

## **5 Diskussion**

### **5.1 Methodikdiskussion**

#### **5.1.1 Klassifizierung der Diskusverlagerungen**

Für die Diagnostik von Diskopathien existieren verschiedene Einteilungen. Verschiedene Klassifikationsschemata können unterschiedliche Diagnosen bei einem Patienten bedingen (LeResche et al. 1991). Nach McNeill lassen sich klinisch eine DV mit und ohne Reposition unterscheiden (McNeill 1993). In der wohl international anerkanntesten Einteilung, den Research Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders, werden drei Formen der DV unterschieden: Eine DV mit Reposition bei Kieferöffnung, eine DV ohne Reposition und eingeschränkter Kieferöffnung sowie eine DV ohne Reposition und ohne Kieferöffnungseinschränkung (Dworkin und LeResche 1992).

Basierend auf bildgebenden Verfahren werden differenziertere Einteilungen vorgenommen. Vogl und Eberhard haben anhand von MRT-Untersuchungen des Kiefergelenks sechs radiologische Stadien des Internal Derangements definiert. Die Stadien I bis III zeichnen sich durch einen zunehmenden Grad der DV und Diskusdeformation aus. In den Stadien IV bis VI kommt es zu progredienten ossären Degenerationen und Diskopathien bis hin zur Kondylusdestruktion und Diskusresorption (Vogel und Eberhard 1993).

Nach Wilkes werden fünf Internal Derangement Stadien unterschieden. Das Stadium I zeichnet sich durch eine geringe anteriore DV mit normaler Diskusmorphologie aus. Im Stadium II kommt es zu Veränderungen der Diskuskonfiguration. Im Stadium III liegt eine anteriore DV mit Deformation und -ausdünnung vor. Das Stadium IV ist durch eine fortschreitende Diskusdeformation sowie einsetzende Umbauprozesse charakterisiert. Schwere Deformationen, eine Perforation sowie eine Osteoarthritis kennzeichnen das Stadium V (Wilkes 1990).

Entsprechend der Zielsetzung der Arbeit, eine Aussage über die Diskus-Kondylus-Fossa-Beziehung zu treffen, werden knöcherne Veränderungen in der vorliegenden Arbeit nicht berücksichtigt. Dagegen ist versucht worden, die Formen der DV exakt zu definieren. Neben der Gruppe der physiologischen Kiefergelenke werden sechs Formen der DV unterschieden (s. Pkt. 3). Die Klassifikation berücksichtigt dabei neben der Ausprägung – Tendenz zur DV, partielle DV und totale DV – eine rotatorische Komponente des Diskus durch die Unterteilung der partiellen DV in eine mediale und laterale Form. Die posteriore DV wird nicht berücksichtigt.

Sie ist die am seltensten diagnostizierte Form der DV, die von einigen Autoren kritisch hinterfragt wird (Heffez 1998, Westesson et al. 1998).

