifornien, USA) inklusive des dazugehörigen Pfades exportiert. Dieser Pfad repräsentiert also als Überlagerung des Bildes den Verlauf der Kondylenbewegung in x- und y-Richtung über die Zeit, während das Bild einen Rückschluß auf die Position des Pfades in Bezug zur Schädelbasis zulässt. Bei diesem Schritt verliert der Pfad seine Eigenschaften als Vektorensammlung und erscheint nun in Form einer Pixelebene mit derselben Auflösung wie die ursprünglich aus dem MRT exportierte Bildsequenz.

Die jeweils zusammengehörigen vier Pfade eines zu untersuchenden Kiefergelenkes, bzw. ihre pixelorientierten Äquivalenzen wurden in *Photoshop* räumlich überlagert (anhand der Schädelbasis) und in mehreren Ebenen als „Photoshop Document“ abgespeichert. Zusätzlich wurde über die Analysefunktion eine optische Skalierung hinzugefügt, die sich an der Auflösung des Bildes und damit

an der Auflösung des Originals orientierte. Diese Skalierung diente als Bezug für die Skalierung in Illustrator.

Die Pfade wurden nun in Illustrator über die PSD's überlagert und auf die jeweilige Skalierung angepasst. Anhand des in Photoshop erzeugten Skalierungsbalkens wurde der Maßstab der x- und y-Achse der Graphen kalibriert.

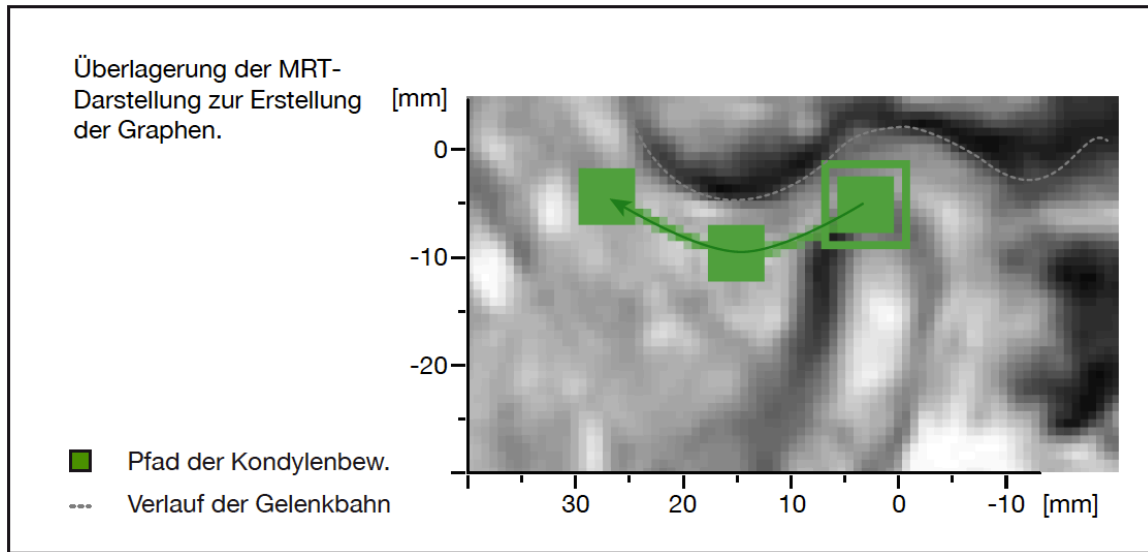


Abb.34: Skalierte Reproduktion des Kondylusverlaufes bezogen auf die anatomischen Strukturen des Gelenkbahnenverlaufs in der sagittalen Ebene.

Durch diese digitale Untersuchungsmethode wurden somit zwölf Kiefergelenke analysiert und insgesamt achtundvierzig individuelle Kondylusbewegungen ausgewertet.

3. Ergebnisse

3.1 Proband/in I

Der Proband mit der Idf.-Nr. 6777 ist männlich und am 26.04.1987 geboren.

3.1.1 Ergebnisse der RDC/TMD

In der Anamnese wurde der allgemeine Gesundheitszustand durch den Probanden als ausgezeichnet beschrieben, wobei der Mundgesundheitszustand subjektiv als nur „gut“ bezeichnet wurde. Auffällig waren die Angaben von regelmäßig wiederkehrenden Schmerzen im Gesichts- und Kiefergelenksbereich, sowie im Bereich der Ohren. Die charakteristischen Gesichtsschmerzen traten vor ungefähr zehn Jahren das erste Mal auf, weshalb der Proband sich bereits in zahnärztliche Behandlung begeben hat. Des Weiteren wurden in der Anamnese charakteristische Limitationen der Mundöffnung, Beeinflussungen bei der Nahrungsaufnahme, Knack- und Reibegeräusche, sowie nächtliches Pressen/Knirschen angegeben. Traumatische Einflüsse waren zu diesem Zeitpunkt auszuschließen.

Durch die *Jaw Disability List* wurden signifikante Einschränkungen in den täglichen Aktivitäten des Kauens von harten Speisen, Reinigung bzw. Pflege der Zähne und des Gesichts, sowie beim Gähnen aufgezeigt.

Bei der klinischen Funktionsanalyse konnten primär Schmerzen in Regio der linken Gesichtsmuskulatur und im ipsilateralen Kiefergelenk verifiziert werden. Die Mundöffnungsbewegung zeigte einen s-förmigen Verlauf zu beiden Seiten. Die maximale Mundöffnung ohne Schmerzen lag bei 50mm und konnte unter Schmerzen bis 57mm erweitert werden, wobei der Endfeel als weich einzustufen war. Bei der Prüfung des vertikalen Bewegungsumfanges wurden Schmerzen in beiden Kiefergelenken festgestellt. Ein Öffnungsknacken trat im rechten Kiefergelenk bei 32mm und im Linken bei 42mm auf. Ein Schließungsknacken war allerdings nur im linken Gelenk bei 14mm feststellbar. Durch manuell protrusives Öffnen konnte bilateral ein reziprokes Knacken verhindert werden. Bei durchgeführter Muskelpalpation waren mäßige Schmerzen im Bereich des linken Masseterkörpers, Masseteransatzes und der Temporalissehne provozierbar. Die rechtsseitigen

palpatorischen Untersuchungen ergaben Schmerzsymptomatiken am Masseteransatz und am *M. pterygoideus lateralis*.

3.1.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Bei statischer Betrachtung des symptomatischen linken Kiefergelenks in habitueller Interkuspitation fällt ein voluminöser, deformierter und stark nach anterior verlagertes *Diskus* auf. Auch die anatomische Form des linken knöchernen *Kondylus* weicht von der Norm ab. So ist ein ventral liegender *Osteophyt* am Gelenkkopf zu erkennen (siehe **Abb.35a**). Kranial des vorderen Diskus-Pols ist eine Flüssigkeitsansammlung zu befunden, welche sich in der vorliegenden MRT-Aufnahme als helle und scharf umgrenzte Region darstellt. Bei der statischen Betrachtung des rechten Kiefergelenks ist die anatomische Form der Gelenkscheibe und des *Kondylus* unauffällig. Der *Diskus* ist wie im linken Kiefergelenk ebenfalls nach anterior verlagert. Bei der dynamischen Auswertung der MRT-Aufnahmen zeigte sich in beiden Kiefergelenken ein instabiler Diskus-Kondylus-Komplex. Während der intermediären Phase kam es zu einer Reposition der Gelenkscheibe auf beiden *Kondylus*. Terminal des Mundschlusses kam es wiederholt zu einer Verlagerung des *Diskus* nach anterior. Durch die Bildgebung konnte der Verdacht einer ADVmR bestätigt werden.

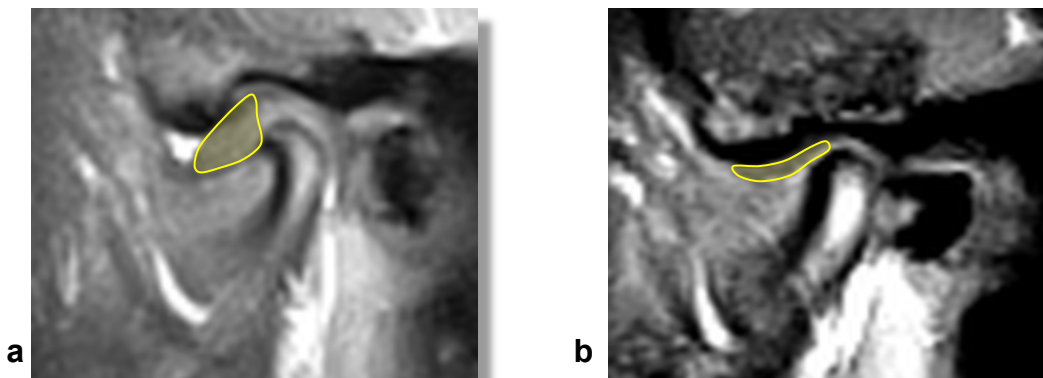


Abb.35: Lage des Diskus ohne Schiene in der Schlussbissstellung. **a** linkes KG, **b** rechtes KG.

3.1.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Nach Eingliederung der OK-Repositionsschienen konnte während der gesamten Dauer der Mundöffnungs- und Schlussbewegungen eine suffiziente Beziehung zwischen *Diskus* und *Kondylus* hergestellt werden. In der terminalen Phase des Mundschlusses blieb der rechte *Diskus* reponiert. Auf der linken Seite erfolgte im Vergleich zur Ausgangsposition eine deutliche posteriore Annäherung an die 12Uhr-Position. Eine vollständige Reposition im linken Kiefergelenk konnte durch die OK-Schiene nicht erreicht werden.

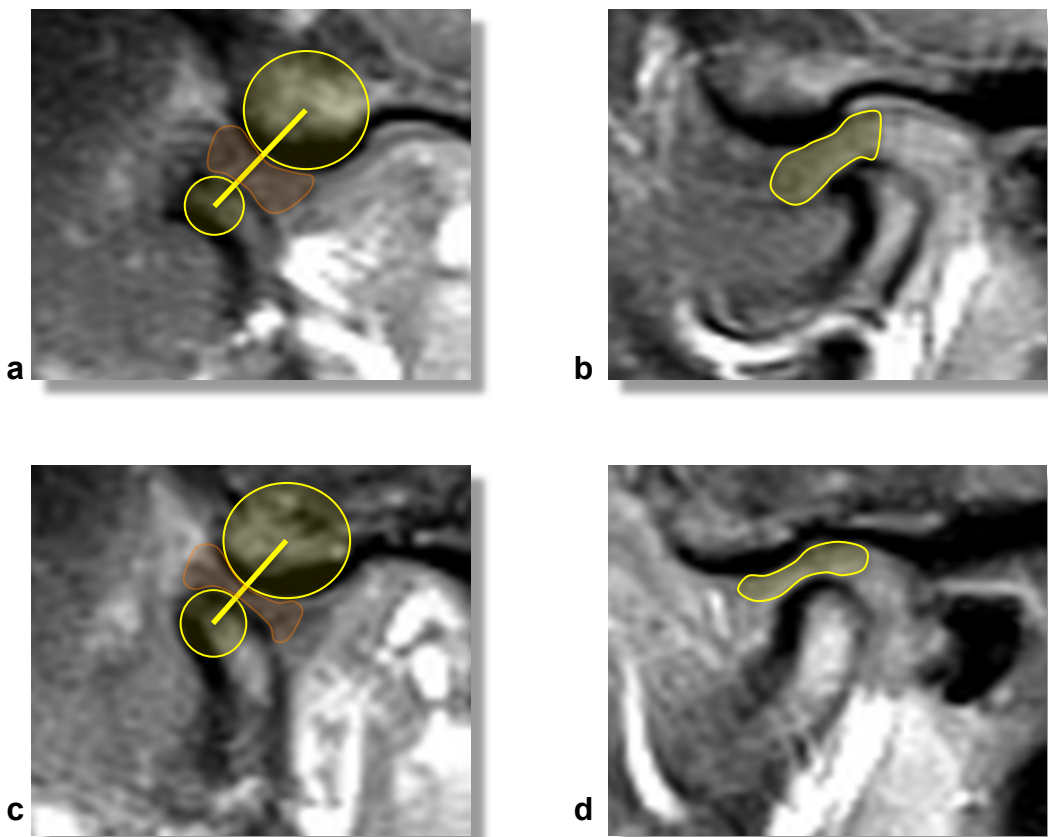


Abb.36: Lage des Diskus mit OK-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.1.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Auch nach Eingliederung der Gelb-Schiene konnte während der gesamten Dauer der Mundöffnungs- und Schlussbewegungen eine suffiziente Beziehung zwischen *Diskus* und *Kondylus* hergestellt werden. Allerdings kam es diesmal im linken Kiefergelenk zu einer vollständigen Reposition, welche sich sogar über die 12Uhr-Position hinaus

erstreckte. Durch die Gelb-Schiene erfolgte eine suffiziente Reposition in beiden Kiefergelenken.

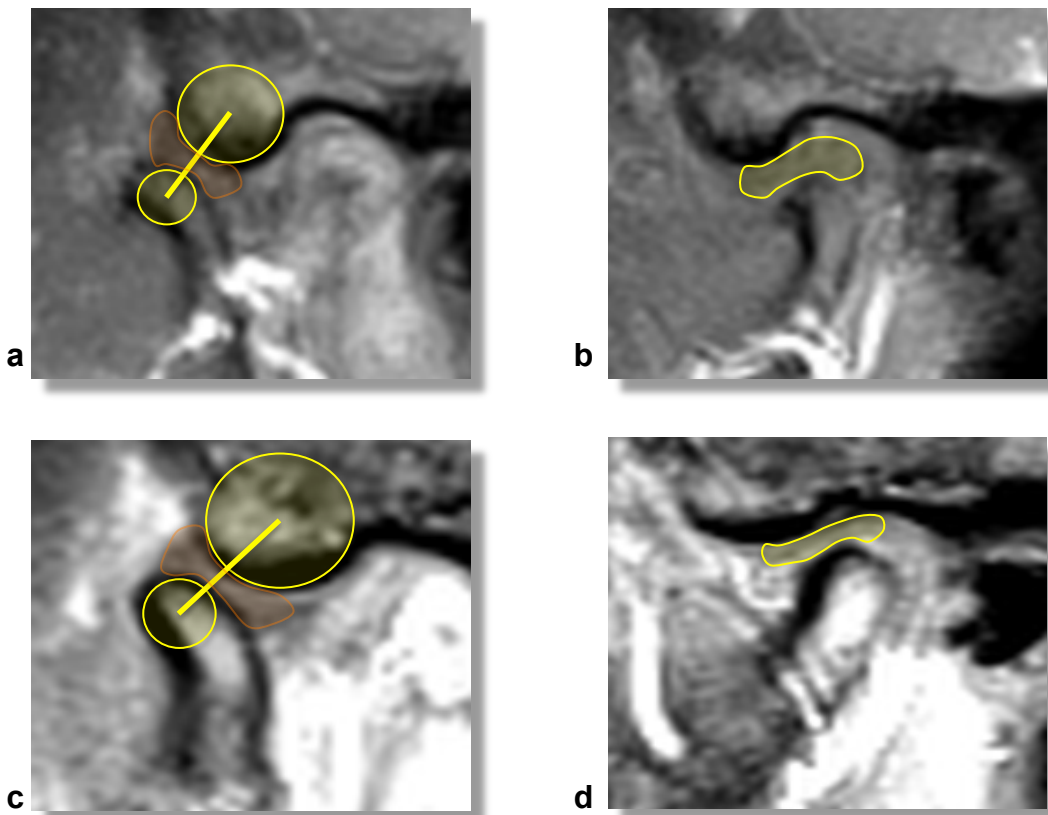
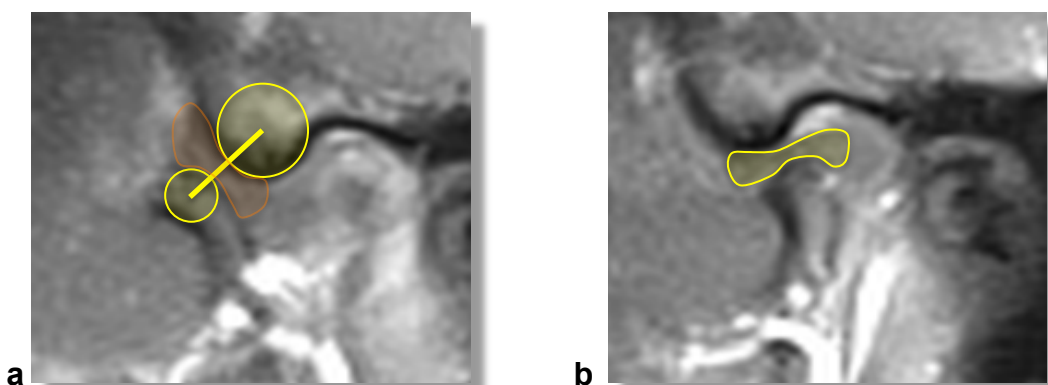


Abb.37: Lage des Diskus mit Gelb-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.1.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Der bimaxilläre Aufbissbehelf führte bilateral zu einer kompletten Reposition beider *Diski*. Dabei befand sich der Referenzpunkt bei terminalem Mundschluss in beiden Fällen hinter der 12Uhr-Position.



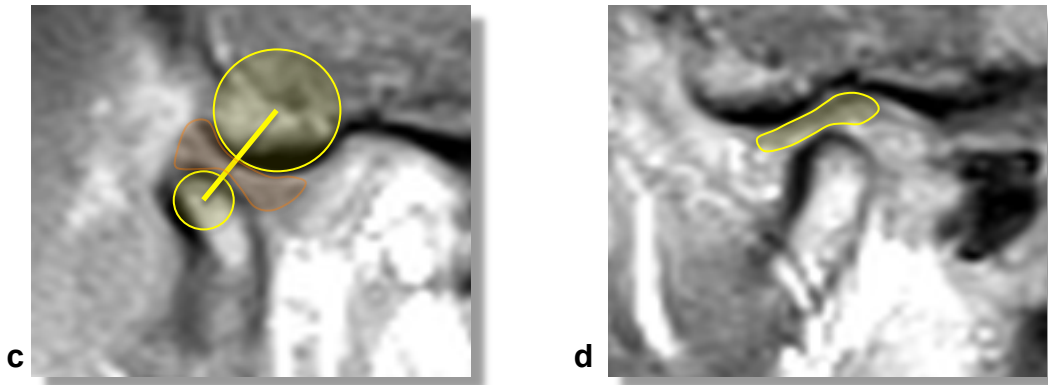


Abb.38: Lage des Diskus mit Kalottenschiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.1.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

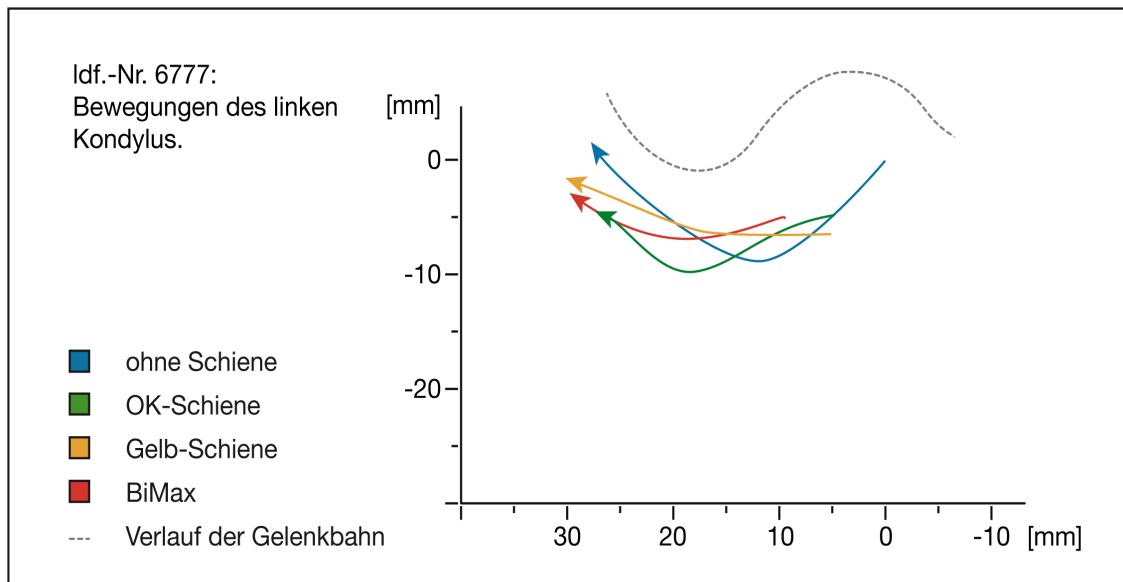


Abb.39: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6777).

