

### **3 Material und Methode**

Grundlage der vorliegenden Studie ist eine Datenbank, in der die metrischen Analysewerte von MRT-Bildern menschlicher Kiefergelenke mittels des Programms FR-Win 6.10 (Firma Computer Konkret - Falkenstein, Deutschland) erfasst sind. Die MRT-Auswertung in der Sagittalebene beruht auf der von Bumann angegebenen metrischen Kiefergelenkanalyse. Sämtliche MRT sind in einem Zeitraum von 1990 bis 1996 in der Praxis für Radiologie „Prüner Gang“ in Kiel im Rahmen der Routinediagnostik angefertigt worden. Aus dieser Datenbank sind 1091 MRT von 603 Patienten ausgewählt worden, die sich eindeutig einer der folgenden Diagnosen zuordnen lassen:

1. Physiologische Diskuslage = Normgruppe (NG)
2. Tendenz zur partiellen Diskusverlagerung (TPDV)
3. Partielle Diskusverlagerung nach medial (PDVM)
4. Partielle Diskusverlagerung nach lateral (PDVL)
5. Tendenz zur totalen Diskusverlagerung (TTDV)
6. Totale Diskusverlagerung mit Reposition (TDVR)
7. Totale Diskusverlagerung ohne Reposition (TDV)

#### **3.1 Auswahl der MRT-Bilder**

Die visuelle Befunderhebung der MRT-Aufnahmen erfolgte unabhängig durch drei erfahrene Kliniker entsprechend einem vorab festgelegten Auswertungsprotokoll (s. Abb. 1). Dafür lagen von jedem Patienten MRT-Bilder bei geschlossenem und maximal geöffnetem Kiefer vor. Entsprechend der Befunde wurde die Gruppeneinteilung vorgenommen. Die Diagnosekriterien sind unter Punkt 3.4 aufgeführt. Aufnahmen, die nicht eindeutig zu befunden waren, wurden nicht in die Studie aufgenommen.

### 3.2 Beschreibung des Patientengutes

Das Durchschnittsalter der Patienten beträgt 31 Jahre (9-79 Jahre). Die Gruppenstärke liegt im Mittel bei 86 Patienten und variiert zwischen 12 (PDVL) und 147 (TDV) Patienten. Das Geschlechterverhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten ist 76,78 % zu 23,22 % (n=463 ♀/ n=140 ♂). In der Normgruppe gilt es zu beachten, dass nicht immer die korrespondierenden medialen und lateralen Schichten eines Individuums berücksichtigt werden können. Weitere Angaben sind der folgenden Tabelle zu entnehmen (s. Tab. 1).

Tab. 1: Kennzahlen der Diagnosegruppen (s. Pkt. 3)

		Diagnosegruppe						gesamte Stichprobe	
		NG	PDVM	PDVL	TPDV	TTDV	TDVR		TDV
<b>Durchschnittsalter in Jahren</b>		36	34	30	31	35	29	29	31
<b>Minimum</b>	in Jahren	9	9	9	17	10	11	10	9
<b>Maximum</b>		65	78	65	49	74	79	66	79
<b>Stabw</b>		15	15	11	11	14	13	12	13
<b>Geschlecht</b>	weiblich	n=81 (70%)	n=70 (80%)	n=9 (75%)	n=46 (70%)	n=39 (67%)	n=84 (72%)	n=134 (91%)	n=463 (77%)
	männlich	n=34 (30%)	n=18 (20%)	n=3 (25%)	n=20 (30%)	n=19 (33%)	n=33 (28%)	n=13 (9%)	n=140 (23%)
<b>Schicht</b>	medial	n=59	n=88	n=12	n=66	n=58	n=117	n=147	n=547
	lateral	n=56	n=88	n=12	n=66	n=58	n=117	n=147	n=544
<b>gesamte Stichprobe</b>		n=115	n=176	n=24	n=132	n=116	n=234	n=294	n=1091

### 3.3 Magnetresonanztomographische Untersuchung

Die MRT-Untersuchungen der Patienten wurden in der radiologischen Praxis „Prüner Gang“/Kiel in den Jahren 1990 bis 1996 im Rahmen der Routinediagnostik angefertigt. Dabei wurden folgende Einstellungen verwendet:

Die MRT-Bilder wurden in einem 0,5 Tesla Magnetresonanztomographen (GYREX V Dlx der Firma Elscint, Wiesbaden) mittels einer Oberflächenspule mit einem Durchmesser von 8 cm als Empfangsspule angefertigt. Jedes Temporomandibulargelenk wurde bei geschlossenem Kiefer unter Zahnkontakt in der Frontal- und in der Sagittalebene (Paramedianebene) in T1-Gewichtung dargestellt. Bilder in der Paramedianebene bei maximal geöffnetem Kiefer wurden T2-gewichtet. Von jedem Gelenk lag wenigstens eine gut zu beurteilende mediale, zentrale und laterale MRT-Schicht vor. Die T1-gewichteten Bilder wurden in der sog. Spin-Echo-Technik, die T2-gewichteten Bilder wurden als Gradienten-Echo-Aufnahmen in der Flash-2D-Technik

angefertigt. Die Untersuchungsparameter können der Tabelle 2 entnommen werden (aus Vargas Pereira 1997).

Tab. 2: Parameter der magnetresonanztomographischen Untersuchung

Untersuchungsparameter	Wert
Untersuchungszeit	ca. 5 Minuten
Schichtdicke	3 mm
Untersuchungsvolumen (FOV)	14 cm x 14 cm
Matrix	256 x 256 Pixel
Flip-Winkel bei T1-gewichtet	45°
Flip-Winkel bei T2-gewichtet	20°
geschlossener Kiefer, T1-gewichtet	TR 450 msec, TE 25 msec
geöffneter Kiefer, T2-gewichtet	TR ca. 450 msec, TE ca. 20 msec

### 3.4 Auswertung der MRT-Bilder

#### 3.4.1 Visuelle MRT-Auswertung

Die visuelle Auswertung erfolgte unabhängig durch drei Kliniker, entsprechend einem festgelegten Auswertungsbogen (s. Abb. 1). Die Auswertungskriterien in der Sagittalebene sind folgendermaßen definiert:

**Physiologische Diskuslage:** Die pars intermedia des Diskus articulare liegt dem Kondylus im Bereich der kürzesten Distanz zwischen anterokranieler Gelenkfläche und Protuberantia articularis an. Das posteriore Band liegt dem Kondylus kranial auf; regelrechte Diskuslage während der Kieferöffnungsbewegung.

**Tendenz zur partiellen Diskusverlagerung:** Das posteriore Band liegt dem Kondylus kranial auf. Die Pars intermedia des Diskus liegt vor der kürzesten Strecke zwischen anterokranieler Gelenkfläche und Protuberantia.

**Eindeutige Diskusverlagerung:** Pars intermedia und Pars posterior liegen bei geschlossenem Kiefer vor der ventrokranielsten Kontur des Kondylus.

Entsprechend dieser Definitionen ergeben sich für die sieben Diagnosegruppen folgende Kriterien in der Sagittalebene:

**Physiologische Diskuslage (Normgruppe):** Das posteriore Band des Diskus liegt dem Kondylus kranial auf, die Pars intermedia liegt der anterioren Gelenkfläche des Kondylus an.

**Tendenz zur partiellen Diskusverlagerung:** In einer Schicht besteht eine partielle DV. In der anderen Schicht liegt eine physiologische Diskuslage vor.

**Partielle Diskusverlagerung nach medial:** In der medialen Schicht liegt bei geschlossenem Kiefer eine regelgerechte Diskuslage, höchstens jedoch eine Tendenz zur DV, vor. In der lateralen Schicht besteht eine eindeutige DV. Bei geöffnetem Kiefer findet sich in allen Schichten eine regelgerechte Diskuslage.

**Partielle Diskusverlagerung nach lateral:** Bei geschlossenem Kiefer ist der Diskus in der medialen Schicht eindeutig verlagert. In der lateralen Schicht besteht eine Tendenz zur DV oder eine regelgerechte Diskuslage. Bei geöffnetem Kiefer liegt in allen Schichten eine regelgerechte Diskuslage vor.

**Tendenz zur totalen Diskusverlagerung:** Bei geschlossenem Kiefer findet sich in allen drei Schichten eine Tendenz zur DV. Bei geöffnetem Kiefer liegt eine regelgerechte Kondylus-Diskus-Relation vor.