### **5.1.2 Die MRT-Untersuchung**

Die MRT ist die Methode der Wahl in der Kiefergelenkdiagnostik (Sano 2000, Tasaki und Westesson 1993, Vogel und Eberhard 1993). Voraussetzung für eine reproduzierbare Auswertung ist eine gute Bildqualität (Schmitter et al. 2004). Diesem Punkt ist Rechnung getragen worden, indem alle Aufnahmen aus einer radiologischen Praxis stammen. Dadurch wird ein gleichbleibender Qualitätsstandard aller MRT gewährleistet. Jedes Kiefergelenk wurde bei geschlossenem Kiefer und bei maximaler Interkuspitation in der Sagittal- und Frontalebene sowie bei maximal geöffnetem Kiefer in der Sagittalebene untersucht. Zur Gelenkdiagnostik sollten Aufnahmen in der sagittalen und coronalen Ebene angefertigt werden. Die coronalen Schichten sind zur Differenzierung einer lateralen oder medialen DV hilfreich (Brooks und Westesson 1993, Tasaki und Westesson 1993, Tasaki et al. 1993a). Bei der visuellen Diagnostik wurden Aufnahmen in beiden Ebenen berücksichtigt. Die metrische Analyse der Parameter wird an kiefergeschlossenen Bildern in der Sagittalen durchgeführt. In dieser Ebene werden die zu beurteilenden Gelenkstrukturen am besten dargestellt (Pullinger und Seligman 2001). Alle MRT wurden mit einer Oberflächenspule als Empfangsspule in einem 0,5 T Magnetresonanztomographen (GYREX V Dlx der Fa. Elscint, Wiesbaden) angefertigt. Oberflächenspulen liegen der zu untersuchenden Region direkt auf und sind eine Voraussetzung in der Kiefergelenkdiagnostik (Vogel und Eberhard 1993). Als Messequenz wurde bei geschlossenem Kiefer eine Spinechosequenz in T1-Wichtung (TR/TE 450/25ms), bei geöffnetem Kiefer eine Gradientenechosequenz in der Flash-2D-Technik in T2-Wichtung (TR/TE 450/20ms) verwendet. Ziel der Gradientenechosequenz ist es mandibuläre Grenzbewegungen besser zu visualisieren (Vogel und Eberhard 1993). Die T1-Wichtung zeichnet sich durch eine gute topographische Auflösung aus, wobei sich der Diskus articularis besonders gut abgrenzen lässt (Vogel und Eberhard 1993). Eine Verbesserung der Bildqualität wäre durch eine Reduzierung der Schichtführung zu erreichen gewesen (Westesson et al. 1992). Eine Schichtung von 3 mm ist in der Literatur ein üblicher Untersuchungsparameter und klinisch ausreichend (Emshoff et al. 2002a, Emshoff und Rudisch 2001, Kinniburgh et al. 2000, Milano et al. 2000, Nebbe et al. 1998b). Auch bei größeren Schichtstärken ist noch eine valide Kiefergelenkdiagnostik möglich (Hugger et al. 1993, Kerstens et al. 1989). Statt der zum damaligen Zeitpunkt verwendeten Niedrigfeldanlage werden heute meist Geräte mit Feldstärken

von 1,5 T zur Kiefergelenkdiagnostik eingesetzt (Emshoff et al. 2002a, Milano et al. 2000, Müller-Leisse et al. 1997). Mit einem Untersuchungsvolumen von 14 cm x 14 cm und einer Akquisitionsmatrix von 256 x 256 konnte eine Pixelgröße von 0,5 mm x 0,5 mm erreicht werden. Durch die gewählte Akquisitionsmatrix werden Einfaltungen vermieden. Allerdings bedingt sie eine verlängerte Messzeit (Vogel und Eberhard 1993).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das verwendete Untersuchungsprotokoll die notwendige Bildqualität gewährleistet, um reproduzierbare Auswertungsergebnisse zu erhalten.

### **5.1.3 Die visuelle MRT-Auswertung**

Die Erfahrung des Auswertenden ist von großer Bedeutung für eine valide MRT-Diagnostik. Das belegen Studien, die die inter- und intraindividuellen Abweichungen bei der MRT-Auswertung untersucht haben (Nebbe et al. 2000, Orsini et al. 1997, Tasaki et al. 1993b). Nach Tasaki und Westesson ist eine korrekte Beurteilung der Diskuslage durch erfahrene Auswerter in 95% der Fälle möglich (Tasaki und Westesson 1993). Andere Autoren geben Werte zwischen 83% und 85% an (Hansson et al. 1989, Katzberg et al. 1988). Um das Risiko einer Fehldiagnose gering zu halten, sind in der vorliegenden Studie nur MRT berücksichtigt worden, die unabhängig von drei Auswertern eindeutig befundet wurden. Durch das zuvor festgelegte MRT-Protokoll (s. Abb. 1) wurde die Diagnostik so weit wie möglich standardisiert. Für jedes zu beurteilende Kiefergelenk lagen mindestens eine gut zu beurteilende mediale, zentrale und laterale Schicht vor. Bei der Zusammenstellung der Normgruppe wurden nur Aufnahmen berücksichtigt, die keinerlei Abweichungen des Diskus von der physiologischen Diskus-Kondylus-Fossa Beziehung aufwiesen. Lediglich Fibrosierungen im Bereich der bilaminären Zone wurden akzeptiert.