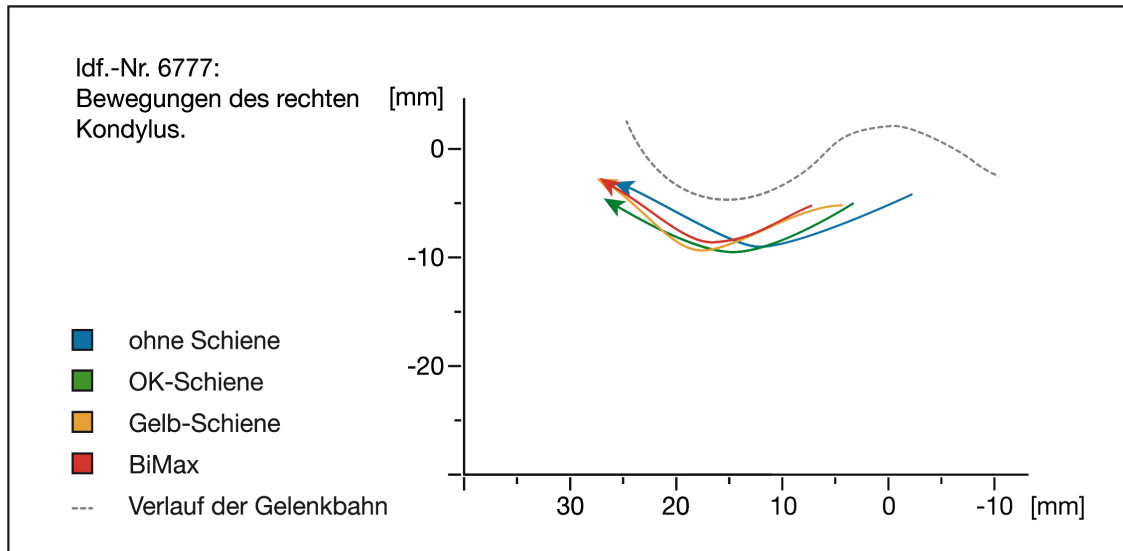


Abb.40: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6777).

Die Möglichkeit der individuellen Positionierung des UK durch den Probanden nach Eingliederung einer bimaxilläre Kalottenschiene, veranlasste den Probanden zu einer stärkeren Protrusion im Verhältnis zu den beiden anderen Aufbissbehelfen. Die sagittale Lage des *Kondylus* nach Eingliederung der Gelb- und OK-Schiene weist in beiden Kiefergelenken keinen signifikanten Unterschied auf. Die deutlichste Varianz unterschiedlicher dynamischer Kondylenbewegungen ist im linken Gelenk erkennbar. In diesem Fall scheint der Einsatz der bimaxillären Kalottenschiene und einer Gelb-Schiene den Bewegungsumfang bilateral zu erweitern. Allerdings kommt es im linken Kiefergelenk durch die OK-Schiene sogar zu einer Einschränkung des Bewegungsumfanges. So kommt es durch die OK- und Gelb-Schiene zur stärksten Distraction während der Schlussbisslage, jedoch scheint der Abstand zwischen *Kondylus* und Gelenkbahnenverlauf bei der bimaxillären Kalottenschiene am gleichmäßigsten.

3.2 Proband/in II

Der Proband mit der Idf.-Nr. 6821 ist männlich und am 01.05.1988 geboren.

3.2.1 Ergebnisse der RDC/TMD

Der allgemeine Gesundheitszustand wurde durch den Probanden als sehr gut bezeichnet. Der Mundgesundheitszustand wurde mit Einschränkungen als gut eingestuft. Schmerzen im Bereich der Kiefergelenke oder des Gesichtes sind in den letzten Monaten nicht aufgetreten. Nach Angabe des Probanden kam es allerdings in der Vergangenheit zu Blockaden der Mundöffnungen, welche sogar die Fähigkeit der Nahrungsaufnahme negativ beeinflusste. Weitere Auffälligkeiten in der Anamnese waren Angaben eines persistierenden Knackens in den Gelenken und Pressen bzw. Knirschen während des Schlafens. Traumatische Vorkommnisse konnten ausgeschlossen werden.

In der *Jaw Disability List* wurden durch die gegenwärtigen Symptomatiken Einschränkungen in Bereichen des Essens sowohl von harten als auch weichen Speisen, Reinigung der Zähne und des Gesichtes und bei der Durchführung des Gähnens angegeben.

Die Palpation der Kiefergelenke ergab ein Öffnungsknacken bei 49mm auf der linken Seite. So konnte ebenso ein reziprokes Knacken auf der genannten Seite durch einen manuell protrudierten UK bei der Mundöffnung verhindert werden. Bei Laterotrusionsbewegungen wurden feine Reibegeräusche im linken Gelenk befundet. Schmerzhaftes Symptomatiken bei der extraoralen Palpation ergaben sich lediglich bei der Untersuchung des lateralen Kondylenpols.

3.2.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Bei der Begutachtung der statischen Aufnahme fällt im linken Kiefergelenk ein voluminöser nach anterior und lateral verlagerter *Diskus* auf. Im Gegensatz zum rechten Gelenk ist auch hier eine deutlich inhomogene Beziehung des Diskus-Kondylus-Komplexes sichtbar. Die real-time-MRT-Aufnahmen zeigen eine Reposition des *Diskus* in eine physiologische Relation während einer dynamischen Mundöffnungsbewegung im linken Gelenk. Lateral des linken *Tuberculum articulare* ist eine unphysiologische erhabene Knochenstruktur sichtbar. Das rechte Kiefergelenk ist unauffällig und zeigte während der MRT-Aufnahmen keine weiteren Auffälligkeiten. Eine ADVmR liegt im rechten Gelenk nicht vor.

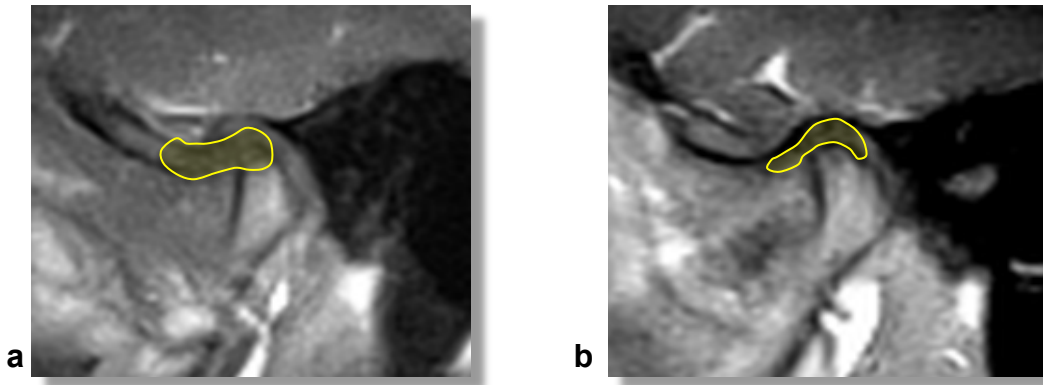


Abb.41: Lage des Diskus ohne Schiene in der Schlussbissstellung. **a** linkes KG, **b** rechtes KG.

3.2.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Durch die Eingliederung der OK-Repositionsschiene zeigte sich während der durchgeführten Mundöffnungs- und Schlussbewegungen in beiden Kiefergelenken eine suffiziente Diskus-Kondylus-Relation. Der verlagerte *Diskus* im linken Kiefergelenk befand sich nach terminalem Kieferschluss noch immer in einer reponierten Lage, zeigte jedoch einen posterioren Charakter. Auffälligkeiten im rechten Kiefergelenk während der MRT-Aufnahmen waren nicht zu verzeichnen.

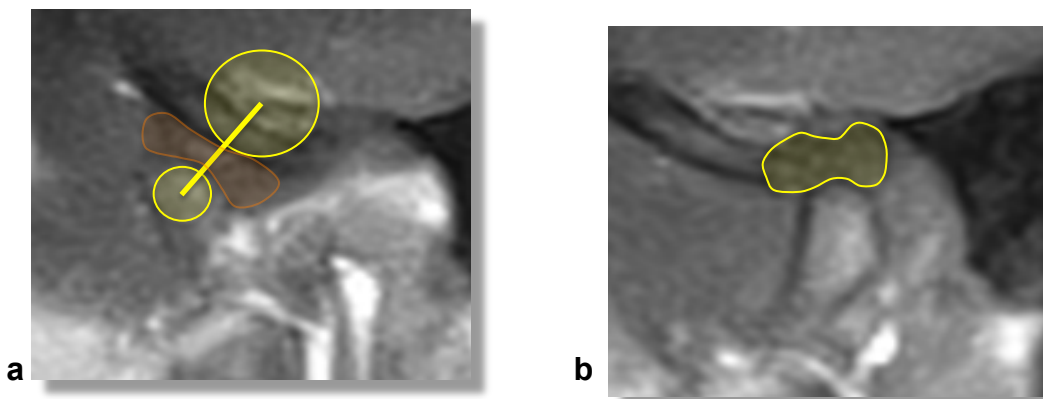


Abb.42: Lage des Diskus mit OK-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung.

3.2.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Auch durch die Gelb-Schiene konnte in beiden Gelenken eine andauernde suffiziente Diskus-Kondylus-Relation erreicht werden. Ein ähnlicher Repositionserfolg wie bei

der OK-Schiene, konnte im linken Kiefergelenk nach terminalen Kieferschluss ebenfalls beobachtet werden.

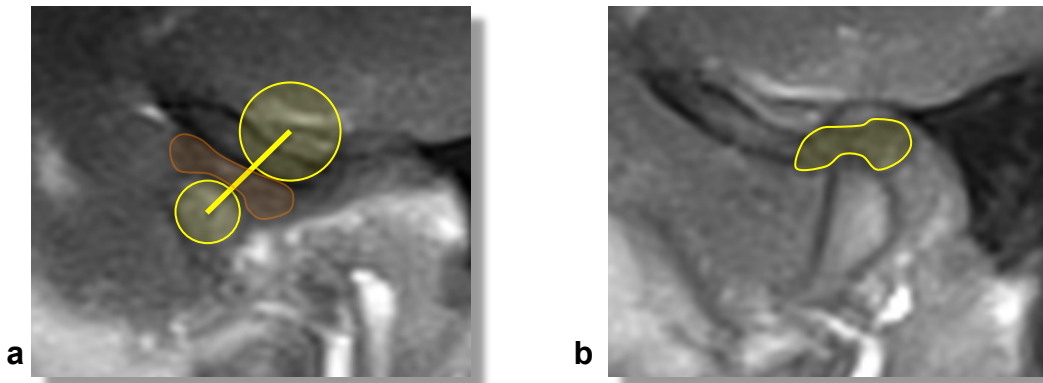


Abb.43: Lage des Diskus mit Gelb-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung.

3.2.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Die bimaxilläre Kalottenschiene führte im linken Kiefergelenk zu einer eindeutigen Reposition des linken *Diskus* hinter die festgelegte 12Uhr-Position. Auch bei maximaler Mundöffnung konnte eine physiologische Relation zwischen Gelenkscheibe und Gelenkkopf festgestellt werden. Ein signifikanter Unterschied der Repositionen war bei Auswertung der real-time-MRT zwischen den verschiedenen Schienen nicht zu erkennen. Der Bewegungsablauf des rechten Gelenkes war, wie bei den anderen beiden Aufbissbehelfen, unauffällig.

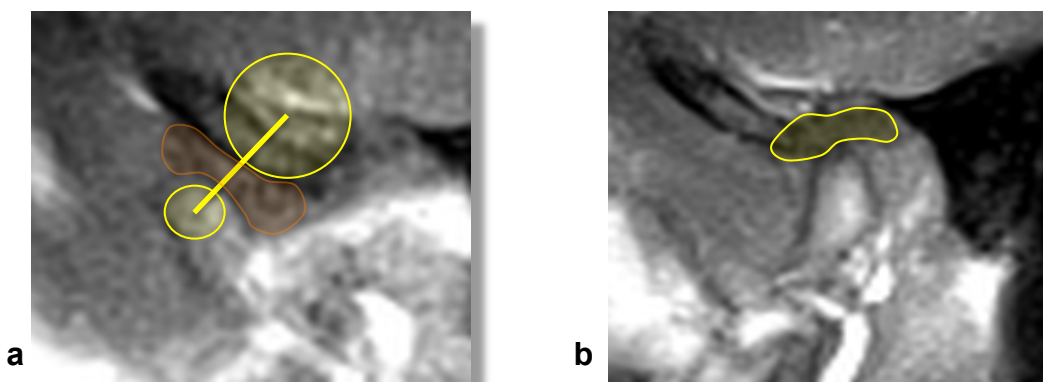


Abb.44: Lage des Diskus mit Kalottenschiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung.

3.2.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

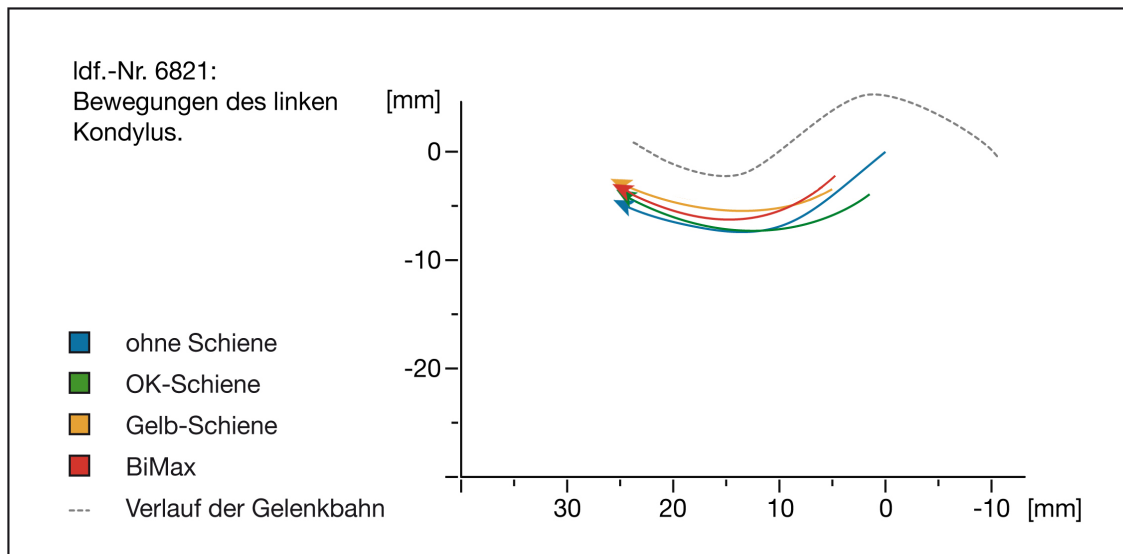


Abb.45: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6821).

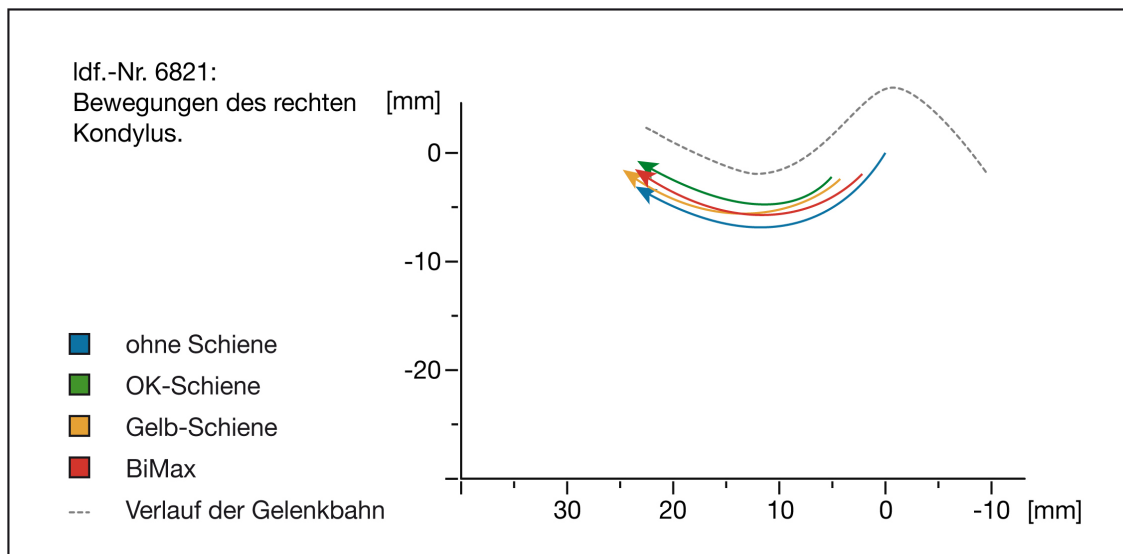


Abb.46: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6821).

In beiden Kiefergelenken sind keine signifikanten Erweiterungen des sagittalen Bewegungsumfanges feststellbar. Während die Gelb- und Kalottenschiene im rechten Kiefergelenk eine deutliche Protrusion des *Kondylus* bewirken, steht der Gelenkkopf bei der OK-Schiene retraler. So verhält es sich ebenfalls mit der bimaxillären Schiene im rechten Kiefergelenk. Dort nimmt der Proband eine im Vergleich zu den anderen therapeutisch festgelegten Positionen eine retralere

Gelenkstellung ein. Insgesamt ist jedoch bei allen drei Schientypen die gewünschte Protrusion erkennbar.

3.3 Proband/in III

Die Probandin mit der Idf.-Nr. 6815 ist weiblich und am 03.02.1989 geboren.

3.3.1 Ergebnisse der RDC/TMD

In der Anamnese vor der klinischen Funktionsanalyse gab die Probandin ihren allgemeinen Gesundheitszustand als sehr gut an. In diesem Zusammenhang ist die subjektiv als nur mäßig eingeschätzte Mundgesundheit auffällig. Schmerzsymptomatiken oder mechanische Blockaden bei der Mundöffnung konnten nicht festgestellt werden.

Einzig die Beeinträchtigung bei der Durchführung des Gähnens konnten durch die *Jaw Disability List* festgestellt werden.

Bei Erhebung der Achse I ergaben sich „s“-förmige Deviationen nach links bei der Mundöffnung. Die schmerzlose maximale Öffnung des Kiefers lag bei 44mm und konnte passiv um einen weiteren Millimeter erweitert werden. Bei der extraoralen Palpation war ein Öffnungsknacken im rechten Gelenk bei 24mm und auf der kontralateralen Seite bei 25mm feststellbar. Ein Schließungsknacken, allerdings nur im rechten Kiefergelenk, war bei 3mm vernehmbar. Ein reziprokes Knacken konnte durch protrusive Öffnung verhindert werden. Bei der Durchführung von Laterotrusionsbewegungen konnte ein Knacken im rechten Kiefergelenk und bei Protrusion bilateral vernommen werden.

3.3.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Bei Betrachtung beider Kiefergelenke fällt beidseits ein steiles *Tuberculum articulare* auf. Der *Diskus* ist in beiden Fällen nach anterior vorverlagert und scheint sich in seiner Position dem Verlauf der Gelenkbahn angepasst zu haben. Bei dynamischer Auswertung der sequentiellen Aufnahmen kam es bei der Mundöffnung zu einer Reposition beider Gelenkscheiben.