**Totale Diskusverlagerung mit Reposition:** Bei geschlossenem Kiefer ist der Diskus in allen drei Schichten eindeutig verlagert. Bei geöffnetem Kiefer findet sich in allen Schichten eine regelgerechte Diskuslage.

**Totale Diskusverlagerung ohne Reposition:** Es ist sowohl bei geschlossenem als auch bei geöffnetem Kiefer in allen drei Schichten eine eindeutige DV nachweisbar.

Abb. 1: Auswertungsprotokoll zur visuellen Diagnostik der MRT-Bilder

### MRT-Protokoll

Patientendaten:

MRT Kiefergelenk rechts vom .....	T1	T2	Protonendichte
Kiefer geschlossen      Kiefer geschlossen + Schiene		Kiefer offen	frontal
MRT Kiefergelenk links vom .....	T1	T2	Protonendichte
Kiefer geschlossen      Kiefer geschlossen + Schiene		Kiefer offen	frontal

	DV sagittal		Diskusposition		Pars posterior				Kondylusform		KV sagittal		Fibrosierung	
					geschlossen		offen							
	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R	L	R
lateral														
zentral														
medial														
	1-keine	1-physiologisch	1-bikonvex	1-physiologisch	1-keine	1-vorhanden								
	2-diskret	2-diskret	2-biplanar	2-abgeflacht	2-ventral	2-nicht vorhanden								
	3-eindeutig	3-eindeutig	3-keilförmig	3-Arthrose	3-dorsal	3-n. b.								
	4-n. b.	4-n. b.	4-n. b.	4-n. b.	4-kranial									
					5-kaudal									
					6-n. b.									

DV		Diagnosen	
L	R	L	R
1-keine		0-kein pathologischer Befund	7-totale DV ohne Reposition
2-medial		1-Diskusadhäsion	8-Gelenkerguß
3-lateral		2-partielle DV mit totaler Reposition	9-Osteoarthrose
4-n. b.		3-partielle DV mit partieller Reposition	10-Deviation in Form
		4-partielle DV ohne Reposition	11-Fibrosierung
		5-totale DV mit totaler Reposition	12-Kondylusverlagerung
		6-totale DV mit partieller Reposition	

### 3.4.2 Metrische MRT-Auswertung

Die metrische Analyse erfolgte computergestützt mittels des Softwareprogramms FR-Win 6.10 der Fa. Computer Konkret (Falkenstein, Deutschland), in das die Auswertungspunkte über ein Digitalisiertablett (Scriptel RDT, Scriptel Corporation Columbus, Ohio, USA) eingegeben wurden. Die Eingabegenauigkeit beträgt nach Herstellerangaben  $\pm 0,25$  mm. Die Eingabepunkte entsprechen der metrischen MRT-Analyse nach Bumann wie sie in der Arbeit von Vargas angegeben wurden (Vargas Pereira 1997). Von den ursprünglich 31 Referenzpunkten werden für die Berechnung der neun neuen Parameter 10 Punkte benötigt (s. Abb. 2). Die neu definierten Parameter werden in der kiefergeschlossenen Aufnahme bestimmt.

#### 3.4.2.1 Definition der verwendeten Eingabepunkte und Bezugsstrecken

- DM: Mittelpunkt des Diskus articularis
- D1: Ventralster Punkt des Diskus articularis
- D2: Dorsalster Punkt des Diskus articularis
- P1: Kranialster Punkt des Porus acusticus externus
- P2: Kranialster Punkt der Fossa articularis
- P3: Kaudalster Punkt der Eminentia articularis
- P6: Zentrum des Kondylus
- G1: Kondyluspunkt, der der Protuberantia am nächsten liegt
- G3: Kranialster Punkt des Kondylus
- G5: Dorsalster Punkt des Kondylus (kürzeste Distanz zur Pars tympanica)
- P2PL: Senkrechte auf die Gerade P1-P2 durch den Punkt P2