## 5.1.4 Die metrische MRT-Analyse

### 5.1.4.1 Die Digitalisierungspunkte und Messstrecken

Um die Diskus-Kondylus-Fossa Beziehung metrisch zu erfassen, berücksichtigt die MRT-Analyse Messpunkte an allen beteiligten Gelenkstrukturen. Die Diskuslage wird durch die Parameter P2PLD1, P2PLDM1 und P2PLD2 beurteilt. Die Variablen P2PLG1, P2PLG3, P2PLG5 und P2PLP6 erfassen die Kondylus-Fossa-Relation. Die Strecken P1P2 und P2PLP3 werden direkt bzw. indirekt aus zwei anatomischen Punkten des Os temporale konstruiert. P1P2, festgelegt durch die kranialsten Punkte der Fossa articularis und des Porus acusticus und P2PLP3, definiert als Distanz zwischen dem kaudalsten Punkt der Eminentia articularis und dem Schnittpunkt des Lots durch den tiefsten Punkt der Eminentia mit der P2-Perpendicularen (s. Abb. 12).

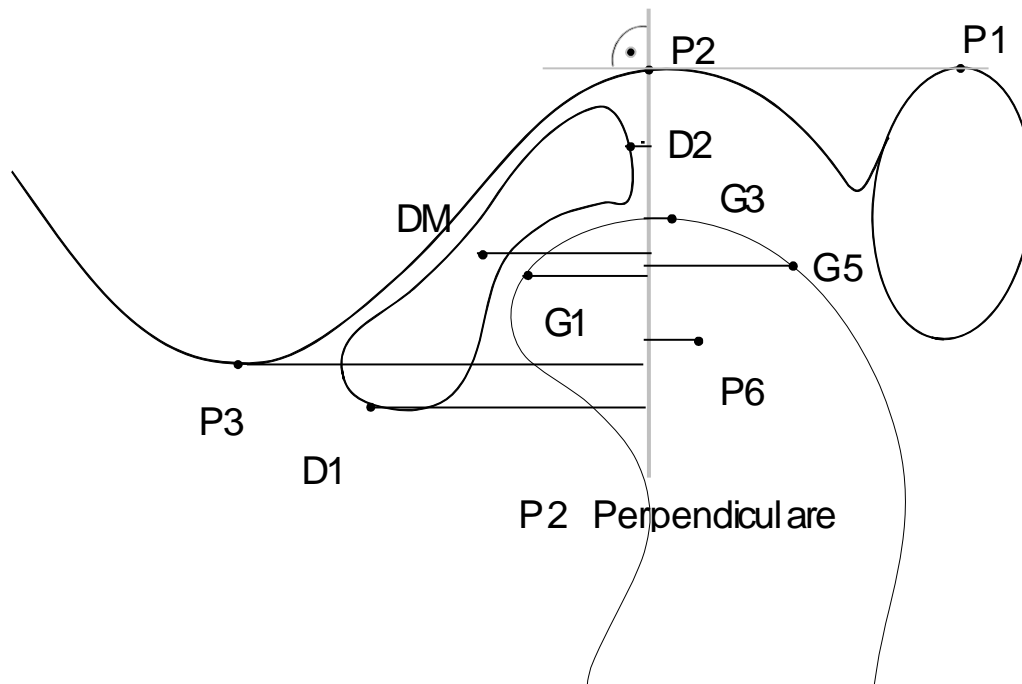


Abb. 12: Schemazeichnung der verwendeten Digitalisierungspunkte der MRT-Analyse nach Bumann

Bei der Analyse werden die Kiefergelenkstrukturen in Bezug zur P2-Perpendicularen, einer Senkrechten durch den kranialsten Punkt der Fossa articularis, vermessen. Die Diskusposition wird mittels des Diskusmittelpunktes (DM), des Diskushinterrandes (D2) und -vorderandes (D1) beurteilt. Die Lage des Gelenkköpfchens wird durch vier Messpunkte bestimmt. Neben dem Kondylusmittelpunkt (P6) werden der dorsalste (G5), der kranialste (G3) und der der Protuberantia am nächsten gelegene Punkt (G1) berücksichtigt (s. Pkt.3.4.2.1).

Wie in der Einleitung unter Punkt 1.6 ausgeführt, werden in der Literatur unterschiedliche Referenzebenen verwendet. Vielfach wurden diese zunächst an Tomographien bestimmt (Blaschke und Blaschke 1981a, Madsen 1966, Ricketts 1950, Sund et al. 1983). Das bedingt unter Umständen Probleme bei der Übertragung der Methode auf die MRT-Bilder.