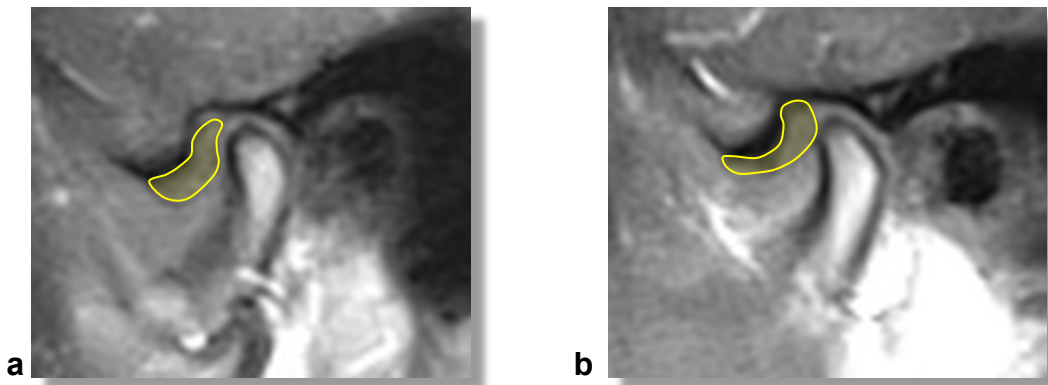


Abb.47: Lage des Diskus ohne Schiene in der Schlussbissstellung. **a** linkes KG, **b** rechtes KG.

3.3.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Nach Eingliederung der OK-Schiene konnte in beiden Kiefern eine Reposition des *Diskus* erreicht werden. Dabei wurde die Gelenkscheibe mit ihrem posterioren Pol hinter die 12Uhr-Position zurückverlagert. Der Dislus-Kondylus-Komplex konnte während der gesamten Dauer der Mundöffnung stabil gehalten werden. Bei Mundschluss blieb der *Diskus* reponiert, jedoch ist eine diffuse Kompression der Weichgewebe deutlich sichtbar.

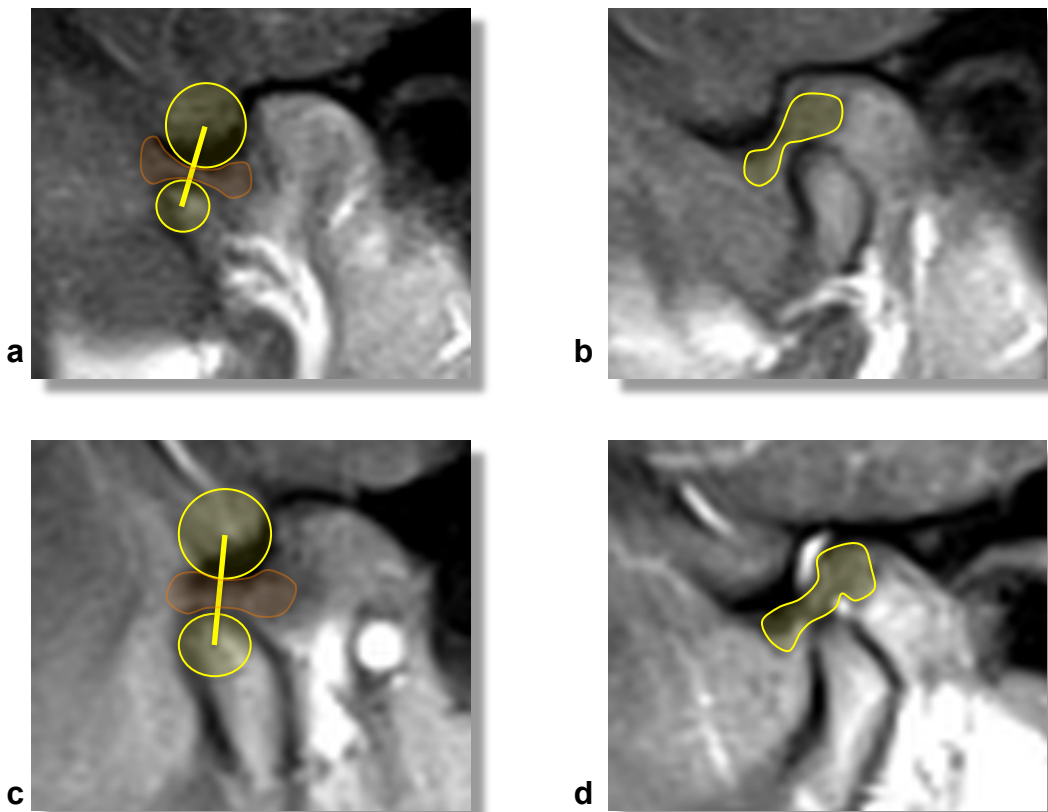


Abb.48: Lage des Diskus mit OK-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.3.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Wie bei dem vorherigen Aufbissbehelf kam es auch hier zu einer Reposition des *Discus articularis*. Die Stabilisierung und Relation zwischen Kiefergelenk und Gelenkscheibe unterschied sich nicht wesentlich von der OK-Schiene.

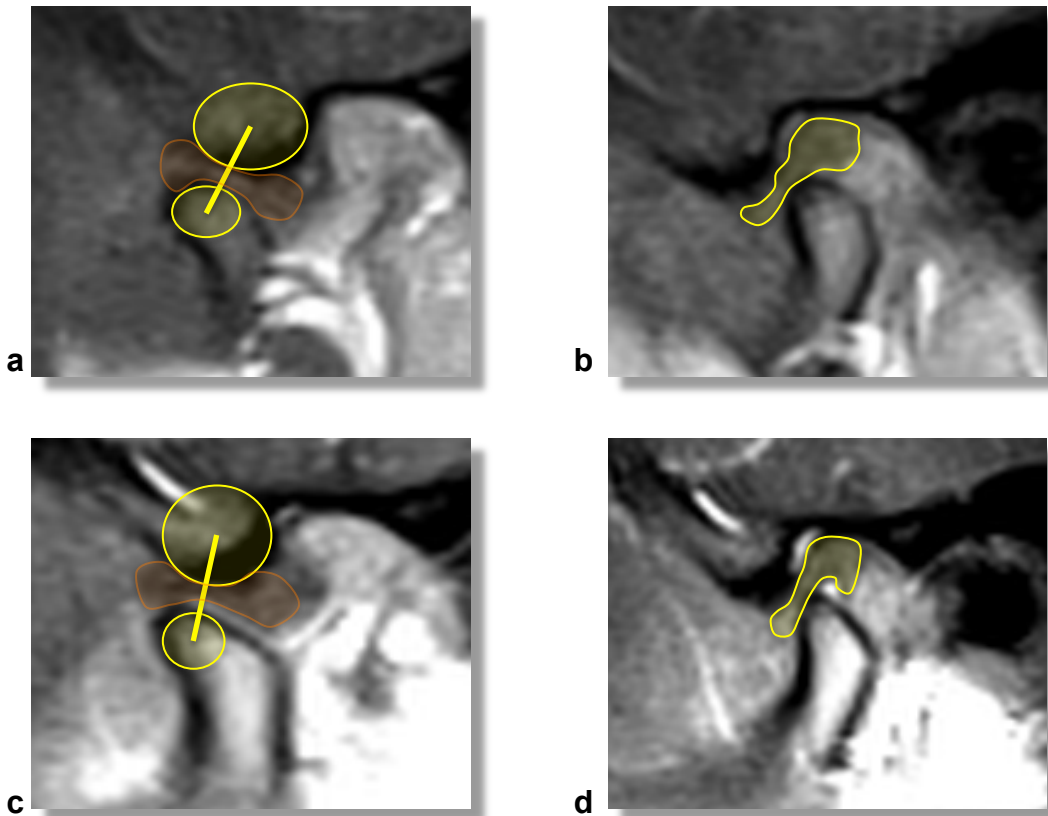


Abb.49: Lage des Diskus mit Gelb-Schiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.3.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Die Auswertungen der Sequenzen mit eingesetzter bimaxillärer Kalottenschiene ergaben ähnliche Repositionserfolge wie bei den anderen beiden Schienen. Auch hier war ein teilweise stabiler Diskus-Kondylus-Komplex zu beobachten. Der posteriore Pol des *Kondylus* befand sich in beiden Kiefergelenken nach erfolgreicher Reposition hinter der 12Uhr-Position. Die Auswertung der MRT-Aufnahmen entsprach der Charakteristik der vorherigen Aufbissbehelfe.

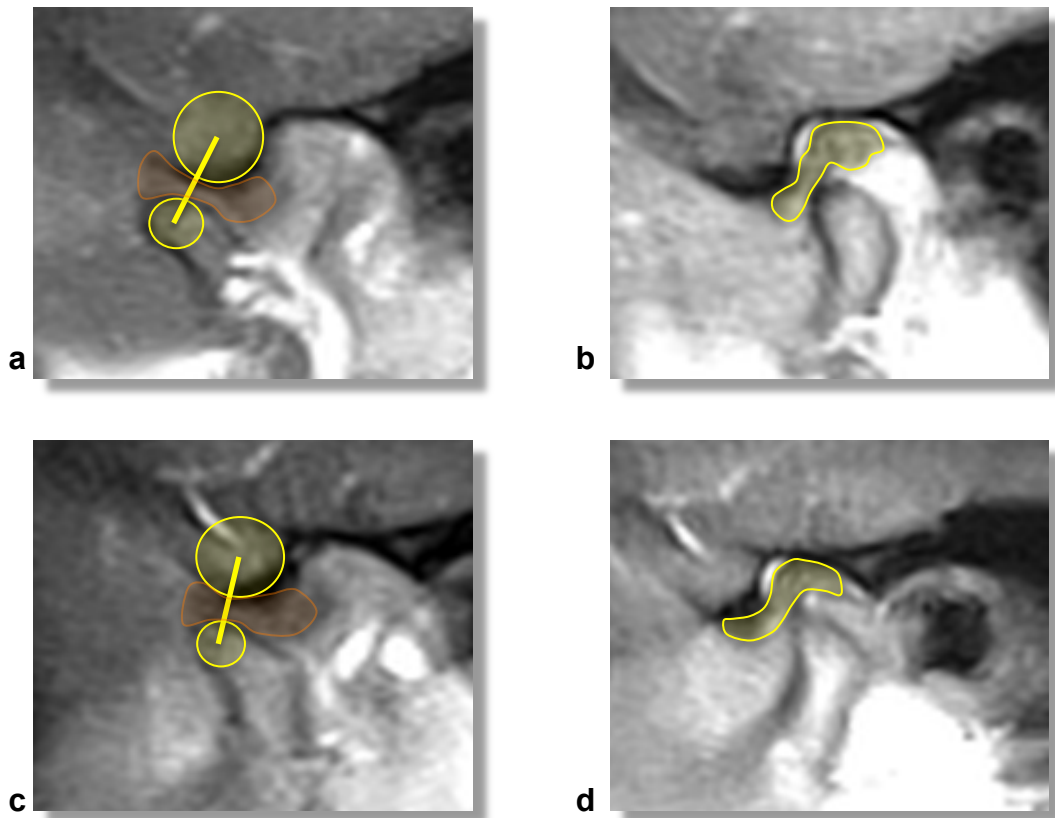


Abb.50: Lage des Diskus mit Kalottenschiene. **a** linkes KG bei maximaler MÖ, **b** linkes KG in Schlussbissstellung, **c** rechtes KG bei maximaler MÖ, **d** rechtes KG in Schlussbissstellung

3.3.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

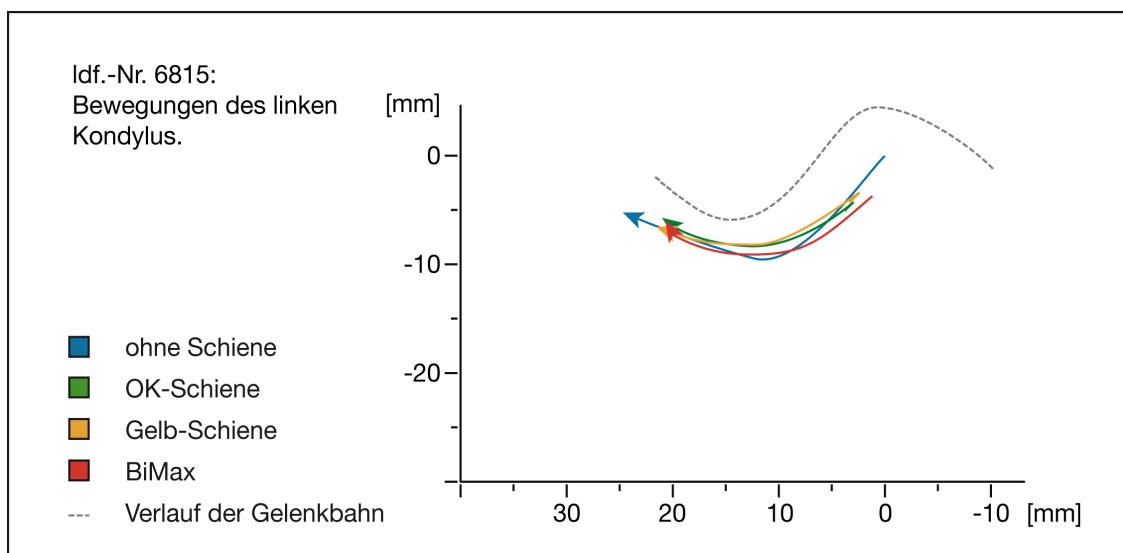


Abb.51: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6815).

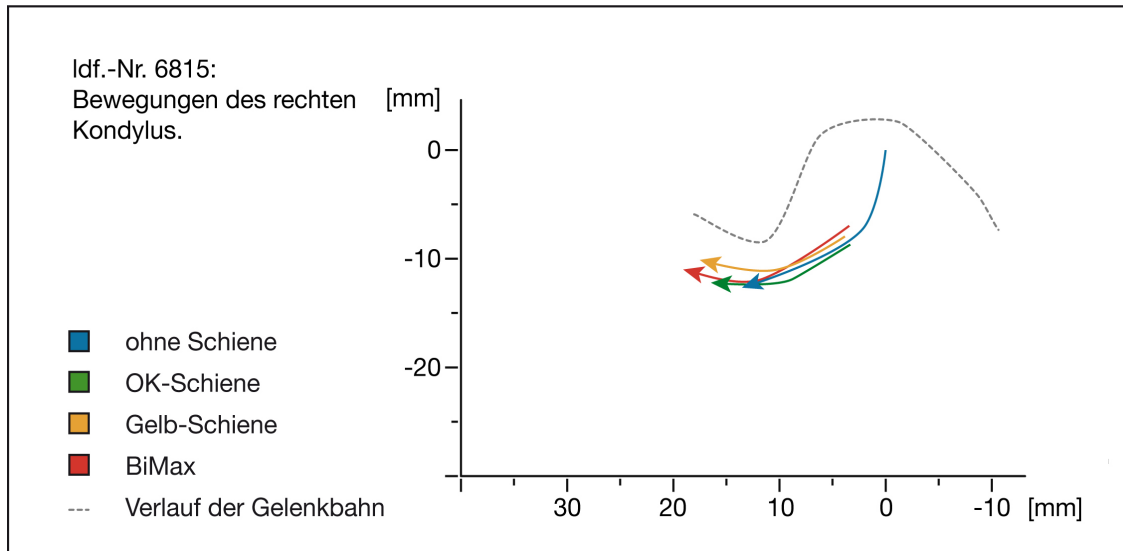


Abb.52: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6815).

Beim Vergleich beider Graphen fällt auf, dass es im linken Kiefergelenk zu einer Einschränkung der Kondylenbewegung nach Eingliederung aller drei Schienen kommt. Der linke sagittale Verlauf bei allen Aufbissbehelfen ist ähnlich, wobei der Proband bei der bimaxillären Schiene eine retralere Position einnimmt. Im rechten Kiefergelenk ist eine deutlich protrusivere Stellung der Gelenkköpfe ersichtlich. Hier wird durch alle Schienen eine Erweiterung der Kondylusmobilität ermöglicht.

3.4 Proband/in IV

Der Proband mit der Idf.-Nr. 6806 ist männlich und am 03.06.1977 geboren.

3.4.1 Ergebnisse der RDC/TMD

Der Proband gab seinen allgemeinen Gesundheitszustand als gut an und bezeichnete seinen Mundgesundheitszustand als sehr gut. In der Anamnese wurden Schmerzen in den letzten Monaten im Bereich der Kiefer, Gesichtsmuskeln und Ohren angegeben. Die Gesichtsschmerzen traten vor ungefähr 10 Jahren das erste Mal auf und sind durch eine wiederkehrende Charakteristik gekennzeichnet. Aufgrund dieser Schmerzsymptomatik suchte der Proband innerhalb der letzten 6 Monate einen Arzt auf; weiterhin werden charakteristische Knackgeräusche beim Öffnen und beim Schließen des Mundes angegeben. Der Proband berichtet auch über nächtliches Knirschen und Schmerzen, sowie morgendliche Steifheit der

Gelenke nach dem Aufstehen. Der Proband hat beim Zusammenbeißen ein ungewöhnliches und unbequemes Gefühl.

Die *Jaw Disability List* zeigt Einschränkungen im Bereich des Kauens, beim Essen von harten Speisen und beim Gähnen auf.

Es wird ein andauernder Gelenkschmerz mit 2 Rationalpunkten beschrieben. Der stärkste in diesem Zusammenhang empfundene Schmerz wurde mit 5 Rationalpunkten eingestuft. Eine leichte Beeinflussung des Tagesablaufes wurde empfunden.

Bei der klinischen Funktionsanalyse konnten durch Palpation bilateral Muskelschmerzen verifiziert werden. Die Mundöffnung ergab eine Dyskoordination. Sie konnte ohne Schmerzen bis maximal 46mm erfolgen und passiv bis 47mm erweitert werden. Knackgeräusche traten beim Öffnen rechts bei 40mm auf und beim Schließen ebenfalls rechts bei 35mm auf. Ebenso kam es bei der Laterotrusion nach links im kontralateralen Kiefergelenk zu einem Kackgeräusch.

3.4.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Bei genauer Betrachtung des rechten Kiefergelenks ist der *Diskus* nur minimal nach anterior verlagert. Die Bestimmung des posterioren Pols des *Diskus* erwies sich in diesem Fall als schwierig. Allerdings war neben einer leichten sagittalen Verschiebung auch eine laterale Verlagerung sichtbar. Im linken Kiefergelenk befindet sich die Gelenkscheibe in einer sagittal neutralen Position, wobei auch hier eine laterale Charakteristik feststellbar ist. Die Knöchernen Strukturen beider Gelenke scheinen unauffällig, allerdings gestaltet sich der Gelenkbahnverlauf im rechten Gelenk steiler.

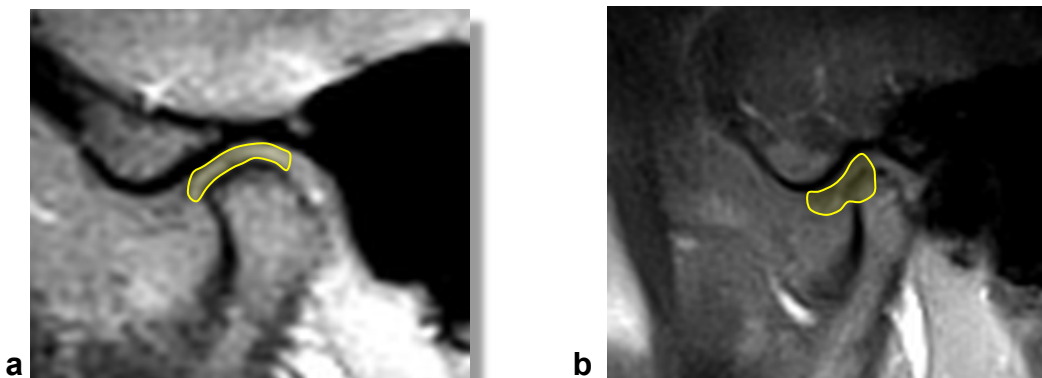


Abb.53: Lage des *Diskus* ohne Schiene in der Schlussbissstellung. **a** linkes KG, **b** rechtes KG.

3.4.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Durch die Eingliederung der OK-Repositionsschiene zeigte sich bei diesem Probanden während der durchgeführten Mundöffnungs- und Schlussbewegungen in beiden Kiefergelenken eine suffiziente Diskus-Kondylus-Relation. Der verlagerte *Diskus* im rechten Kiefergelenk befand sich nach terminalen Kieferschluss noch immer in einer reponierten Lage. Zudem scheint die laterale Verschiebung der Gelenkscheibe ebenfalls aufgehoben. Auffälligkeiten im linken Kiefergelenk während den MRT-Aufnahmen waren nicht feststellbar.