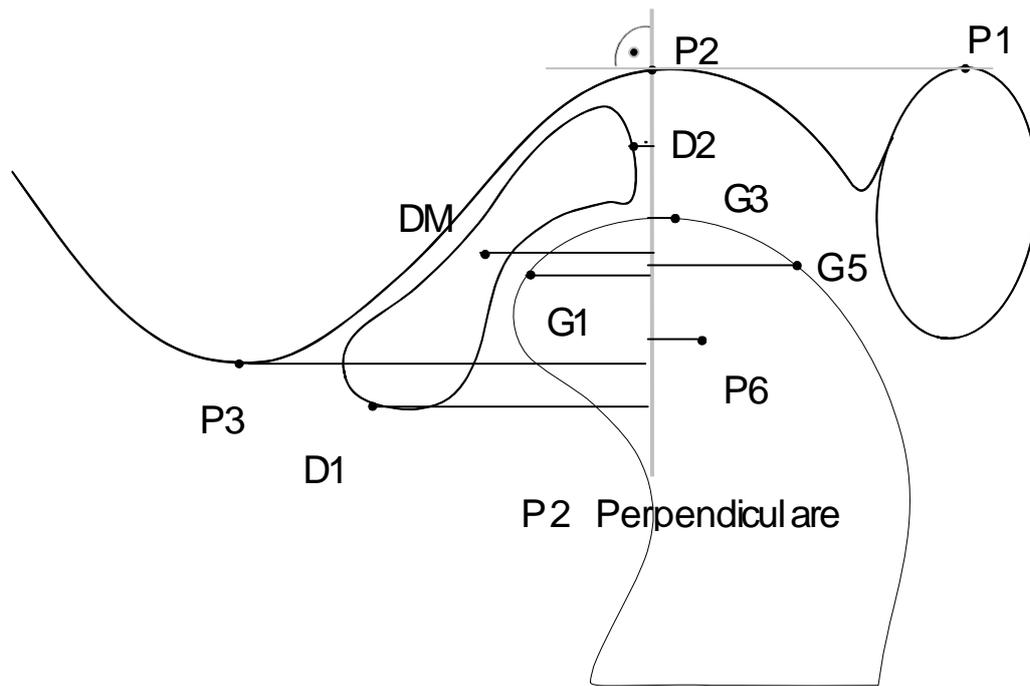


Abb. 2: Schemazeichnung der metrischen Kiefergelenkanalyse nach Bumann

Bei der Analyse wird die Lage des Diskus und des Kondylus in Bezug zur P2-Perpendicularen, einer Senkrechten durch den kranialsten Punkt der Fossa articularis, angegeben. Dazu werden drei Diskus- und vier Kondyluspunkte definiert (s. Pkt.3.4.2.1), deren Abstand senkrecht zur P2-Perpendicularen gemessen wird. Per Definition bedeuten negative Werte für die Strecken P2PLD1, P2PLDM1, P2PLG1, P2PLG3 und P2PLP3, dass die Messpunkte vor der P2-Perpendicularen liegen. Bei negativen Messwerten für P2PLD2, P2PLG5 und P2PLP6 befinden sich die entsprechenden Punkte hinter der Vertikalen.

### 3.4.2.2 Definition der Analyseparameter

- P1-P2: Distanz zwischen den Punkten P1 und P2 (P1P2)
- P2PL-D1: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt D1 (P2PLD1)
- P2PL-D2: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt D2 (P2PLD2)
- P2PL-DM1: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt DM (P2PLDM1)
- P2PL-G1: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt G1 (P2PLG1)
- P2PL-G3: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt G3 (P2PLG3)
- P2PL-G5: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt G5 (P2PLG5)
- P2PL-P3: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt P3 (P2PLP3)
- P2PL-P6: Distanz zwischen der P2PL und dem Punkt P6 (P2PLP6)

### 3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Überprüfung der Hypothesen sowie die Datenanalyse wird mittels des Programmsystems SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 11.0 durchgeführt. Für die inhaltliche Darstellung der verwendeten statistischen Verfahren sei auf die Standardwerke von Bortz und Sachs verwiesen (Bortz 1988, Sachs 1999).

#### 3.5.1 Kennzahlen der Analyseparameter

Für jede Variable wird zunächst eine deskriptive Statistik getrennt nach medialen und lateralen Schichten durchgeführt. Als Lokalisationsmaß werden der arithmetische **Mittelwert** (Mw), im Folgenden auch kurz Mittelwert genannt, der **Median** sowie ein um **5% getrimmter Mittelwert** berechnet. Bei diesem werden 5% der extremen Werte jeder Seite der Verteilung aus der Analyse ausgeschlossen (Pospeschill 2004).