Die Strecke **P1P2** diene in der vorgestellten metrischen Analyse als Referenzebene. Die knöchernen Punkte sind in der MRT sehr gut zu lokalisieren (Vargas Pereira 1997). Ein weiterer Vorteil liegt nach Mavreas und Athanasiou darin, dass sie in etwa der Camperschen Ebene entspricht, die nahezu parallel zur Horizontalen verläuft. Aufgrund dessen können die Kiefergelenkstrukturen anschaulich in Relation zur wahren Horizontalen und Vertikalen angegeben werden (Mavreas und Athanasiou 1992).

Eine Referenzlinie, die durch den Oberrand des Porus acusticus **P1** und den prominentesten Punkt des Tuberculum **P3** verläuft, geben Sund et al. an. Die Untersuchung wurde an Röntgenbildern durchgeführt (Sund et al. 1983). Kurita et al. übertrugen die Referenzlinie bei ihren MRT-Studien und gaben metrische Werte für diese an (Kurita et al. 1998b, Kurita et al. 2001). Ein Vergleich dieser Werte mit der Summe der Strecken P1P2 und P2PLP3 ist aufgrund des differierenden Neigungswinkels nicht möglich. Ebenso ist die Wahl der Strecke P2PLP3 als Referenzlinie nicht sinnvoll, da sie nur mittels der Linien P1P2 und der P2-Perpendicularen bestimmt werden kann.

Die zur Erfassung des Diskus und des Kondylus verwendeten Punkte wurden alle bereits in verschiedenen Analyseverfahren verwendet. Hierbei wurden meist andere Bezugsstrecken gewählt, so dass ein Vergleich der Messwerte nicht sinnvoll erscheint. Die Studien belegen jedoch die Reproduzierbarkeit der Messpunkte.

Bell und Yamaguchi bestimmten den Kondylusmittelpunkt **P6** bei Laminographien anhand eines Koordinatensystems bestehend aus der Basislinie nach Madsen und einer Senkrechten durch den Zenit der Fossa. Die Basislinie ist definiert als Strecke durch die Fissura squamotympanica und den Rand der Eminentia articularis (Madsen 1966). Die Lage des Kondylenmittelpunkts wird dabei durch die x- und y-Koordinaten angegeben (Bell und Yamaguchi 1991). Eine Methode, die unter anderem auf der Differenz der Senkrechten auf die Basislinie nach Madsen durch den Kondylusmittelpunkt und den Zenit der Fossa beruht, wurde von Pullinger und Hollender in einer an Tomographien durchgeführten Vergleichsstudie beschrieben. Es wurde jedoch kein Messwert für die Differenz angegeben (Pullinger und Hollender 1986). Müller-Leisse et al. maßen an MRT-Bildern den Abstand des Kondylusmittelpunkts zu einer Senkrechten zur

Bildwaagerechten, die etwa  $3^\circ$  von der Frankfurter Horizontalen abwich, durch den Scheitelpunkt der Fossa articularis (Müller-Leisse et al. 1997).

Darüber hinaus wird die Kondylenposition mittels dem der Protuberantia am nächsten gelegenen Kondylenpunkt **G1** bestimmt. In anderen Studien wird mittels des Punktes G1 der vordere Gelenkspalt vermessen (Kinniburgh et al. 2000, Major et al. 2002). In den Arbeiten von Vargas Pereira und Zangiabadi wurden die Distanzen zwischen der Eminentia articularis und dem Punkt G1 sowie dem Kondylusmittelpunkt P6 in Projektion auf eine Tangente an der Tuberantia gemessen. Aufgrund der schlechteren Lokalisierbarkeit des Punktes P6 wurde der Punkt G1 zur Bestimmung der Kondylenlage empfohlen (Vargas Pereira 1997, Zangiabadi 2004). Die differentialdiagnostische Aussagekraft der Messungen war jedoch gering (Zangiabadi 2004), so dass von Bumann in der neuen MRT-Analyse mit der Senkrechten durch den Scheitelpunkt der Fossa eine andere Bezugsebene gewählt wurde.

Der dorsalste Punkt des Kondylus **G5** wird häufig zur Messung des dorsalen Gelenkspalts und damit indirekt zur Lagebestimmung des Gelenkköpfchens benutzt (Pullinger und Hollender 1986, Vargas Pereira 1997). Um eine Aussage über die Diskus-Kondylus-Lage zu treffen, wurden von Kurita et al. die Projektionen des Diskus- sowie des Kondylushinterrands auf die von Sund et al. angegebene Basislinie gemessen (Kurita et al. 1998b, Kurita et al. 2001, Sund et al. 1983).