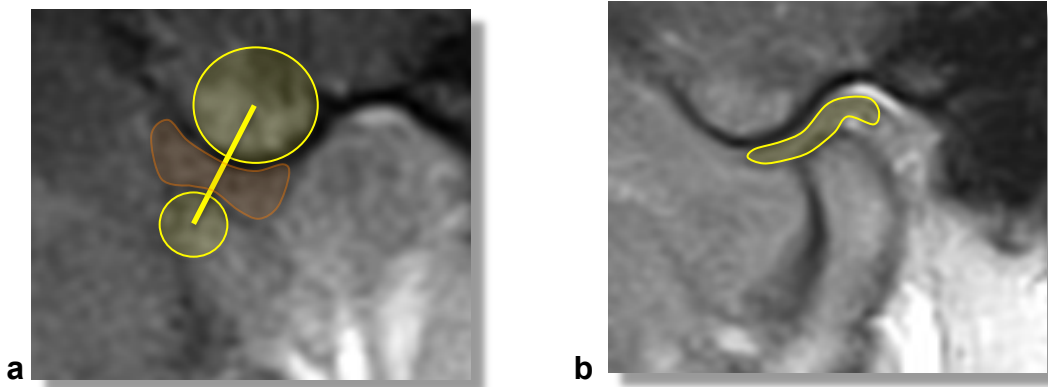


Abb.54 Lage des Diskus mit OK-Schiene. **a** rechtes KG bei maximaler MÖ, **b** rechtes KG in Schlussbissstellung.

3.4.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Im Vergleich zur OK-Schiene ergaben sich bei der Auswertung der real-time-MRT keine signifikanten Unterschiede.

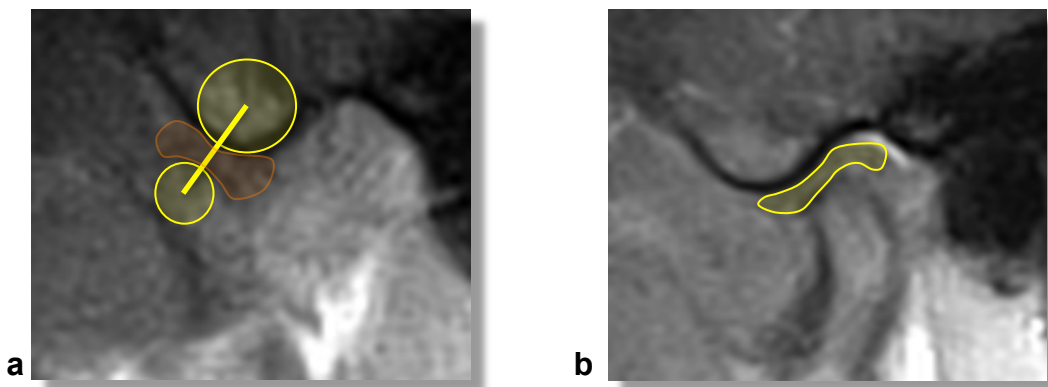


Abb.55: Lage des Diskus mit Gelb-Schiene. **a** rechtes KG bei maximaler MÖ, **b** rechtes KG in Schlussbissstellung

3.4.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Auch hier ergaben sich im Vergleich der bimaxillären Kalottenschiene zur OK-Schiene und Gelb-Schiene keine signifikanten Unterschiede.

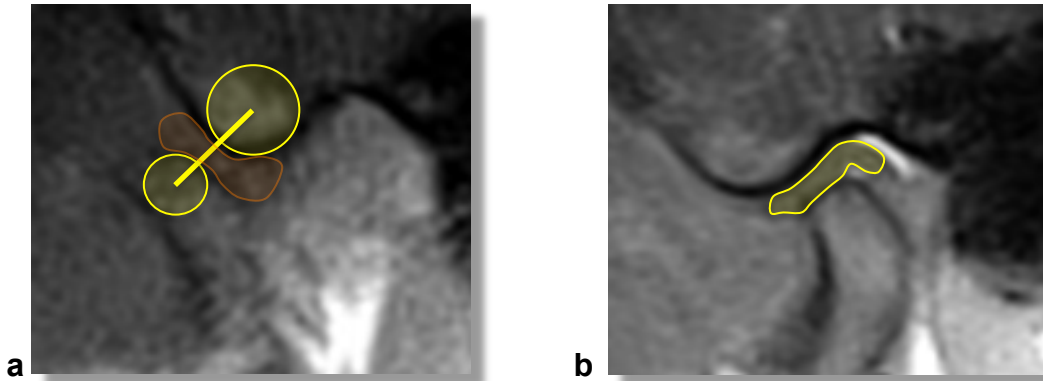


Abb.56: Lage des Diskus mit Kalottenschiene. **a** rechtes KG bei maximaler MÖ, **b** rechtes KG in Schlussbissstellung

3.4.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

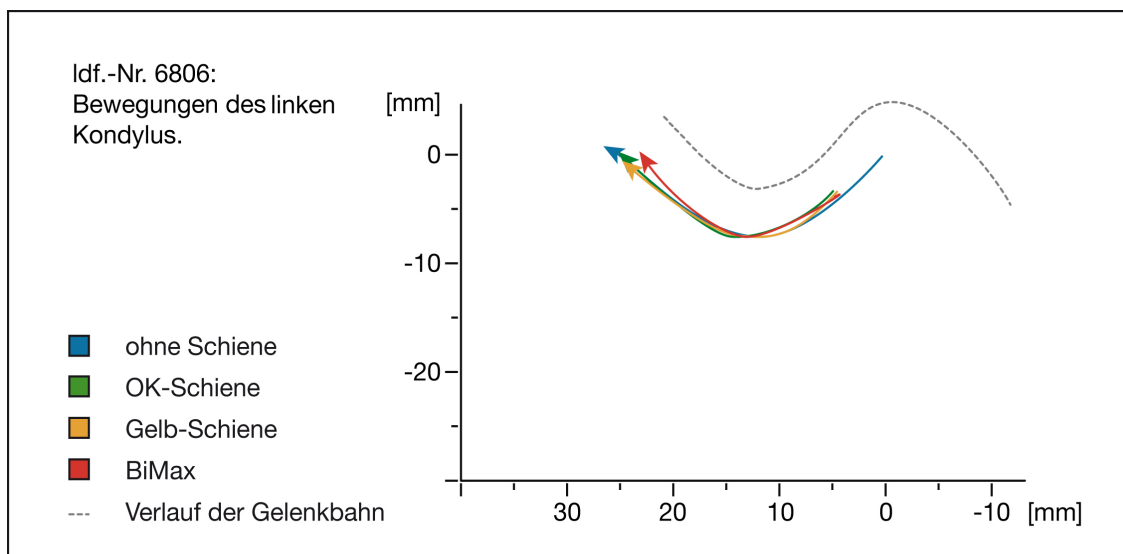


Abb.57: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6806).

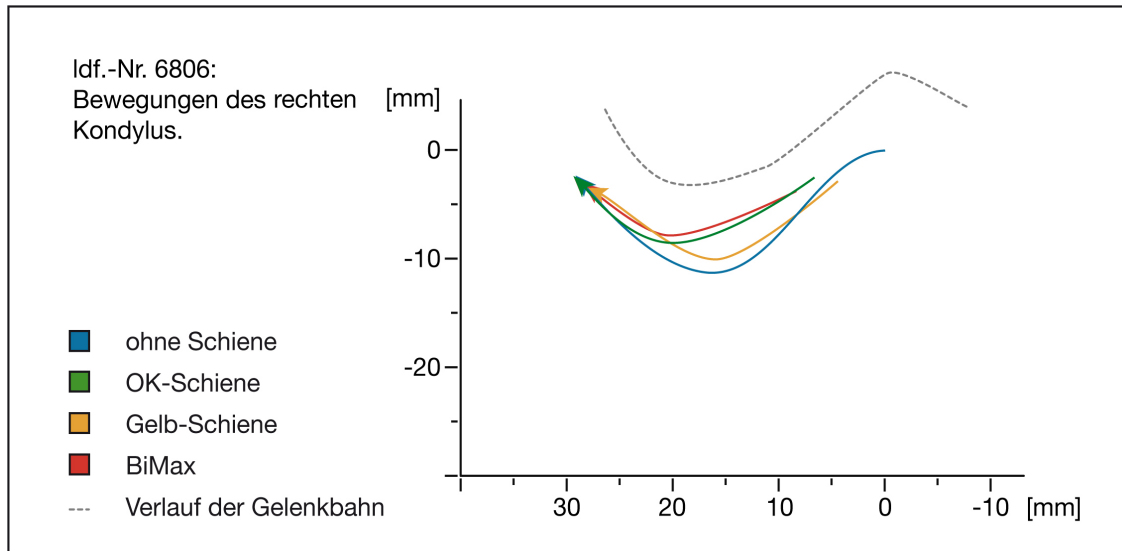


Abb.58: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6806).

Die Kondylenbahnverläufe im linken Gelenk sind unauffällig und unterscheiden sich nicht signifikant von der Bewegung ohne Schiene. Im rechten Gelenk steht der *Kondylus* mit der Gelb-Schiene am retralsten und weist ein unterschiedliches Bewegungsmuster auf. Es ist allerdings bemerkenswert, dass alle Bewegungsmuster bei maximaler Mundöffnung in eine fast identische Bewegungsbahn münden.

3.5 Proband/in V

Der Probandin mit der Idf.-Nr. 6817 ist weiblich und am 21.08.1991 geboren

3.5.1 Ergebnisse der RDC/TMD

Bei der Auswertung der Anamnese beschreibt die Probandin ihren allgemeinen Gesundheitszustand als mäßig und stuft ihren Mundgesundheitszustand als gut ein. Die Probandin gibt an, dass sie bei Mundöffnung und Mundschluss ein Knackgeräusch wahrnimmt. Beim Zusammenbiss kommt es nach subjektiver Einschätzung zu einem unbequemen Gefühl. Des Weiteren litt sie in den vergangenen 6 Monaten unter Migräne.

Die *Jaw Disability List* gab Auskunft über Einschränkungen beim Kauen und Essen von harten Speisen, beim Lachen, sexuellen Aktivitäten und bei der Durchführung des Gähnsens.

Der intensivste Schmerz in den vergangenen 6 Monaten wurde mit 5 Rationalpunkten angegeben, während der durchschnittliche Schmerz bei 3 Punkten lag. Der Gesichtsschmerz beeinflusste das tägliche Leben in einem Bereich von 2 Punkten auf der Rationalskala.

Die maximale Mundöffnung konnte ohne Schmerzen bis auf max. 40mm erfolgen. Muskelschmerzen traten in beiden Kiefergelenken bei 41mm auf. Passiv ließ sich die Öffnung auf 42mm Millimeter erweitern. Bei der rechten Palpation des Gelenks konnte lediglich ein Öffnungsknacken bei 33mm festgestellt werden. Ein Knacken konnte ebenfalls bei Lateralbewegungen nach rechts provoziert werden.

3.5.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Trotz der Diagnose einer ADVmR mit Hilfe der RDC/TMD konnte diese nach Auswertung der MRT-Aufnahmen nicht bestätigt werden. Der posteriore Pol des *Diskus* befindet sich bilateral in Schlussbisslage hinter der 12Uhr-Position. Auffällig ist in beiden Kiefergelenken das scheinbare Fehlen eines ausgeprägten *Tuberculum articulare*. So stellt sich der Gelenkbahnverlauf wie eine Art „Ebene“ dar. Bei der Mundöffnung kam es zu untypischen Translationsbewegungen mit Rotationskomponenten.

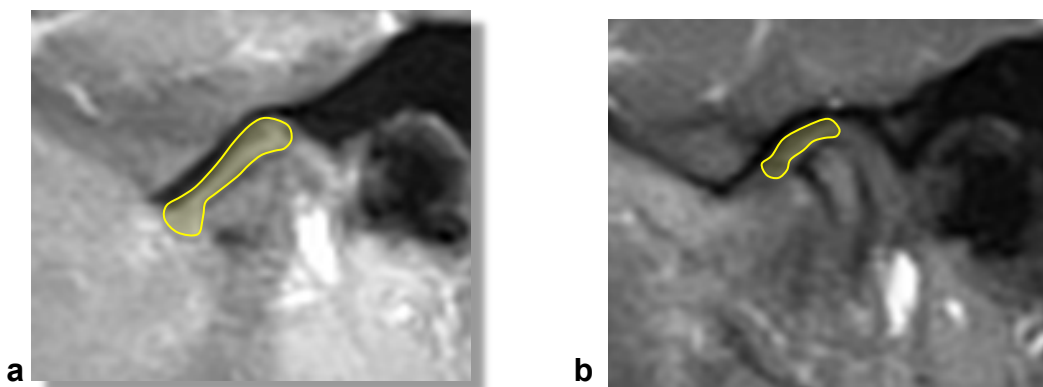


Abb.59: Lage des *Diskus* ohne Schiene in der Schlussbissstellung. **a** linkes KG, **b** rechtes KG.

3.5.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Bis auf eine durch das Material der Schiene bedingte Distraction, kam es in beiden Kiefergelenken zu keinem Effekt in Bezug auf den *Diskus*.

3.5.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Auch hier zeigte sich nach Eingliederung der Gelb-Schiene in beiden Gelenken kein signifikanter Effekt.

3.5.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Die Eingliederung der bimaxillären Kalottenschiene hatte die gleichen Auswirkungen auf die Kiefergelenke wie die OK- und Gelb-Schiene.

3.5.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

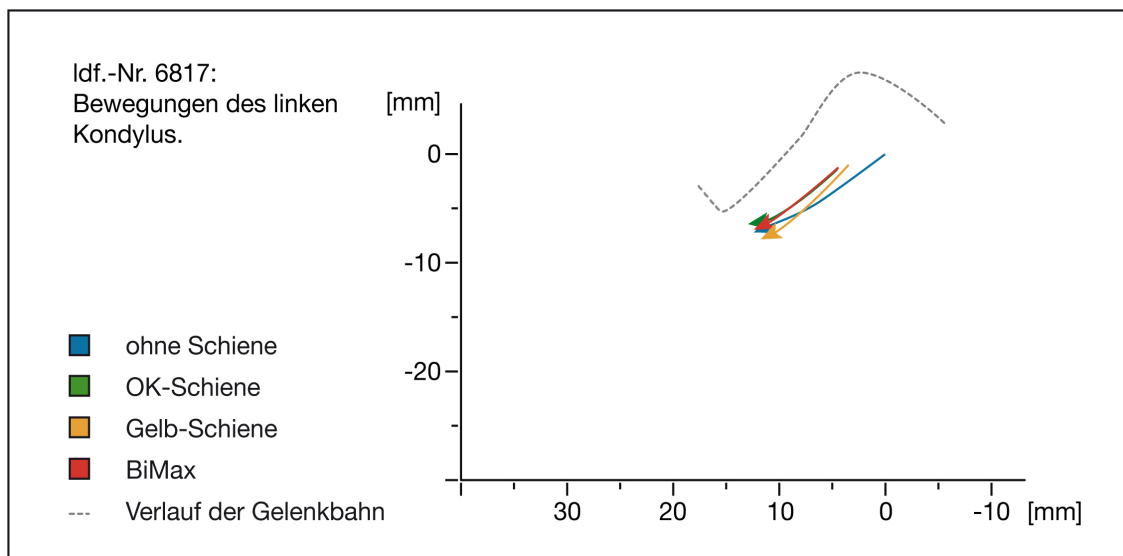


Abb.60: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6817).

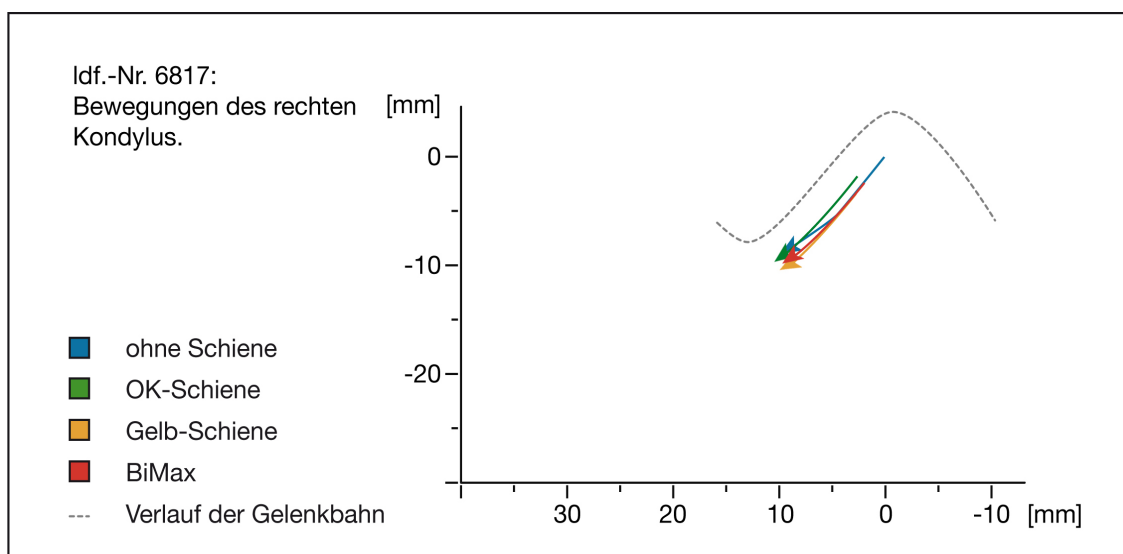


Abb.61: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6817).

Nach Eingliederung der drei Schienen konnte in allen Fällen ein vergleichbarer distraktiver und protrusiver Effekt festgestellt werden. Der sagittale Bewegungsumfang scheint ohne Schiene eingeschränkt zu sein, jedoch hatte auch die Eingliederung der dentalen Aufbissbehelfe keinen weiteren Einfluss auf die Kondylenbewegung.

3.6 Proband/in VI

Der Probandin mit der Idf.-Nr. 6842 ist weiblich und am 22.06.1982 geboren.

3.6.1 Ergebnisse der RDC/TMD

Subjektiv wurde durch die Probandin der allgemeine Gesundheitszustand als ausgezeichnet und der Mundgesundheitszustand als sehr gut eingestuft. Schmerzen im Bezug auf das Kauorgan bestanden nach eigenen Angaben keine. Allerdings wurden Reibe- und Knackgeräusche im Bezug auf Kiefergelenksbewegungen angegeben. Zudem waren in der Anamnese die gefühlte Steifigkeit der Kiefergelenke nach morgendlichen Erwachen auffällig.

Nach der *Jaw Disability List* waren keine Einschränkungen durch Kiefergelenksstrukturen im täglichen Leben vorhanden.

Die aktive und passive Mundöffnung lag ohne Schmerzen bei 61mm. Bei der Kieferöffnung war bei 40mm im rechten Gelenk ein Knacken und im linken Gelenk ein feines Reiben befundbar. Ein Schließungsknacken war nur rechts bei 37mm feststellbar. Ein reziprokes Knacken war durch protrusive Öffnung vermeidbar. Bei der weiteren extraoralen Palpation konnte lediglich ein leichter Schmerz am Masseterkörper provoziert werden.

3.6.2 Ergebnisse der real-time-MRT ohne Schiene

Trotz des Verdachtes einer ADVmR im rechten Kiefergelenk, konnte diese vorläufige Diagnose durch die MRT-Aufnahme nicht bestätigt werden. Beide *Diski* befanden sich bereits initial in einer stabilen Diskus-Kondylus-Relation.

3.6.3 Ergebnisse der real-time-MRT mit OK-Schiene

Bis auf eine durch das Material der Schiene bedingte Distraction, kam es wie bei der Probandin Nr.VI in beiden Kiefergelenken zu keinem Effekt in Bezug auf den *Diskus*.

3.6.4 Ergebnisse der real-time-MRT mit Gelb-Schiene

Auch nach der Eingliederung der Gelb-Schiene konnte weder im rechten noch im linken Kiefergelenk eine Veränderung zur OK-Schiene festgestellt werden.

3.6.5 Ergebnisse der real-time-MRT mit bimaxillärer Kalottenschiene

Die Effekte der bimaxillären Kalottenschiene entsprachen denen der OK- und Gelb-Schiene.