Um anzugeben, mit welcher Genauigkeit der Mittelwert unserer Stichprobe den Erwartungswert der Grundgesamtheit schätzt, werden der **Standardfehler** (mittlerer Fehler des Mittelwertes) sowie das **95%-Konfidenzintervall** für den Mittelwert (95%-KI) angegeben. Das 95%-KI ist ein auf dem Stichprobenmittelwert basierender Wertebereich innerhalb dessen der Mittelwert der Grundgesamtheit mit einer 95% Wahrscheinlichkeit liegt.

Darüber hinaus werden die folgenden Dispersionsmaße berechnet: das **Minimum** und **Maximum** als Variationsbreite der Variablen; die **Spannweite** als Differenz zwischen dem höchsten und niedrigsten Wert; der **Interquartilbereich**, der den Bereich mit den mittleren 50% der Werte umfasst; die **Varianz** als das durchschnittliche Abweichungsquadrat sowie die **Standardabweichung** (Stabw) als Maß für die Streuung der Zufallsvariablen.

#### 3.5.2 Mediale versus lateralen MRT-Schichten

Es wird geprüft, inwieweit Unterschiede zwischen den medialen und lateralen MRT-Schichten einer Diagnosegruppe bestehen. Dazu wird auf die medialen und lateralen Schichten einer Diagnosegruppe der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen angewendet. Zur Vermeidung einer Alpha-Fehler-Kumulierung wird das Signifikanzniveau im Sinne einer Bonferroni-Korrektur adjustiert. Die Hypothese, dass die Stichproben der gleichen Grundgesamtheit entstammen, wird bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,0055$  abgelehnt (Bortz 1988).

### **3.5.3 Vergleich der Diagnosegruppen**

Innerhalb der Diagnosegruppen wird zwischen medialen und lateralen MRT-Schichten unterschieden. Zunächst wird mittels des Kruskal-Wallis-Test für mehrere unverbundene Stichproben die Hypothese geprüft, dass es keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den verschiedenen Ausprägungen einer DV gibt. Die Signifikanzgrenze wird mit  $p < 0,05$  festgelegt. Bei Ablehnung der Hypothese werden die Diagnosegruppen paarweise mittels des U-Tests nach Mann-Whitney für zwei unverbundene Stichproben gegeneinander getestet. Als Signifikanzniveau wird  $p < 0,05$  festgelegt. Nach Bonferroni-Korrektur wird die Irrtumswahrscheinlichkeit auf  $p < 0,0005$  gesenkt (Bortz 1988, Bühl und Zöfel 2002).

### **3.5.4 Normgruppenparameter versus Patientenalter und Geschlecht**

Die Korrelation zwischen den einzelnen Variablen und dem Patientenalter wird durch Berechnung des Spearman'schen Rangkorrelations-Koeffizienten  $r_s$  ermittelt (Bortz 1988). Eine eindeutige Abhängigkeit besteht bei einem Korrelationskoeffizienten von „+1“. Bei einem Wert von „-1“ besteht eine negative Korrelation. Für die Stärke des Zusammenhangs ist der Betrag des Korrelationskoeffizienten maßgebend. Bei einem Korrelationskoeffizienten  $r_s$  bis 0,2 spricht man von einer sehr geringen Korrelation, bei einem  $r_s$  bis 0,5 von einer geringen Korrelation, bei einem  $r_s$  bis 0,7 von einer mittleren Korrelation, bei einem  $r_s$  bis 0,9 von einer hohen Korrelation und bei einem  $r_s$  über 0,9 von einer sehr hohen Korrelation (Bühl und Zöfel 2002). Das Signifikanzniveau wird mit  $p < 0,05$  festgelegt.

Um mögliche nichtlineare Zusammenhänge zu erkennen, wird das Alter gegen die Variablen in einem Streudiagramm abgetragen.

Inwieweit geschlechtsspezifische Differenzen der Analyseparameter bestehen, wird mit dem Mann-Whitney-Rank-Summen-Test geprüft. Dieser nichtparametrische Zwei-Stichproben-Test ermöglicht den Nachweis von Differenzen für unverbundene Stichproben (Sachs 1999). Bei einem p-Wert  $< 0,05$  wird die Nullhypothese abgelehnt.