3.6.6 Ergebnisse der Kondylenbewegungen durch Tracing

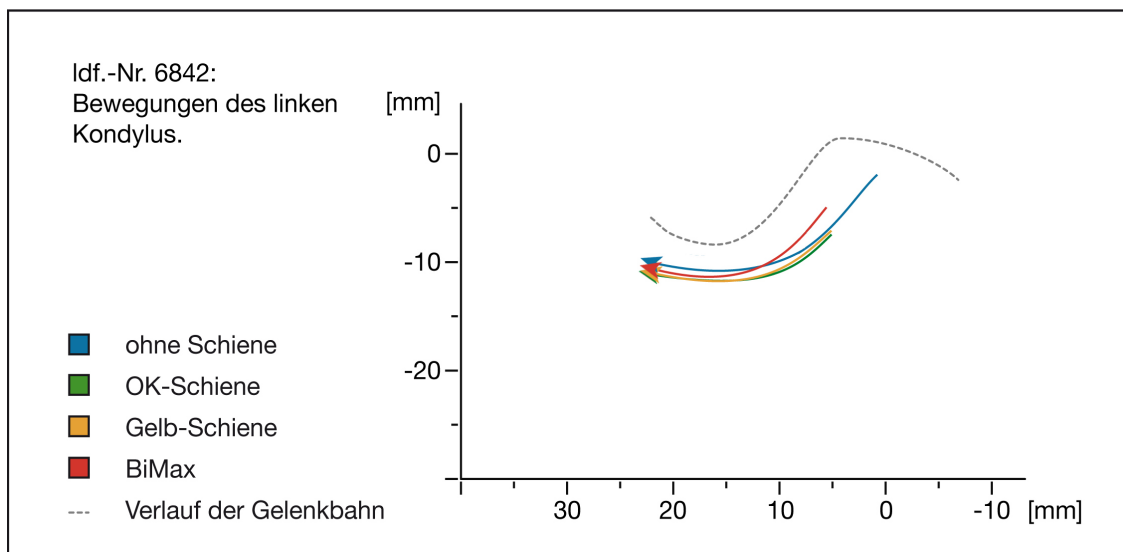


Abb.62: Charakteristische Bewegung des linken Kondylus (Idf.-Nr. 6842).

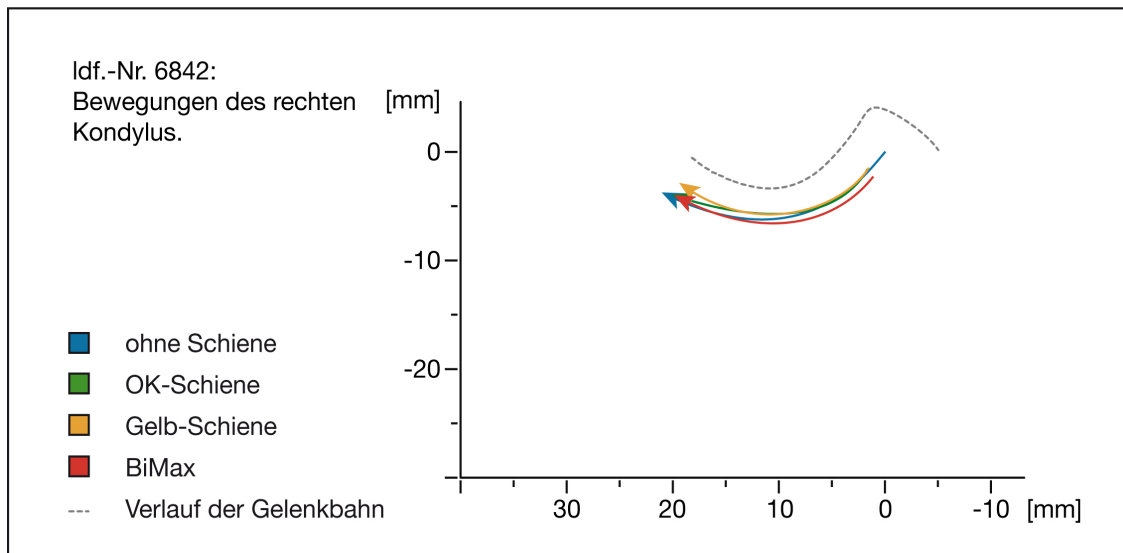


Abb.63: Charakteristische Bewegung des rechten Kondylus (Idf.-Nr. 6842).

Die Charakteristik des sagittalen Kondylenverlaufs wird bilateral unwesentlich durch alle drei Schienen beeinflusst.

4. Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Diskussion der RDC/TMD

Vor Durchführung der bildgebenden Untersuchung verschiedener Schienentherapieansätze bei ADVmR wurde ein erstes Screening mit Hilfe der RDC/TMD durchgeführt. Die klinische Funktionsanalyse der Probanden diente der Bestätigung einer vorliegenden ADVmR.

In einer gemeinsamen Stellungnahme der DGZMK (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde) und der DGFDT (Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und -therapie) wird die klinische Funktionsdiagnostik als wissenschaftlich anerkanntes und adäquates Mittel zur Erhebung des Zustandes des kranio-mandibulären Systems bezeichnet (Ahlers et al. 2005b). So ist die klinische Funktionsanalyse obligat und in jedem Fall vor allen weiteren therapeutischen Maßnahmen, wie z.B. vor instrumentellen Untersuchungen, der Anwendung bildgebender Verfahren oder der Durchführung einer Schienentherapie, vorzunehmen (Leder 2008).

Dabei beinhalten die RDC/TMD für diese Studie wichtige Komponenten zur Verifizierung einer ADVmR (Dworkin und LeResche 1992). Zudem bietet die RDC/TMD eine durchaus zufriedenstellende Genauigkeit bei wissenschaftlichen Messungen, selbst bei ungeübten Behandlern (Lausten et al. 2004). Es ist darauf hinzuweisen, dass durch die Erhebung der RDC/TMD in dieser Studie nicht eine Korrelation zwischen ADVmR und einem evtl. Schweregrad eines funktionsgestörten Kiefergelenks hergestellt werden soll. So ist ebenfalls zu bedenken, dass die Erscheinung einer ADVmR nicht zwangsläufig als pathologisch bezeichnet werden darf (Leder 2008). Dieser Sachverhalt wurde nach Durchführung der Anamnese bestätigt. Alle teilnehmenden Probanden stufen ihren allgemeinen Gesundheitszustand als gut bis ausgezeichnet ein, wobei die Einschätzung der Mundgesundheit im Vergleich zum allgemeinen Zustand etwas schlechter abschnitt. Da jedoch ADVmR zu Schmerzsymptomatiken führen können (Howaldt und

Schmelzeisen 2002, Weber 2010), muss individuell über die Einschätzung einer vorhandenen Pathologie entschieden werden. In einer Studie von Augthun et al. (1998) konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Angaben von Schmerzen in der Anamnese und einer ADVmR hergestellt werden (Augthun et al. 1998). Trotz vereinzelter Angaben von Schmerzen wäre eine kommentierende, qualitative Aussage in dieser Studie über eine Korrelation von Schmerzen und einer bestehenden ADVmR aufgrund der geringeren Probandenanzahl unzulässig.

Bei der Palpation der Kaumuskulatur und der Kiefergelenke ergaben sich unterschiedlichste Befunde. Eine Korrelation zwischen Palpationsbefund und Diskuslage konnte nicht festgestellt werden. Damit entspricht dieses Ergebnis einer Studie von Augthun et al. (1998), welche ebenfalls keinen bedeutenden Zusammenhang zwischen Diskuslage und Palpationempfindlichkeit herstellen konnten (Augthun et al. 1998). Allerdings können myofunktionelle Störungen bei der Entstehung einer anterioren Verlagerung des *Diskus* eine Rolle spielen (Stelzenmüller et al. 2004).

Bei Prüfung der Mundöffnungs- und Schliessbewegungen war bei fast allen Probanden eine Deviation zur Seite des charakteristisch „knackenden“ Kiefergelenks zu beobachten. Lediglich bei einer Probandin war eine Abweichung zur kontralateralen Seite feststellbar. Der Befund entsprach zahlreichen Studien, welche die Deviation zur betroffenen Seite des Kiefergelenks als diagnostisches Merkmal einer ADVmR ansehen (Eberhard et al. 2000, Eriksson et al. 1985, Katzberg 1989). Jedoch zeigt dieses Beispiel, dass der Befund nicht als alleiniges Merkmal genutzt werden kann und somit nur als ein Baustein in der klinischen Funktionsanalyse zu sehen sein sollte.

Zur Überprüfung von charakteristischen Kiefergelenksgeräuschen wurden in der RDC/TMD wie vorgegeben die Kiefergelenke palpiert (Dworkin und LeResche 1992). Die Diagnostik eines reziproken Kiefergelenksknackens ist äußerst wichtig und stellt in diesem Zusammenhang das wichtigste diagnostische Kriterium einer ADVmR dar (Okeson 1996, Orsini et al. 1999, Rammelsberg et al. 1997b). Bei entsprechender Untersuchung jedes einzelnen Probanden konnte mindestens in einem Kiefergelenk ein Knacken diagnostiziert werden. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass wie in der

Einleitung bereits erwähnt, andere pathologische Veränderungen im Kiefergelenk zu Knackgeräuschen führen können (Bumann und Lotzmann 2000, Prinz 1998, Remington et al. 1990). In einigen durchgeführten Studien konnte mit Hilfe eines Magnetresonanztomographen und einer entsprechenden Patientengruppe mit charakteristisch reziprokem Knacken nachgewiesen werden, dass 14,3% - 68% eines Patientenkollektivs trotz dieses wichtigen diagnostischen Kriteriums keine Diskusverlagerungen aufwiesen (Augthun et al. 1998, Müller-Leisse et al. 1997, Orsini et al. 1999). In diesem Kontext wird ersichtlich, dass ADVmR mit Kiefergelenksknacken assoziiert werden kann, allerdings dieses Phänomen nicht als Voraussetzung begriffen werden darf.

Nach Auswertung der RDC/TMD konnte bei allen sechs teilnehmenden Probanden der Verdacht einer ADVmR bestätigt werden. Trotz dieser allgemein gültigen Methode der klinischen Funktionsanalyse (Leder 2008) stellte sich bei zwei Probanden nach Auswertung der real-time MRT ein falsch positiver Befund heraus. Damit bestätigt die MRT als Instrument der Diagnosesicherung (Howaldt und Schmelzeisen 2002) seine Wichtigkeit. Die beiden Probanden ohne Diskusverlagerung wurden zwecks einer vergleichenden Untersuchung in dieser Studie belassen. Zwar soll die Validität der RDC/TMD nicht Gegenstand dieser Studie sein, da sie lediglich als Werkzeug der Probandenauswahl genutzt wurde, jedoch bestätigen Studien dieses Ergebnis (Barclay et al. 1999, Paesani et al. 1992). Auch das Vorhandensein von Kiefergelenksknacken ohne vorhandene Diskusverlagerung (Augthun et al. 1998, Müller-Leisse et al. 1997, Orsini et al. 1999) konnte so bestätigt werden.

Sicherlich ist die RDC/TMD ein anerkanntes und wissenschaftliches Mittel der Funktionsanalyse (Leder 2008), jedoch ist es in diesem Zusammenhang *lege artis*, sich für eine Diagnosesicherung mittels eines MRT auszusprechen. Aufgrund eines beträchtlichen Untersuchungsaufwands und hoher Kosten einer MRT-Aufnahme (Leder 2008) sind solche Schritte auch zukünftig einer Kosten- und Nutzenrechnung zuzuführen.

4.1.2 Diskussion der real-time-MRT

Erstmals beschrieb Lauterbur 1973 die MRT als nicht invasives bildgebendes Verfahren (Lauterbur 1973), zudem kam es seit dieser Zeit zu einer stetigen

Weiterentwicklung der MRT-Technik (Frahm et al. 1986). Seit den letzten Jahren unterliegt die MRT einer gezielten wissenschaftlichen, technischen und vor allem klinischen Weiterentwicklung in Richtung der Bewegungsdarstellung und hat sich mittlerweile zu einem herausragenden Mittel der bildgebenden Diagnostik entwickelt (Krestan et al. 2001, Zhang et al. 2011, Zhang et al. 2010). So es ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass in der allgemeinen Literatur das MRT aufgrund seiner hohen therapeutischen Aussagekraft und nicht invasiven Eigenschaften als „Goldstandard“ in der Kiefergelenksdiagnostik bezeichnet wird (Brooks et al. 1997, Buman und Lotzmann 2000, DeLaat et al. 1993, Jäger et al. 2001, Kress et al. 2004, Styles und Whyte 2002, Westesson 1993).

Bei der Anfertigung von MRT-Aufnahmen ist die Ausrichtung der Kernspins von Körpertemperatur und Magnetfeldstärke abhängig. Bei einer Temperatur von 37°, welche unserer durchschnittlichen Körpertemperatur entspricht und einer Feldstärke von ca. 0,3-0,5 Tesla werden hauptsächlich Wasserstoffkerne ausgerichtet, was wiederum die besonders gute Eignung der Weichgewebstdarstellung erklärt (Rother 2006). Damit gehört die MRT-Untersuchung zum einzigen bildgebenden Verfahren welches den *Discus articularis*, pathologische Erscheinungen der bilaminären Zone und die mit Faserknorpel bedeckten Kiefergelenkflächen noninvasiv darstellen kann. Daher ist das MRT das diagnostische Werkzeug der Wahl für die Erkennung von Diskusverlagerungen (Buman und Lotzmann 2000, Liedberg et al. 1996, Müller-Leisse et al. 1997, Tasaki und Westesson 1993).

In einigen Studien zur Diagnostik unterschiedlicher Diskuspositionen konnte mittels eines MRT eine 80- bis 100% Übereinstimmung zwischen bildgebender Befundung und Befunden aus Autopsie oder intraoperativer Darstellung verifiziert werden (Hansson et al. 1989, Harms et al. 1985, Liedberg et al. 1996, Tasaki und Westesson 1993, Watt-Smith et al. 1993, Westesson 1993, Wilk et al. 1986). Trotz dieser ausgezeichneten Datenlage zeigen die meisten dieser Studien, dass selbst eine Befundung mit Hilfe eines MRT nicht über jeden Zweifel erhaben ist.

Bereits 1987 entwickelten Burnett und et al. eine Methode zur Gewinnung von pseudodynamischen MRT-Aufnahmen des Kiefergelenks. Dabei wurde die Mundöffnung sukzessive durch einen Mundspreizer erweitert und Einzelaufnahmen

zu einer pseudodynamischen Filmsequenz zusammengelagert. Diese Cine-MRT ist als Weiterentwicklung der einzelnen statischen MRT-Aufnahmen bei geschlossenem und geöffnetem Mund zu verstehen. Bereits zu diesem Zeitpunkt postulierten Burnett et al. den diagnostischen Mehrwert einer dynamischen Betrachtung bei Kiefergelenkserkrankungen (Burnett et al. 1987). Auch in einer Studie von Eberhard et al. aus dem Jahre 2000 machen die Verfasser darauf aufmerksam, dass pseudodynamische MRT-Aufnahmen das Verständnis für die komplexen Kiefergelenksbewegungen erweitert (Eberhard et al 2000). In einer weiteren Studie von Beer et al. (2004) kamen die Untersucher zu dem Ergebnis, dass zwar statische MRT-Aufnahmen den pseudodynamischen MRT-Aufnahmen bei der Beurteilung von Disko-Laminären-Komplexen überlegen waren, jedoch wurde die Genauigkeit der dynamischen Bildgebung mit der Axiographie gleichgesetzt und daher die Cine-MRT als sinnvolle Ergänzung der konventionellen statischen MRT postuliert (Beer et al. 2004). Auch Behr et al. (1996a) begrüßten bereits eine dynamische Betrachtung der Kiefergelenksfunktion bei der Diagnostik von CMD, wie es z.B. durch die bereits genannte Axiographie möglich ist, um den Mechanismus einer internen Störung besser zu verstehen. Allerdings stellten sie den diagnostischen Mehrwert der Cine-MRT gegenüber der statischen MRT in Frage und kamen zu dem Schluss, dass eine pseudodynamische Betrachtung bei Diskusverlagerungen in den meisten Fällen keinen Vorteil mit sich bringt. So seien konventionell statische Aufnahmen bei maximaler IKP und maximaler Mundöffnung ausreichend um die Verlagerung eines *Diskus* zu beurteilen. Nur in drei von einundzwanzig Fällen sei eine dynamische Betrachtung hilfreich gewesen. Zudem wurde die bessere Auflösung und ein besserer Kontrast der statischen MRT-Aufnahmen hervorgehoben, welche zu einer überlegenden diagnostischen Aussagekraft bei Gelenkergüssen und Diskusdeformationen führte (Behr et al. 1996a). Allerdings werden die pseudodynamischen Aufnahmen größtenteils bei einer passiven Mundöffnung mit Bißkeil gefertigt, so dass es sich hierbei nicht um eine aktive (d.h. muskelgeführte) Mundöffnung handelt.

Trotz teils widersprüchlicher Auffassungen über den klinischen Mehrwert von pseudodynamischen MRT-Aufnahmen ist jedoch ersichtlich, dass allgemein eine dynamische Betrachtung des Kiefergelenks bei Diagnostiken einer CMD erwünscht ist (Kober et al. 2011). Zwar sind statische Aufnahmen aufgrund ihrer hohen Bildqualität bis dato eine sehr gute Möglichkeit der bildgebenden Befundung,

allerdings können sie der Forderung einer dynamischen Analyse der Kiefergelenksfunktion nicht entsprechen. Statische Aufnahmen haben sich zwar in der Kiefergelenksdiagnostik etabliert, jedoch zeigen erste neue Studien, dass sie dynamischen Aufnahmen in Echtzeit unterlegen sind. So wurde in einer Studie von Kober et al. (2011) ein Visualisierungsverfahren angewendet, welches durch farbige Darstellung wichtiger anatomischer Strukturen des *Diskus*, die dynamische Bewegung in Echtzeit besser darstellen ließ. Durch dieses Visualisierungsverfahren konnte so ein deutlicher Mehrwert für den behandelnden Arzt erreicht werden. Ebenso konnte auch bei einer älteren Patientin der Fall nachgewiesen werden, dass sich nach vorhergegangener Diagnose einer ADVoR auf Basis einer statischen MRT-Aufnahme, als falsch erwies. Erst durch den Einsatz der real-time-MRT konnte eine Reposition kurz vor und kurz nach einer maximalen Mundöffnung verifiziert werden. Eine vergleichende wissenschaftliche Veröffentlichung zwischen der Cine-MRT und der real-time-MRT existieren zum gegenwärtigen Zeitpunkt jedoch bisher nicht (Kober et al. 2011).

Die vorliegende Studie macht sich die Weiterentwicklung der statischen und pseudodynamischen MRT-Aufnahmen im Sinne der real-time-MRT (Zhang et al. 2011, Zhang et al. 2010) zunutze. Durch diese Technik ist es möglich Kieferöffnungs- und Kieferschlussbewegungen in Echtzeit und ohne Verwendung von Hilfsmitteln wie z.B. einen Bißkeil durchzuführen. Damit entsprechen die real-time-MRT-Aufnahmen den tatsächlichen individuellen Bewegungsmustern eines Patienten (Zhang et al. 2011).

Bei der Bestimmung der Diskusposition und eines Repositionserfolges in dieser Studie, stellte sich die Frage nach geeigneten und in der Literatur allgemein empfohlenen Kriterien der Beurteilung. So wurden Referenzen der Methodiken von Drace und Enzmann (1990) sowie aus einer Studie von Orsini et al. (1998) verwendet und der Studie entsprechend erweitert.

Nach Drace und Enzmann (1990) gilt der *Discus articularis* nach anterior verlagert, sofern sich die posteriore Begrenzung der Gelenkscheibe mindestens 10 Grad vor einer konstruierten 12Uhr-Position befindet. Diese 12Uhr-Position verläuft durch den Mittelpunkt des *Kondylus* und liegt senkrecht zur Frankfurter Horizontalen (Drace und Enzmann 1990). Allerdings müssen in diesem

Zusammenhang die Schwachpunkte dieser Methode Erwähnung finden. Gerade die Bestimmung einer 12Uhr-Position gestaltet sich als außerordentlich schwierig, da die Form der *Kondylen* eine ausgesprochen große anatomische Varianz aufweist. Dadurch ist bedingt, dass eine subjektiv festgelegte Positionierung des Kondylenmittelpunktes, eine exakte und objektive geometrische Reproduktion unmöglich macht (Rammelsberg et al. 1997b). Da in anderen Studien größere Abweichungen der Diskusposition festgestellt wurden (Rammelsberg et al. 1997b), versuchten Orsini et al. (1998) durch Festlegung einer „Intermediat-Zone“ eine genaue Differenzierung von pathologischen und funktionsgesunden Zuständen herzustellen (Orsini et al. 1998). So wurde die intermediäre Zone des *Discus articularis* im Verhältnis zum *Tuberculum articulare* und dem *Kondylus* betrachtet.

An beiden Methoden wurde im Verlauf dieser Studie festgehalten, um einen anerkannten Referenzbereich der Diagnosesicherung gewährleisten zu können. Es ist aber im Rahmen dieser Studie über den Nutzen solch starrer Referenzpunkte bei dynamischen MRT-Aufnahmen zu diskutieren.

Alleine durch die Dynamik der MRT-Aufnahmen konnte eine Reposition der Gelenkscheibe sicher diagnostiziert oder ausgeschlossen werden. Eine Repositionskontrolle, wie es durch die Studie von Orsini et al. (1998) ermöglicht wird, also in diesem Fall die Begutachtung der „Intermediat-Zone“ bei maximaler Mundöffnung, war nur von untergeordnetem Nutzen. Auch die Bestimmung des posterioren Diskuspols nach Drace und Enzmann (1990) gestaltete sich in dieser Studie als schwierig. Durch degenerative Veränderungen der Gelenkscheibe bei zwei Patienten konnte der entsprechende Referenzpunkt nur geschätzt werden. Trotz der allgemeinen Gültigkeit scheint es nicht weiter verwunderlich, dass Rammelsberg et al. bereits 1997 eine Überarbeitung dieser Methode forderten (Rammelsberg et al. 1997b).

Aufgrund geringer Datenlage und der neuen bildgebenden Diagnostik im Sinne der real-time-MRT, scheinen weitere Studien in Bezug auf Bewertungskriterien einer Diskusverlagerung sinnvoll.

Durch die Überlagerung mehrerer MRT-Sequenzen eines Patienten und einer exakten Skalierung der Bewegungspfade jedes einzelnen *Kondylus* war es möglich, verschiedene Bewegungsintervalle vergleichend in einem Graphen darzustellen. Damit ist gemeint, dass verschiedene sagittale Bewegungsmuster bei Mundöffnungs-

und Schliessbewegungen, eines identischen *Kondylus* mit und ohne dentalen Aufbissbehelf, gegeneinander aufgetragen wurden.

Genau wie in der Studie von Kober et al. (2011) war es auch hier erforderlich, Schädelbewegungen digital auszugleichen bzw. zu stabilisieren. Die durch Mundbewegungen ausgelösten Minimalbewegungen des Kopfes hätten die Auswertungen der Bewegungsbahnen des *Kondylus* verfälscht.

Der Forderung nach intraoraler Eingliederung eines therapeutischen Aufbissbehelfs während einer bildgebenden Diagnostik (Jäger et al. 2001) wurde durch diese Methode Rechnung getragen. So war es zum ersten Mal möglich, verschiedene Schienentherapieansätze mit Hilfe eines MRT in Echtzeit zu vergleichen. Eine solche individuelle Reproduktion des realen sagittalen Kondylenverlaufs wäre mit Hilfe von statischen MRT-Aufnahmen oder Cine-MRT schlichtweg unmöglich gewesen. Aufgrund der meist gröberen Auflösung von dynamischen Aufnahmen (Beer et al. 2004, Behr et al. 1996a, Kober et al. 2011) musste die Erstellung der geometrischen Pfade manuell erfolgen. Ein automatisiertes Tracing der Kiefergelenksbewegungen stellte sich als unzureichend genau heraus. Zwar muss daher eine gewisse Fehlertoleranz durch den Untersucher eingeräumt werden, jedoch konnte diese durch wiederholte Verlaufsprüfungen auf ein Minimum reduziert werden.

Allerdings muss an dieser Stelle dieses Verfahren wiederholt kritisch beleuchtet werden. Bei der Messung einer maximalen vertikalen Distanz in der klinischen Funktionsanalyse, muss der Patient die Mundöffnung aus Validitätsgründen mehrfach ausführen. Nach Stelzenmüller et al. (2004) haben Studien gezeigt, dass erhobene Messwerte zwischen der ersten und einer zweiten Öffnung Unterschiede zwischen 10%-20% ergeben können (Stelzenmüller et al. 2004). Dieser Punkt konnte bei der Aufzeichnung der Bewegung im MRT nicht berücksichtigt werden. Unter Berücksichtigung der anatomischen Physiologie der Kiefergelenksbewegung, ist dieser Punkt zu bedenken und daher eine Beurteilung des terminalen Bewegungsspektrums nur bedingt möglich. Dieser Umstand hat jedoch keinen erheblichen Einfluss auf den gesamten registrierten Kondylenverlauf. Daher bewährte sich das digitale Tracing als nützliche Weiterentwicklung der instrumentellen Funktionsdiagnostik, in Anlehnung an die real-time-MRT. Geht man davon aus, dass herkömmliche dynamische MRT-Aufnahmen die Genauigkeit einer Axiographie besitzen (Beer et al. 2004), so können verwendete MRT-Aufnahmen in Echtzeit einen deutlichen Mehrnutzen in der instrumentellen Funktionsanalyse

darstellen. Trotzdem muss das in dieser Studie entwickelte Tracing sich zukünftig einem direkten Vergleich zu anderen instrumentellen Funktionsdiagnostiken stellen, wie z.B. der Axiographie. Erfahrungsgemäß ist die manuelle Erstellung von geometrischen Pfaden bisweilen sehr aufwändig und daher für die klinische Praxis in dieser Form eher unpraktikabel, jedoch zeigt diese Methode neue Möglichkeiten der Funktionsanalyse auf. Auch das Bestreben nach einer genaueren Verifizierung des Zeitpunktes einer Diskusreposition (Klett 1986) wäre möglicherweise durch Modifikationen solcher Methoden in weiteren Studien möglich, um diese Erkenntnisse wiederum in ein therapeutisches Gesamtkonzept zu integrieren.

4.2 Diskussion der Probandenfälle

4.2.1 Diskussion Proband/in I

Während der Untersuchung beider Kiefergelenke (ohne Schiene) in habitueller Interkuspitation, konnte beidseits ein stark nach anterior verlagertes *Discus articularis* diagnostiziert werden. Nach Betrachtung der real-time-MRT ergab sich bilateral eine typische Reposition der Gelenkscheibe im Sinne einer ADVmR, wie sie allgemein in der Literatur beschrieben wird (Ash et al. 2006, Dworkin und LeResche 1992, Howaldt und Schmelzeisen 2002, Leder 2008, Rother 2006, Stelzenmüller et al. 2004, Weber 2010). Allerdings ergaben sich auch Unterschiede bezüglich des Zeitpunktes. So kam es im rechten Kiefergelenk zu einer früher eintretenden Reposition der Gelenkscheibe. Diese Feststellung deckte sich mit den Angaben der zuvor erhobenen RDC/TMD, bei der rechtsseitig ein Öffnungsknacken bei 32mm und linksseitig bei 42mm verifiziert wurde. Durch eine Kombination der RDC/TMD und real-time-MRT konnte so der genaue Zeitpunkt beider Repositionen bestimmt werden. In diesem Fall wurde dem Bestreben nach Feststellung eines Repositionszeitpunktes (Klett 1986) Rechnung getragen. Eine solche Aussage auf alleiniger Grundlage der RDC/TMD wäre indes nicht zulässig gewesen, wenn man bedenkt, dass ein charakteristisches Kiefergelenkknacken auch ohne eine Diskusverlagerung vorliegen kann (Augthun et al. 1998, Müller-Leisse et al. 1997, Orsini et al. 1999). Auch eine Schlussfolgerung aus einem Vergleich zwischen RDC/TMD und statischer oder pseudodynamischer MRT-Aufnahme ist in diesem

Zusammenhang nicht bzw. nur eingeschränkt möglich, da solche Aufnahmen nicht den tatsächlichen Unterkieferbewegungen in Echtzeit entsprechen.

Bei der Diskussion des folgenden Probandenfalls wird besonderes Augenmerk auf das linke Kiefergelenk gerichtet. Linksseitig war neben einer auffälligen anatomischen Knochenveränderung im Sinne eines Osteophyten auch ein stark aufgetriebener und degenerativ veränderter *Discus articularis* zu erkennen. Es ist anzumerken, dass Diskusverlagerungen Deformationen der Gelenkscheiben fördern und oft mit Hyperplasien des hinteren Bandes vergesellschaftet sind (Ash et al. 2006). Über den Einfluss des Knochendornes auf die vorliegenden degenerativen Veränderungen kann hier nur spekuliert werden, jedoch erscheint es logisch, dass solch eine zusätzliche unphysiologische Belastung einen pathologischen Prozess zumindest fördert. Die exakte Bestimmung einer posterioren Begrenzung der Gelenkscheibe nach Drace und Enzmann (1990) war aufgrund der Veränderung nicht möglich. Trotz dieser Tatsache konnte eine klare anteriore Verlagerung diagnostiziert werden. Auch bei der Charakteristik der linksseitigen Diskusreposition ergaben sich Besonderheiten. So kam es nach erfolgter Reposition zu einer deutlich sprunghaften posterioren Verlagerung der Gelenkscheibe zum Zeitpunkt der maximalen Mundöffnung. Nach Auswertung des vergleichenden sagittalen Kondylusverlaufs, mit Hilfe des digitalen Tracings, konnte dieser Befund begründet werden. So kam es kurz vor Erreichen der maximalen Mundöffnung zu einer deutlichen Annäherung des *Kondylus* an das *Tuberculum articulare*. Durch die degenerativ bedingt voluminöse Gestalt des *Diskus*, kam es aufgrund eines Platzmangels zu einer Stauchung des *Discus articularis* und einer posterioren Verdrängung des Weichgewebes. Eine solche Deformation des *Diskus* konnte rechtsseitig nicht festgestellt werden. Allerdings ergab das digitale Tracing ohne Schiene eine ähnliche Annäherung des *Kondylus* an das *Tuberculum articulare* bei maximaler Mundöffnung, wobei eine posteriore Verlagerung des *Discus articularis* durch die real-time-MRT ausgeschlossen werden konnte. Dies ist durch eine grazilere Form der rechtsseitigen Gelenkscheibe und einer damit verbundenen geringeren Kompression im Gelenk zu erklären.

Nach intraoraler Eingliederung aller drei Schientypen konnte bilateral eine zu differenzierende individuelle Charakteristik festgestellt werden. Das digitale Tracing

ermittelte beidseits unterschiedliche Kondylenbahnverläufe. Im linken Gelenk stellte die Gelb-Schiene den flachsten und die OK-Schiene den ausgeprägtesten Verlauf dar. Der Abstand zwischen Gelenkkopf und Gelenkbahnverlauf gestaltete sich bei der bimaxillären Kalottenschiene am gleichmäßigsten. Im rechten Gelenk verlief das Bewegungsmuster der Gelb-Schiene am ausgeprägtesten. Es liegt in diesem Zusammenhang der Verdacht nahe, dass verschiedene Schientypen unterschiedliche Belastungszustände auf den *Diskus* ausübten und sich daher solch individuelle Bewegungsmuster ergeben können. Bedenkt man die Führungsfunktion des *Discus articularis* bei Unterkieferbewegungen (Ash et al. 2006, Leder 2008, Stelzenmüller et al. 2004), liegt dieser Sachverhalt nahe. In Studien wurde zumindest bewiesen, dass Diskusverlagerungen zu einer bis zu 69% höheren Belastung der Kiefergelenke führen (Iwasaki et al. 2009). Damit scheint die Lage des *Kondylus* zum *Diskus* ein entscheidender Faktor zu sein.

Fragwürdig ist auch, ob durch das Ausmaß der Destruktion des linken *Diskus*, trotz erfolgreicher Reposition, sich überhaupt noch eine physiologische Beziehung zwischen *Kondylus* und Gelenkscheibe herstellen lässt. Durch die anatomische Form und seinen Konstruktionsmerkmalen kann der *Discus articularis* normalerweise ideal auf eine Krafteinwirkung reagieren (Ash et al. 2006), solch eine Physiognomie wäre in diesem Fall zerstört. Zudem scheint bei solch einer Deformation des *Diskus*, die therapeutische Wirkweise verschiedener Schientypen ohne bildgebende Verlaufskontrolle nicht abschätzbar zu sein. Auch die unterschiedlichen rechtsseitigen Kondylenbahnverläufe könnten durch die anatomische Beschaffenheit des Unterkiefers erklärbar sein. Da beide Gelenke durch eine Knochenspanne mit einander verbunden sind (Fanghänel et al. 2003), ist eine linksseitige Beeinflussung auf das rechte Kiefergelenk denkbar. Diese Sachverhalte sind allerdings nur Annahmen und müssen in weiteren Studien genauer untersucht werden, da eine qualitative Verifizierung im Rahmen dieser Studie nicht möglich war.

Eine Annäherung des *Kondylus* an das *Tuberculum articulare* bei maximaler Mundöffnung, wurde durch alle drei dentalen Aufbissbehelfe verhindert. Die klassischen Repositionsschienen erzielen diesen Effekt, indem sie durch die Reposition, den *Diskus* und den *Kondylus* während der gesamten Mundöffnungs- und Schließbewegung in eine therapeutische Beziehung bringen (Ash et al. 2006, Gelb und Gelb 1991, Stelzenmüller et al. 2004) und so einen stabileren Komplex bei maximaler Mundöffnung erreichen. Die Reposition des *Diskus* konnte bei der

bilateralen Untersuchung der Kiefergelenke für alle drei Schientypen festgestellt werden.

Allerdings erfolgte in einem Fall durch die OK-Schiene linksseitig nur eine deutliche dorsale Annäherung der Gelenkscheibe an den *Kondylus*, ohne eine vollständige Reposition zu bewirken. Dadurch erklärt sich der eingeschränktere sagittale Bewegungsumfang im Vergleich zu den anderen beiden Schienen. Dieser Befund bestätigt die Aussage von Ash et al. (2006), dass eine stärkere degenerative Veränderung mit einer erschwerten Reposition des *Diskus* einhergeht (Ash et al. 2006).

(Verschiedene real-time-MRT-Sequenzen des Probanden I wurden zwecks Anschauung der Video-CD beigelegt.)

4.2.2 Diskussion Proband/in II

Durch die Auswertung der real-time-MRT Sequenzen bei maximaler Interkuspitation konnte im linken Kiefergelenk eine antero-laterale Diskusverlagerung und eine unphysiologische erhabene Knochenstruktur lateral des *Tuberculum articulare* diagnostiziert werden. Neben der klassischen ADVmR gibt es verschiedene Formen der Verlagerung (Ash et al. 2006) und zeigt deren Vielfalt auf. Auch hier konnte wie in der Literatur beschrieben (Ash et al. 2006, Dworkin und LeResche 1992, Howaldt und Schmelzeisen 2002, Leder 2008, Rother 2006, Stelzenmüller et al. 2004, Weber 2010) eine Reposition der Gelenkscheibe festgestellt werden. Allerdings ergab sich bei der linksseitigen Reposition (ohne Schiene) eine Besonderheit. Initial der Mundöffnungsbewegung schien der *Diskus articularis* an der erhabenen Knochenstruktur des *Tuberculum articulare* „hängen zu bleiben“. Erst bei Erreichen der *Eminentia* des *Tuberculum*s kam es zu einer Mitnahme des *Diskus*. Dabei entsprach dieser Punkt etwa der durch die RDC/TMD erhobenen Wert des Kiefergelenksknackens bei 49mm. So ist in diesem speziellen Fall die Reposition als fortlaufender Prozess zu verstehen. Durch die real-time-MRT konnte gezeigt werden, dass die Reposition bereits vor dem durch die RDC/TMD erfassten Zeitpunkt erfolgte. Eine genaue Beurteilung der Pathologie allein durch die klinische Funktionsanalyse und die konservativen MRT-Aufnahmen wäre unzureichend gewesen. So sei noch einmal erwähnt, dass dynamische Betrachtungen helfen den komplexen Zusammenhang von Kiefergelenksbewegungen zu verstehen (Eberhard et al. 2000) und dieser Sachverhalt speziell in diesem Fall dienlich war. Nach

Eingliederung aller drei Schienen konnte eine Reposition, ein störungsfreies Gleiten des *Kondylus* auf der Gelenkscheibe, sowie eine linksseitige leichte sagittale Erweiterung des Bewegungsumfanges beobachtet werden. Die Erweiterung des Bewegungsumfanges wird wahrscheinlich, durch eine verbesserte Situation des Diskus-Kondylus-Komplexes hervorgerufen. Dieser Befund deckt sich mit der Auswertung des digitalen Tracings, bei dem sich beidseitig ansonsten keine großen charakteristischen Abweichungen im Bezug zur natürlichen Bewegung feststellen ließen. Es ist jedoch zu diskutieren, dass sich Unterschiede im Distraktionsverhalten des sagittalen Verlaufs zeigten. Diese ist wahrscheinlich hauptsächlich dem distraktiven Effekt unterschiedlicher Aufbauten der einzelnen Schienen zuzusprechen. Literatur, bei dem dieser Punkt aus therapeutischer und zahntechnischer Sicht vergleichend berücksichtigt wurde, lies sich nicht finden. Auch hier kann ein evtl. Einfluss auf den *Diskus* nicht ausgeschlossen werden.

4.2.3 Diskussion Proband/in III

Nach der Auswertung beider Kiefergelenke in der real-time-MRT, konnten auf beiden Seiten auffällig steile *Tuberculi articularis* und in beiden Gelenken eine ADVmR diagnostiziert werden. Die *Diski* erschienen degenerativ verändert. Die Angaben des Zeitpunktes von palpatorisch festgestellten Gelenkgeräuschen aus der RDC/TMD entsprachen der real-time-MRT. Nach intraoraler Eingliederung aller drei Schienen konnte eine Reposition festgestellt werden. Zwar wurde in der terminalen Phase des Mundschlusses eine erneute Verlagerung des *Diskus* durch die dentalen Aufbissbehelfe verhindert und eine störungsfreie Gleitbewegung gewährleistet, jedoch schien eine physiologische Beziehung des Diskus-Kondylus-Komplexes in maximaler Interkuspitation fragwürdig. Ebenso kam es bei der maximalen Mundöffnung zu einer leichten posterioren Verlagerung der Gelenkscheibe. Der intermediäre Anteil des *Diskus* befand sich nach der von Orsini et al. (1998) festgelegten Referenzlinie deutlich weiter dorsal. Normalerweise sitzt der *Diskus* durch seine bikonkave Form stabil auf dem *Kondylus* (Stelzenmüller et al. 2004), dieses konnte nach Betrachtung des Bildmaterials in diesem Fall nicht bestätigt werden. Die Schwierigkeit einer Reposition bei fortgeschrittener Destruktion des Weichgewebes (Ash et al. 2006) scheint auch ursächlich zu sein. Es muss hinterfragt werden, ob eine wirkliche physiologische Reposition bei stark destruktiven *Diski* überhaupt möglich ist. Allerdings wurde durch die Betrachtung der real-time-MRT

festgestellt, dass durch alle Schienen der *Diskus* in die Unterkieferbewegung integriert werden konnte und dieses nachweislich zu einer Verbesserung der Funktion führte.

Bei der Auswertung des digitalen Tracings stellte sich ein interessanter Sachverhalt dar. So konnte im steileren rechten Kiefergelenk nach Einsatz beider Repositionsschienen und der bimaxillären Kalottenschiene, eine Erweiterung des sagittalen Bewegungsumfanges erreicht werden, wobei es im linken Gelenk zu einer deutlichen Einschränkung kam. Vergleicht man nun die Aufzeichnungen beider Kiefergelenke, so ist ersichtlich, dass sich der horizontale Bewegungsumfang auf der x-Achse in beiden Fällen bei ca. 20mm befand. Selbst nach wiederholter Prüfung der linken Kiefergelenksbewegung konnte kein störender Mechanismus verifiziert werden. Diese belegen auch die harmonischen Bewegungspfade des *Kondylus*. Daher wird der bereits erwähnte Verdacht erhärtet, dass eine therapeutische Interaktion auf ein Kiefergelenk auch immer Auswirkungen auf die kontralaterale Seite hat. In welchem Umfang dieses geschieht und welche Einflussfaktoren eine Rolle spielen, konnte in dieser Studie qualitativ nicht sicher beurteilt werden.

4.2.4 Diskussion Proband/in IV

In maximaler Interkuspidation und nach Auswertung der real-time-MRT war eine leichte ADVmR mit lateraler Verlagerung im rechten Kiefergelenk diagnostizierbar. Zwar konnte eine Reposition im Verlauf der Unterkieferbewegung bestätigt werden, jedoch war eine genaue Reproduktion des Repositionszeitpunktes nicht sicher möglich. In diesem Zusammenhang zeigten sich auch die Grenzen der real-time-MRT. So war in diesem Fall die Auflösung der Bildgebung zum Zeitpunkt der Diskusreposition zu schwach. Nach Eingliederung aller Schienen konnte eine Reposition des *Diskus articularis* nachgewiesen werden. Durch das digitale Tracing ergaben sich im rechten Kiefergelenk flachere sagittale Bahnen des *Kondylus*. Es scheint so, als würde nicht nur die initiale Kiefergelenksstellung, sondern auch der anatomische Verlauf des *Tuberculum articularis* Einfluss auf eine Belastung des *Diskus* haben. Initial erscheint der interkondyläre Abstand zur Gelenkbahn bei protrusiver Stellung verkleinert und mündet in den letzten 2/3 der Bewegung in den Verlauf ohne dentalen Aufbissbehelf. So hatte die therapeutische Reposition scheinbar Einfluss auf den Belastungszustand des *Diskus* und daher direkte

Auswirkungen auf den Verlauf der Kondylenbewegung. Eine Veränderung im kontralateralen Bereich konnte allerdings nicht ermittelt werden.

4.2.5 Diskussion Proband/in V und VI

Trotz positiver RDC/TMD konnten bei beiden Probandinnen keine Diskusverlagerung diagnostiziert werden. Auch das digitale Tracing ergab im Vergleich keine Auffälligkeiten. Es kann daher berechtigter Weise angenommen werden, dass Repositionsschienen bei fehlender ADVmR keinen besonderen Effekt auf die Unterkieferbewegungen ausüben. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache, scheinen therapeutische Wirkweisen von Repositionsschienen in Bezug auf Veränderungen der sagittalen Kondylenbahnverläufe, nur bei Vorliegen einer wirklichen DV zu greifen. Damit sind dentale Schienen welche eine Reposition des *Diskus* bewirken, sensibel für die pathologischen Veränderungen im Kiefergelenk im Sinne einer ADVmR.

4.3 Abschließende Diskussion

Dies ist die erste Untersuchung, die mit Hilfe einer real-time-MRT zeigen konnte, dass sehr individuelle Probleme einer ADVmR im Kiefergelenk vorliegen können. Aufgrund unterschiedlicher Forschungsansätze und intensiver Betrachtung der einzelnen Fälle, wurde vorerst auf eine geringere Probandenanzahl zurückgegriffen. So beschreibt eine ADVmR in der Literatur ein und denselben Mechanismus (Ash et al. 2006, Howaldt und Schmelzeisen 2002, Leder 2008, Rother 2006, Stelzenmüller et al. 2004, Weber 2010), jedoch ist unter Beachtung realer Kiefergelenksbewegungen dieser individuell weiter zu differenzieren.

Des Weiteren kann durch diese Studie die Empfehlung einer therapeutischen Verlaufskontrolle im Sinne der real-time-MRT bei schwerwiegenden Fällen ausgesprochen werden.

Studien konnten zeigen, dass gerade MRT-Befunde einen erheblichen Einfluss auf Therapieentscheidungen haben (Vahlensieck et al. 2002). Damit beweist die real-time-MRT seinen klinischen Mehrwert bezüglich der Beurteilung einer ADVmR und bestätigt die Aussage von Zhang et al. (2011), dass der genaue Zeitpunkt der Diskusreposition durch diesen technischen Fortschritt verifiziert werden kann (Zhang

et al. 2011). Ebenso konnte eine Korrelation zwischen dem Ausmaß einer DV und einer Formveränderung des *Diskus* (Lemke et al. 2005) nach Auswertungen der Bildmaterialien bestätigt werden.

Durch die rein muskulär geführten bimaxillären Kalottenschienen nach Engelke (2009) konnte bei jedem Probanden mit vorliegender ADVmR eine Reposition bewirkt werden. Dabei widerspricht sie den Konstruktionsprinzipien der klassischen Repositionsschienen grundlegend. Das Funktionsprinzip einer Repositionsschiene liegt in der protrusiven Verschlüsselung des Bisses und dem Wiedereinfangen des *Diskus* (Ash et al. 2006, Gelb und Gelb 1991). Trotz des protrusiven Charakters einer Kalottenschiene, kommt es durch die Entkoppelung der Zahnreihen zu keinem Zeitpunkt der Bewegung zu einer erzwungenen Verschlüsselung (Engelke 2009). Daher wird die Bewegung des Unterkiefers vornehmlich durch den Träger gesteuert und eine retralere Positionierung des *Kondylus* ist denkbar. Diese Situation konnte in zwei Kiefergelenken belegt werden (Idf.-Nr. 6815, Idf.-Nr. 6821). Repositionsschienen können zu einer deutlichen Remission der Beschwerden führen (Williamson 2005), jedoch kommt es durch eine Okklusion im Frontzahnbereich häufig zu einem seitlich offenem Biss und stellt den Zahnarzt vor schwerwiegende kieferorthopädische Probleme (Brenkert 2010). Durch den gezielten Einsatz eines Kalottensystems könnte evtl. der Effekt einer Nonokklusion vermindert werden. Mit Ausnahme der Repositionsschienen dienen alle Aufbissbehelfe einer Entspannung der Muskulatur und dem Wohlbefinden des Patienten bei erreichter Unterkieferposition (Stelzenmüller et al. 2004). Nach den Konstruktionsprinzipien der bimaxillären Kalottenschiene (Engelke 2009) sind diese Punkte trotz Reposition erfüllt. Bedenkt man die Okklusion und myofunktionelle Störungen als möglichen ätiologischen Faktor (Stelzenmüller et al. 2004), so könnte gerade hier das breite therapeutische Spektrum der Kalottenschiene greifen. Zwar kann aufgrund der ersten Datenlage keine generelle Therapieempfehlung abgegeben werden, jedoch zeigt diese Studie erste valide Ergebnisse zum Einsatz einer bimaxillären Kalottenschiene bei der Therapie einer ADVmR.

5. Zusammenfassung

Die CMD ist ein weitverbreitetes Krankheitsbild in der Gesellschaft und bedarf aufgrund ihrer Komplexität individueller sowie effektiver Therapieformen. So ist es auch nicht weiter verwunderlich, dass durch stetig neue technische Erkenntnisse auch zukünftig zielgerichtete Studien das therapeutische Spektrum erweitern müssen.

Daher beschäftigte sich die vorliegende Studie mit der Frage, ob behandlungsbedürftige Patienten mit ADVmR durch die Hilfe eines neuartigen multifunktionellen Schienentherapiekonzeptes zu therapieren sind und inwieweit die Befundung von realen Unterkieferbewegungen in die Bewertung zu integrieren ist.

So konnte nach zahntechnischer Herstellung dreier verschiedener dentaler Aufbisschienen eine vergleichende Untersuchung mit Hilfe der real-time-MRT und überlagerten dynamischen Sequenzen durchgeführt werden. Diese Studie konnte durch ihre Ergebnisse die Wirkweise einer bimaxillären Kalottenschiene bei ADVmR belegen und bestätigte den klinischen Mehrwert einer Verwendung von MRT-Sequenzen in Echtzeit.

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse einer bimaxillären Kalottenschiene sind fortlaufende Studien nötig, um die Wirkweise dieser Schiene weiter zu untersuchen und eine generelle Therapieempfehlung aussprechen zu können. Obwohl die herausgearbeiteten Vorteile einer real-time-MRT ersichtlich waren, ist abzuwarten, ob sie sich auch in der täglichen instrumentellen Funktionsanalyse bewähren kann.

Durch das breite therapeutische Spektrum der bimaxillären Kalottenschiene und die Verwendung einer real-time-MRT könnten sich neue Möglichkeiten bei einer Behandlung von ADVmR ergeben.

6. Literaturverzeichnis

Ahlers MO, Freesmeyer W, Fussnegger M, Götz G, Jakstat HA, Koeck B, Neff A, Ottl P, Reiber T (2005a): Zur Therapie der funktionellen Erkrankungen des kranio-mandibulären Systems. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. URL:http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Zur_Therapie_der_funktionellen_Erkrankungen_des_kranio-mandibulaeren_Systems_2005.pdf

Ahlers MO, Freesmeyer WB, Göz G, Jakstat HA, Koeck B, Meyer G, Ottl P, Reiber TH, Seeker WD (2005b): Instrumentelle, bildgebende und konsiliarische Verfahren zur CMD Diagnostik. Wissenschaftliche Stellungnahme DGZMK und DGFDT. URL:http://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/20100817_InstrumentellBildgebendeKonsiliarischeVerfahren.pdf

Al-Saleh MA, Armijo-Olivo S, Floress-Mir C, Thie NM (2012): Electromyography in diagnosing temporomandibular disorders. J Am Dent Assoc 143(4), 351-362

Ash MM, Bernhardt O, Meyer G: Schienentherapie. Evidenzbasierte Diagnostik und Behandlung bei TMD und CMD. 3.Auflage, Elsevier Verlag, München 2006

Augthun M, Müller-Leisse C, Bauer W, Roth A, Spiekermann H (1998): Anterior disk displacement of the temporomandibular joint. Significance of clinical signs and symptoms in the diagnosis. J Orofac Orthop 59(1), 39-46

Barclay P, Hollender LG, Maravilla KR, Truelove EL (1999): Comparison of clinical and magnetic resonance imaging diagnosis in patients with disk displacement in the temporomandibular joint. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 88(1), 37-43

Beer A, Kolk A, Neff A, Hof N, Treumann T, Rummery EJ (2004): Cine MRI of the temporomandibular joint in comparison to static MRI and axiography. Rofo 176(4), 506-512

Behr M, Held P, Leibrock A, Fellner C, Handel G (1996a): Diagnostic potential of pseudo-dynamic MRI (CINE mode) for evaluation of internal derangement of the TMJ. *Eur J Radiol* 23(3), 212-215

Behr M, Schmidt H, Leibrock A, Held P, Fellner C, Handel G (1996b): Vergleich von klinischer Schmerzsymptomatik des Kiefergelenks und MRT-Diagnostik. *Dtsch Zahnärztl Z* 51, 416-419

Brenkert DR (2010): Orthodontic treatment for the TMJ patient following splint therapy to stabilize a displaced disk(s): a systemized approach. Part II. *Cranio* 28(4), 260-265

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

Bumann A, Lotzmann U: Farbatlanten der Zahnmedizin Bd.12, Funktionsdiagnostik und Therapieprinzipien. (Hrsg.): Rateitschak KH, Wolf HF, Thieme Verlag, Stuttgart 2000

Burnett KR, Davis CL, Read J (1987): Dynamic display of the temporomandibular joint meniscus by using „fast scan“ MRI imaging. *AJR Am J Roentgenol* 149(5), 959-962

Carlson GE, Magnusson T: Behandlung Temporomandibulärer Funktionsstörungen in der Praxis. 1.Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin 1999

Christiansen EL, Thompson JR, Hasso AN, Hinshaw DB Jr. (1986): Correlative thin section temporomandibular joint anatomy and computed tomography. *Radiographics* 6(4), 703-723

DeBoever JA, Carlsson GE, Klineberg IJ (2000): Need for occlusal therapy and prosthodontic treatment in the management of temporomandibular disorders. Part II: Tooth loss and prosthodontic treatment. *J Oral Rehabil* 27(8), 647-659

DeLaat A, Horvath M, Bossuyt M, Fossion E, Baert AL (1993): Myogenous or arthrogenous limitation of mouth opening: correlations between clinical findings, MRI, and clinical outcome. *J Orofac Pain* 7(20), 150-155

DeLeeuw R, Boering G, Stegenga B, deBont LG (1994): Clinical signs of TMJ osteoarthritis and internal derangement 30 years after nonsurgical treatment. *J Orofac Pain* 8(1), 18-24

DeLeeuw R, Boering G, Stegenga B, deBont LG (1995): Symptoms of temporomandibular joint osteoarthritis and internal derangement 30 years after non surgical treatment. *Cranio* 13(2), 81-88

DeLeeuw R, Boering G, van der Kuijl B, Stegenga B (1996): Hard and soft tissue imaging of the temporomandibular joint 30 years after diagnosis of osteoarthritis and internal derangement. *J Oral Maxillofac Surg* 54(11), 1270-1280, discussion 1280-1281

Detamore MS, Athanasiou KA (2003): Structure and function of the temporomandibular joint disc: implications for tissue engineering. *J Oral Maxillofac Surg* 61(4), 494-506

Drace JE und Enzmann DR (1990): Defining the normal temporomandibular joint: closed-, partially open-, and open – mouth MR imaging of asymptomatic subjects. *Radiology* 177(1), 67-71

Dworkin SF (2010): Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders: current status & future relevance. *J Oral Rehabil* 37(10), 734-43

Dworkin SF und LeResche L (1992): Research diagnostic criteria for temporomandibular disorders: review, criteria, examinations and specifications, critique. *J Craniomandib Disord* 6(4), 301-355

Dylina TJ (2001): A common-sense approach to splint therapy. *J Prosthet Dent* 86(5), 539-545

Eberhard D, Bantleon HP, Steger W (2000): Functional magnetic resonance imaging of temporomandibular joint disorders. *Eur J Orthod* 22(5), 489-497

Eberhard D, Bantleon HP, Steger W (2002): The efficiency of anterior repositioning splint therapy studied by magnetic resonance imaging. *Eur J Orthod* 24(4), 343-352

Embree M, Ono M, Kilts T, Walker D, Langguth J, Mao J, Bi Y, Barth JL, Young M (2011): Role of subchondral bone during early-stage experimental TMJ osteoarthritis. *J Dent Res* 90(11), 1331-1338

Emshoff R, Innerhofer K, Rudisch A, Bertram S (2001): Relationship between temporomandibular joint pain and magnetic resonance imaging findings of internal derangement. *Int J Oral Maxillofac Surg* 30(2), 118-122

Emshoff R, Innerhofer K, Rudisch A, Bertram S (2002a): The biological concept of "internal derangement and osteoarthritis": A diagnostic approach in patients with temporomandibular joint pain? *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 93(1), 39-44

Emshoff R, Rudisch A, Innerhofer K, Brandlmaier I, Moschen I, Bertram S (2002b): Magnetic resonance imaging findings of internal derangement in temporomandibular joints without a clinical diagnosis of temporomandibular disorder. *J Oral Rehabil* 29(6), 516-522

Engelke W (2009): Biofunktionelle Therapie (BFT) - ein neuer Zugang zur Behandlung orofazialer Dysfunktionen. *Zahn Prax* 12(5), 314-323. Sonderdruck, 1-8

Erikkson L, Westesson PL, Rohlin M (1985): Temporomandibular joint sounds in patients with disc displacement. *Int J Oral Surg* 14(5), 428-436

Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R: Waldeyer. Anatomie des Menschen. 17. Auflage, deGruyter Verlag, New York 2003

Ferrario VF, Sforza C, Miani A Jr, Serrao G, and Tartaglia G (1996): Open-close movements in the human temporomandibular joint: does a pure rotation around the intercondylar hinge axis exist? *J Oral Rehabil* 23(6), 401-408

Frahm J, Haase A, Matthaei D (1986): Rapid NMR imaging of dynamic processes using the FLASH technique. *Magn Reson Med* 3(2), 321–327

Freesmeyer WB: Zahnärztliche Funktionstherapie. 1.Auflage, Carl Hanser Verlag, München 1993

Gelb ML und Gelb H (1991): Gelb appliance: mandibular orthopedic repositioning therapy. *Cranio Clin Int* 1(2), 81-98

Gonçalves DA, Dal Fabbro AL, Campos JA, Bigal ME, Speciali JB (2010): Symptoms of temporomandibular disorders in the population: an epidemiological study. *J Orofac Pain* 24(3), 270-280

Griffin CJ, Sharpe CJ (1960): The structure of the adult temporomandibular meniscus. *Aust Dent J* 5, 190

Hansson LG, Westesson PL, Katzberg RW, Tallents RH, Kurita K, Holtas 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. *AJR Am J Roentgenol* 152(6), 1241-1244

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

Helkimo M (1974): Studies on function and dysfunction of the masticatory system. II. Index for anamnestic and clinical dysfunction and occlusal state. *Sven Tandlak Tidskr* 67(2), 101-121

Howaldt HP, Schmelzeisen R: Einführung in die Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie. 1.Auflage, Urban&Fischer Verlag, München 2002

Iwasaki LR, Crosby MJ, Gonzalez Y, McCall WD, Marx DB, Ohrbach R, Nickel JC (2009): Temporomandibular joint loads in subjects with and without disc displacement. *Orthop Rev (Pavia)* 1(2), 90-93

Jäger L, Rammelsberg P, Reiser M (2001): Diagnostic imaging of the normal anatomy of the temporomandibular joint. *Radiologe* 41(9), 737-740

John M, Hirsch C, Reiber T, Dworkin S (2006): Translating the research diagnostic criteria for temporomandibular disorders into German: evaluation of content and process. *J Orofac Pain* 20(1), 43-52, URL:<http://www.rdc-tmdinternational.org/LinkClick.aspx?fileticket=FdkWqFHCKIk%3d&tabid=978&mid=2165>, 1-21

Kaplan PA, Tu HK, Sleder PR, Lydiatt DD, Laney TJ (1986): Inferior joint space arthrography of normal temporomandibular joints: reassessment of diagnostic criteria. *Radiology* 159(3), 585-589

Katzberg RW (1989): Temporomandibular joint imaging. *Radiology* 170(2), 297-307

Katzberg RW, Westesson PL, Tallents RH, Drake CM (1996): Anatomic disorders of the temporomandibular joint disc in asymptomatic subjects. *J Oral Maxillofac Surg* 54(2), 147-153, discussion 153-145

Klett R (1986): Biomechanics of temporomandibular joint clicking. III. Etiology of eccentric and centric disk luxation. *Dtsch Zahnärztl Z* 41(7), 684-692

Kober C, Berg BI, Berg S, Leiggenger C, Buitrago-Téllez C, Kordass B, Zeilhofer HF, Sader R (2011): Do we need real-time MRI for diagnosis of temporomandibular joint disorders? *Int J Comput Dent* 14(2), 111-118

Koek B, Lückerrath W: Das Kiefergelenk in der bildgebenden Darstellung. In: Koek B (Hrsg): Funktionsstörungen des Kauorgans (Praxis der Zahnheilkunde 8). 3.Auflage, Urban&Schwarzenberg Verlag, München 1995

Konstantinović VS, Lazić V (2006): Occlusion splint therapy in patients with craniomandibular disorders (CMD). *J Craniofac Surg* 17(3), 572-580

Kress B, Gottschalk A, Schmitter M, Sartor K (2004): Benign diseases of the mandible in MRI. *Rofo* 176(4), 491-499

Krestan C, Lomoschitz F, Puig S, Robinson S (2001): Internal derangement of the temporomandibular joint. *Radiologe* 41(9), 741-747

Kukobi T, Shinoda M, Orsini MG, Yamashita A (1997): Viscoelastic properties of the pig temporomandibular joint articular soft tissues of the condyle and disc. *J Dents Res* 76(11), 1760-1769

Kurita H, Ohtsuka A, Kurashina K, Kopp S (2001): A study of factors for successful splint capture of anteriorly displaced temporomandibular joint disc with disc repositioning appliance. *J Oral Rehabil* 28(7), 651-657

Laskin DM: Internal derangements. In: Laskin DM, Greene CS, Hylander WL: *Temporomandibular disorders: an evidence-based approach to diagnosis and treatment*. Quintessenz Verlag, Chicago 2006

Lausten LL, Glaros AG, Williams K (2004): Inter-examiner reliability of physical assessment methods for assessing temporomandibular disorders. *Gen Dent* 52(6), 509-513

Lauterbur PC (1973): Image formation by induced local interactions: examples employing nuclear magnetic resonance. *Nature* 242, 190–191

Leder S: *Funktionsstörungen erkennen und behandeln*. 2. Auflage, Spitta Verlag, Balingen 2008

Lehmann KM, Hellwig E: *Zahnärztliche Propädeutik*. 10. Auflage, Elsevier Verlag, München 2005

Lemke AJ, Griethe M, Peroz I, Lange KP, Felix R (2005): Morphometric analysis of temporomandibular joint with MRI in 320 joints. *Rofo* 177(2), 217-228

LeResche L (1997): Epidemiology of temporomandibular disorders: implications for the investigation of etiologic factors. *Crit Rev Oral Biol Med* 8(3), 291-305

Liao CH, Chang CS, Chang SN, Lane HY, Lyu SY, Morisky DE, Sung FC (2011): The risk of temporomandibular disorders in patients with depression: a population based cohort study. *Community Dent Oral Epidemiol* 39(6), 525-531

Liedberg J, Panmekiate S, Peterson A, Rohlin M (1996): Evidence based evaluation of three imaging methods for the temporomandibular disk. *Dentomaxillofac Radiol* 25(5), 234-241

Lundh H, Westesson PL, Kopp S, Tillström B (1985): Anterior repositioning splint in the treatment of temporomandibular joints with reciprocal clicking: comparison with a flat occlusal splint and an untreated control group. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 60(2), 131-136

McNeill C (1997): History and evolution of TMD concepts. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 83(1), 51-60

Meada M, Ito S, Ishii Y, Yamamoto K, Kawamuro Y, Matsuda T, Hayashi N, Ishii Y (1992): Temporomandibular joint movement. Evaluation of protrusive splint therapy with GRASS MR imaging. *Acta Radiol* 33(5), 410-413

Merlini L, Palla S (1988): The relationship between the condylar rotation and anterior translation in healthy and clicking temporomandibular joints. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 98(11), 1191-1199

Moll KJ, Moll M: Kurzlehrbuch Anatomie. 16.Auflage, Urban&Fischer Verlag, München 2000

Müller-Leisse C, Augthun M, Bauer W, Roth A, Günther RW (1997): Kiefergelenkmorphologie und morphometrische Befunde in Abhängigkeit vom Grad der Diskusverlagerung. *Radiologe* 37(2), 152-158

Neeli AS, Umarani M, Kotrashetti SM, Baliga S (2010): Arthrocentesis for the treatment of internal derangement of the temporomandibular joint. *J Maxillofac Oral Surg* 9(4), 350-354

Nicolakis P, Erdogmus B, Kopf A, Ebenbichler G, Kollmitzer J, Piehslinger E, Fialka-Moser V (2001): Effectiveness of exercise therapy in patients with internal derangement of the temporomandibular joint. *J Oral Rehabil* 28(12), 1158-1164

Nicolakis P, Erdogmus B, Kopf A, Nikolakis M, Piehslinger E, Fialka-Moser V (2002): Effectiveness of exercise therapy in patients with myofascial pain dysfunction syndrome. *J Oral Rehabil* 29(4), 362-368

Okeson JP: Orofacial pain: Guidelines for Assessment, Diagnosis, and Management. Quintessence Verlag, Chicago 1996

Orsini MG, Kuboki T, Terada S, Matsuka Y, Yamashita A, Clarck 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

Orsini MG, Kuboki T, Terada S, Matsuka Y, Yatani H, Yamashita A (1999): Clinical predictability of temporomandibular joint disc displacement. *J Dent Res* 78(2), 650-660

Osborn JW (1985): The disc of the human temporomandibular joint: design, function and failure. *J Oral Rehabil* 12(4), 279-293

Özkan NC, Özkan F (2011): The relationship of temporomandibular disorders with headaches: a retrospective analysis. *Agri* 23(1), 13-17

Paesani D, Westesson PL, Hatala MP, Tallents RH, Brooks SL (1992): Accuracy of clinical diagnosis for TMJ internal derangement and arthrosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 73(3), 360-363

Pasler AF, Visser H: Farbatlanten der Zahnmedizin Bd.5. Zahnmedizinische Radiologie. Bildgebende Verfahren. 2.Auflage, (Hrsg.): Rateitschak KH, Wolf HF, Thieme Verlag, Stuttgart 2000

Peroz I (1997): Differenzierung temporomandibulärer Funktionsstörungen anhand anamnestischer und klinischer Befunde. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 299-304

Prinz JF (1998): Validation of a recording protocol for assessing temporomandibular sounds and a method for assessing jaw position. *J Oral Rehabil* 25(5), 321-328

Putz R, Pabst R: Sobotta. Atlas der Anatomie des Menschen 1. und 2. Band. 21. Auflage, Elsevier Verlag, München 2004

Rammelsberg P, Jäger L, Böhm A, Lentner E, Pospiech P, Gernet W (1997a): Schmerzen, subjektive und objektivierbare Befunde bei anterioren Diskusverlagerungen ohne Reposition im Kiefergelenk. *Dtsch Zahnärztl Z* 52, 338-341

Rammelsberg P, Pospiech PR, Jäger L, Pho Duc JM, Böhm AO, Gernet W(1997b): Variability of disc position in asymptomatic volunteers and patients with internal derangements of the TMJ. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral radiol Endod* 83(3), 393-399

Reichart PA, Hausamen JE, Becker J, Neukam FW, Schliephake H, Schmelzeisen R: Curriculum Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten. 2.Band, 1.Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin 2002

Reitemeier B, Schwenzer N, Ehrenfeld M: Einführung in die Zahnmedizin, 1.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2006

Remington KJ, Sadowsky C, Muhl ZF, Begole EA (1990): Timing and character of reciprocal temporomandibular joint sounds in an asymptomatic orthodontic sample. *J Craniomandib Disord* 4(1), 21-29

Rosenbauer KA, Engelhardt JP, Koch H, Stüttgen U: Klinische Anatomie der Kopf- und Halsregion für Zahnmediziner. Thieme Verlag, Stuttgart 1998

Rossbach A (1986): Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Kauflächenkomplex und funktionellen Bewegungen der Kiefergelenke beim Zahnlosen. *Dtsch Zahnärztl Z* 41(12), 1156-1160

Roth TE, Goldberg JS, Behrents RG (1984): Synovial fluid pressure determination in the temporomandibular joint. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 57(6), 583-588

Rother UJ: Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde. 2.Auflage, Urban&Fischer Verlag, München 2006

Samandari F, Mai JK: Curriculum Funktionelle Anatomie für Zahnmediziner. 2.Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin 2009

Sato S, Goto S, Nasu F, and Motegi K (2003): Natural course of disc displacement with reduction of the temporomandibular joint: changes in clinical signs and symptoms. *J Oral Maxillofac Surg* 61(1), 32-34

Schiebler TH, Schmidt W, Zilles K: Anatomie: Zytologie, Histologie, Entwicklungsgeschichte, makroskopische und mikroskopische Anatomie des Menschen. 8.Auflage, Springer Verlag, Berlin 1999

Schiffman EL, Friction JR, Haley DP, Shapiro BL (1990): The prevalence and treatment needs of subjects with temporomandibular disorders. *J Am Dent Assoc* 120(3), 295-303

Schopf P: Curriculum Kieferorthopädie. 1.Band, 4.Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin 2008

Schulte W (1970): Zur funktionellen Behandlung der Myoarthropathien des Kauorgans: Ein diagnostisches und physiotherapeutisches Programm. Dtsch Zahnärztl Z 25(3), 422-436

Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K: Prometheus. Kopf und Neuroanatomie. Thieme Verlag, Stuttgart 2006

Schwenzer N, Ehrenfeld M: Zahn-Mund-Kieferheilkunde. Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie. 4.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2011

Simmons HC, Gibbs SJ (1995): Recapture of temporomandibular joint disks using anterior repositioning appliances: An MRI study. Cranio 13(4), 227-237

Simmons HC, Gibbs, SJ (1997): Initial TMJ disk recapture with anterior repositioning appliances and relation to dental history. Cranio 1997 15(4), 281-295

Solberg WK, Hansson TL, Nordström B (1985): The temporomandibular joint in young adults at autopsy: a morphologic classification and evaluation. J Oral Rehabil 12(4), 303-321

Stegenga B, deBont LG, van der Kuijl B, Boering G (1992): Classification of temporomandibular joint osteoarthritis and internal derangement. 1. Diagnostic significance of clinical and radiographic symptoms and signs. Cranio 10(2), 96-106, discussion 116-117

Stelzenmüller W, Wiesner J, Ricken C, Davids R, Kater W, Hoffmann M, Toll DE: Therapie von Kiefergelenkschmerzen. Ein Behandlungskonzept für Zahnärzte, Kieferorthopäden und Physiotherapeuten. 1.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2004

Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hülzeler MB, Kern M: Curriculum Prothetik. 1.Band, 3.Auflage, Quintessenz Verlag, Berlin 2005

Styles C, Whyte A (2002): MRI in the assessment of internal derangement and pain within the temporomandibular joint: a pictorial essay. Br J Oral Maxillofac Surg 40(3), 220-228

Tasaki MM und Westesson PL (1993): Temporomandibular joint: diagnostic accuracy with sagittal and coronal MR imaging. *Radiology* 186(8), 723-729

Türp JC und Hugger A (2000): Schmerzhaftes Myarthropathien des Kausystems. *Zahnärztl Mitt Online* 10/2000, 35-42

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* 174(11), 1415- 1421

Vogl TJ und Abolmaali N (2001): Magnetresonanztomographie des Temporomandibulargelenkes: Untersuchungstechnik, Ergebnisse, Indikationsstellung. *Rofo* 173(11), 969-979

Watt-Smith S, Sadler A, Baddeley H, Renton P (1993): Comparison of arthrotomographic and magnetic resonance images of 50 temporomandibular joints with operative findings. *Br J Oral Maxillofac Surg* 31(3), 139-143

Weber T: Memorix. Zahnmedizin. 3.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart 2010

Westesson PL (1993): Reliability and validity of imaging diagnosis of temporomandibular joint disorder. *Adv Dent Res* 7(2), 137-151

Westesson PL, Lundh H (1988) Temporomandibular joint disk displacement: Arthrographic and tomographic follow-up after 6 months' treatment with disk-repositioning onlays. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 66(3), 271-278

Widmalm SE, Westesson PL, Brooks SL, Hatala MP, Paesani D (1992): Temporomandibular joint sounds: correlation to joint structure in fresh autopsy specimens. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 101(1), 60-69

Wilk RM, Harms SE, Wolford LM (1986): Magnetic resonance imaging of the temporomandibular joint using a surface coil. *J Oral Maxillofac Surg* 44(12), 935-943

Wilkes CH (1989): Internal derangements of the temporomandibular joint. Pathological variations. Arch Otolaryngol Head Neck Surg 115(4), 469-477

Williamson EH (2005): Temporomandibular dysfunction and repositioning splint therapy. Prog Orthod 6(2), 206-213

Yatani H, Suzuki K, Kuboki T, Matsuka Y, Maekawa K, and Yamashita A (1998): The validity of clinical examination for diagnosing anterior disk displacement without reduction. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 85(6), 654-660

Zhang S, Block KT, Frahm J (2010): Magnetic resonance imaging in real time: advances using radial FLASH. J Magn Reson Imaging 31(1), 101-109

Zhang S, Gersdorff N, Frahm J (2011): Real-Time Magnetic Resonance Imaging of Temporomandibular Joint Dynamics. Open Med Imaging J 4, 1-9

7. Abbildungsverzeichnis

Abb.1:	S.12
Abb.2:	S.15
Abb.3:	S.17
Abb.4:	S.23
Abb.5:	S.25
Abb.6:	S.28
Abb.7:	S.30
Abb.8:	S.32
Abb.9:	S.34
Abb.10:	S.46
Abb.11:	S.47
Abb.12:	S.47
Abb.13:	S.48
Abb.14:	S.49
Abb.15:	S.49
Abb.16:	S.50

Abb.17:	S.51
Abb.18:	S.51
Abb.19:	S.52
Abb.20:	S.53
Abb.21:	S.54
Abb.22:	S.54
Abb.23:	S.55
Abb.24:	S.55
Abb.25:	S.56
Abb.26:	S.56
Abb.27:	S.60
Abb.28:	S.62
Abb.29:	S.63
Abb.30:	S.63
Abb.31:	S.65
Abb.32:	S.66
Abb.33:	S.67
Abb.34:	S.68

Abb.35:	S.70
Abb.36:	S.71
Abb.37:	S.72
Abb.38:	S.72
Abb.39:	S.73
Abb.40:	S.74
Abb.41:	S.76
Abb.42:	S.76
Abb.43:	S.77
Abb.44:	S.77
Abb.45:	S.78
Abb.46:	S.78
Abb.47:	S.80
Abb.48:	S.80
Abb.49:	S.81
Abb.50:	S.82
Abb.51:	S.82

Abb.52:	S.83
Abb.53:	S.84
Abb.54:	S.85
Abb.55:	S.85
Abb.56:	S.86
Abb.57:	S.86
Abb.58:	S.87
Abb.59:	S.88
Abb.60:	S.89
Abb.61:	S.89
Abb.62:	S.91
Abb.63:	S.92

8. Tabellenverzeichnis

Tab1:	S.14
Tab.2:	S.16
Tab.3:	S.18
Tab.4:	S.19
Tab.5:	S.20
Tab.6:	S.39
Tab.7:	S.39
Tab.8:	S.40
Tab.9:	S.41
Tab.10:	S.42
Tab.11:	S.43
Tab.12:	S.43
Tab.13:	S.44
Tab.14:	S.45
Tab.15:	S.45
Tab.16:	S.58

Tab.17:..... S.59

9. Video-CD

10. Anhang

10.1 Anamnestische Angaben des Patienten

Anamnestische Angaben des Patienten	
Frage 1	<p>Wie würden Sie Ihren allgemeinen Gesundheitszustand einschätzen?</p> <p>ausgezeichnet..... 1 sehr gut..... 2 gut..... 3 mäßig..... 4 schlecht..... 5</p>
Frage 2	<p>Wie würden Sie Ihren Mundgesundheitszustand einschätzen?</p> <p>ausgezeichnet..... 1 sehr gut..... 2 gut..... 3 mäßig..... 4 schlecht..... 5</p>
Frage 3	<p>Hatten Sie Schmerzen im Gesicht, dem Kiefer, den Schläfen, vor dem oder im Ohr in den vergangenen Monaten?</p> <p>Nein 0 Ja 1 <i>(Wenn Ja: siehe nächste Frage, sonst weiter mit Frage 5.)</i></p>
Frage 4a	<p>Vor wie vielen Jahren begannen Ihre Gesichtsschmerzen zum ersten mal?</p> <p>___ Jahre</p> <p><i>(Wenn es ein Jahr oder länger her ist, dann weiter zu Frage 5.)</i> <i>(Wenn es weniger als ein Jahr her ist, dann 00 eintragen.)</i></p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Frage 4b	<p>Vor wie vielen Monaten begannen Ihre Gesichtsschmerzen zum ersten Mal?</p> <p>___ Monate</p>
Frage 5	<p>Ist ihr Gesichtsschmerz dauernd, wiederkehrend oder trat er nur einmalig auf?</p> <p>dauernd..... 1 wiederkehrend 2 nur einmalig 3</p>
Frage 6	<p>Sind Sie aufgrund der Gesichtsschmerzen zu einem Arzt, Zahnarzt oder Angehörigen anderer Heilberufe gegangen?</p> <p>Nein 1 Ja, innerhalb der letzten 6 Monate 2 Ja, vor mehr als 6 Monaten 3</p>
Frage 14a	<p>War der Unterkiefer jemals blockiert oder hatten Sie Schwierigkeiten den Mund vollständig zu öffnen?</p> <p>Nein 0 Ja 1 <i>(Wenn Nein, weiter mit Frage 15.)</i></p>
Frage 14b	<p>War diese Mundöffnungsbehinderung so stark, dass dabei Ihre Fähigkeit zu essen beeinflusst war?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15a	<p>Knackt es in ihrem Kiefergelenk, wenn Sie den Mund öffnen oder schließen oder wenn Sie kauen?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Frage 15b	<p>Nehmen Sie in Ihrem Kiefergelenk ein reibendes Geräusch wahr, wenn Sie den Mund öffnen oder schließen oder wenn Sie kauen?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15c	<p>Wurde Ihnen gesagt oder haben Sie selbst bemerkt, dass Sie im Schlaf mit den Zähnen pressen oder knirschen?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15d	<p>Pressen oder knirschen Sie mit dem Zähnen am Tage?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15e	<p>Haben Sie Schmerzen oder ein Gefühl der Steifheit im Kieferbereich beim morgendlichen Erwachen?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15f	<p>Haben Sie Ohrgeräusche oder Ohrklingen?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>
Frage 15g	<p>Fühlt sich der Zusammenbiss Ihrer Zähne ungewöhnlich oder unbequem an?</p> <p>Nein 0 Ja 1</p>

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Frage 16a	Haben Sie rheumatoide Arthritis, Lupus erythematodes oder eine andere allgemeine Gelenkerkrankung des Körpers? Nein 0 Ja 1
Frage 16b	Hat jemand in Ihrer Familie eine dieser Erkrankungen? Nein 0 Ja 1
Frage 16c	Hatten oder haben sie geschwollene oder schmerzhafte Gelenke (Das Kiefergelenk ausgenommen)? Nein 0 Ja 1 <i>(wenn nein, weiter mit Frage 17a.)</i>
Frage 16d	Wenn ja, ist das ein anhaltender Schmerz, den Sie schon länger als ein Jahr haben? Nein 0 Ja 1
Frage 17a	Haben Sie in der letzten Zeit eine/n Verletzung/Unfall im Bereich des Kiefers oder des Gesichtes erlitten? Nein 0 Ja 1 <i>(Wenn Nein, weiter mit Frage 18.)</i>
Frage 17b	Wenn Ja, hatten Sie Ihren Gesichtsschmerz schon vor diesem Ereignis? Nein 0 Ja 1

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Frage 18	Hatten Sie während der vergangenen 6 Monate Probleme mit Kopfschmerzen?
	Nein 0
	Ja 1

Tab. 5: Anamnestische Angaben des Patienten (John et al. 2006, S. 2-6).

10.2 Jaw Disability List

Jaw Disability List		
<i>Welche der folgenden Aktivitäten werden durch Ihr gegenwärtiges Problem mit dem Kiefergelenk bzw. der Kaumuskulatur eingeschränkt oder sogar verhindert? (auch Mehrfachnennungen möglich)</i>		
	Nein	Ja
a) Kauen	0	1
b) Trinken	0	1
c) allgemeine Körperbewegungen	0	1
d) Essen von harten Speisen	0	1
e) Essen von weichen Speisen	0	1
f) Lächeln/ Lachen	0	1
g) sexuelle Aktivitäten	0	1
h) Reinigung der Zähne oder des Gesichts	0	1
i) Gähnen	0	1
j) Schlucken	0	1
k) Sprechen	0	1
l) Beibehaltung eines normalen Aussehens (im Gesicht)	0	1

Tab. 6: Untersuchungsblatt (Achse II Befunde): Jaw Disability List (John et al. 2006, S.7).

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn PD Dr. med. dent. N. Gersdorff für die Überlassung des Themas dieser Dissertation und die hervorragende Betreuung während der Durchführung dieser Arbeit.

Danken möchte ich ebenfalls Herrn PD Dr. rer. nat. P. Dechent und Kollegen, für die geleisteten Hilfestellungen und die interessanten Einblicke in die MRT-Forschung.

Auch möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Dr. med. dent. W. Engelke für die Einführung in die Prinzipien der bimaxillären Kalottenschiene und seine Hilfestellungen sowie Anregungen bedanken.

Lebenslauf

Am 25.04.1985 wurde ich, Hagen Fritz Wiegand, in Herford als erster Sohn des Juristen und Unternehmers Assessor Fritz Wiegand und der Lehrerin Ruth Hachmeister-Wiegand geboren.

Von 1991 bis 1995 besuchte ich die Grundschule in Oetinghausen. Im Jahre 1995 wechselte ich auf das Friedrichs-Gymnasium in Herford und erlangte dort 2005 meine allgemeine Hochschulreife.

Im Jahr 2005 begann ich mit der Ausbildung zum Zahntechniker in Osnabrück. Im Sommersemester 2007 erhielt ich die Zulassung zum Studium der Zahnmedizin an der Georg-August-Universität in Göttingen. Anfang des Jahres 2010 begann ich meine Doktorarbeit in der Abteilung Prothetik im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Universitätsmedizin Göttingen unter Betreuung von Herrn PD Dr. med. dent. Nikolaus Gersdorff.

Voraussichtlich werde ich das Studium der Zahnheilkunde Ende des Jahres 2012 mit dem Staatsexamen abschließen.