Mittels des Abstandes des kranialsten Kondyluspunktes **G3** zur P2-Perpendicularen wird ebenfalls die Kondylus-Fossa-Relation bestimmt. Die P2PLG3-Messwerte sind mit der in der oben zitierten Arbeit von Mavreas und Athanasiou angegebenen Variable CH1x vergleichbar. Die Variable CH1x ist definiert als die x-Koordinate des kranialsten Punktes des Kondylus innerhalb des durch die Strecken P1P2 und die Senkrechte durch den Oberrand des Porus acusticus festgelegten Koordinatensystems (Mavreas und Athanasiou 1992). Sie entspricht der Differenz aus P1P2 und P2PLG3 (s. Pkt. 5.2.1). Bezüglich der Variablen CH1x ergaben die Messungen an Tomographien reproduzierbare Ergebnisse (Mavreas und Athanasiou 1992).

In der genannten Arbeit von Müller-Leisse et al. wurden auch Messungen von der Senkrechten zum Diskushinterrand **D2** durchgeführt. Die Autoren gaben in dem Artikel allerdings keine Messwerte an (Müller-Leisse et al. 1997).

Neben dem Diskushinterrand wird die Diskus-Fossa-Relation mittels der Strecken zum Diskusmittelpunkt **DM** und zum Vorderrand **D1** beurteilt. Die Aussage der drei Parameter stimmen überein. Insbesondere bei der TDV werden gehäuft degenerative Veränderungen des

Diskus beschrieben (de Leeuw et al. 1995, Milano et al. 2000, Toyama et al. 1999), wobei mit zunehmendem Ausprägungsgrad der DV eine Verkürzung des Diskus beobachtet wird (Hugger et al. 1993, Müller-Leisse et al. 1997, Toyama et al. 1999, Zangiabadi 2004). Die Diskusdimension bleibt bei nur einer Messstrecke unberücksichtigt. Insofern ist es sinnvoll wenigstens zwei Diskuspunkte bei der Messung zu berücksichtigen. Mittels des Diskusvorder- und -hinterrandes wird der Diskusmittelpunkt DM mathematisch als Mittelpunkt der Verbindungslinie bestimmt. Vor dem Hintergrund, dass es bei Diskusdeformationen oft nicht möglich ist die Pars intermedia abzugrenzen, erscheint das Vorgehen zur Bestimmung des Diskusmittelpunktes sinnvoll. Der Hinterrand des Diskus ist in der Regel in allen Sequenzen darstellbar, weshalb empfohlen wird, diesen als Bezugspunkt zu wählen (Vogel und Eberhard 1993). Eine mögliche Fehlerquelle stellt hier die Fibrosierung der bilaminären Zone dar (Drace et al. 1990). Über die Differenz der beiden Strecken P2PLD2 und P2PLD1 auf die Diskuslänge zu schließen ist nicht möglich. Valide Vermessungen des Diskus wurden in mehreren Arbeiten durchgeführt (Müller-Leisse et al. 1997, Nebbe et al. 1998b, Vargas Pereira 1997, Zangiabadi 2004) und sind nicht Ziel der vorliegenden Untersuchung.

Obwohl die verwendeten Messpunkte und die daraus resultierenden Strecken in der Literatur zum Teil in ähnlicher Weise definiert sind, zeigen die Ausführungen, dass bisher kaum vergleichbaren Messdaten vorliegen.

#### 5.1.4.2 Eingabegenauigkeit der Messpunkte

Voraussetzung für eine aussagekräftige metrische Analyse ist ihre exakte Reproduzierbarkeit. Dabei kommt es zum einen auf die Genauigkeit der verwendeten technischen Geräte an und zum anderen auf die Eingabegenauigkeit der in der Analyse verwendeten Digitalisierungspunkte.

Die Analyseparameter errechnen sich alle aus den in der Arbeit von Vargas Pereira angegebenen Messpunkten. Die Reproduzierbarkeit der verwendeten Punkte ist statistisch nachgewiesen worden (Vargas Pereira 1997). Fehler aufgrund der verwendeten Punkte sind daher nicht zu erwarten. Die Digitalisierungspunkte des Diskus sind aufgrund des Auflösungsvermögens der MRT nicht optimal zu lokalisieren. Sie liegen aber innerhalb der geforderten Genauigkeit (Vargas Pereira 1997). Hinsichtlich der Bestimmung des Diskusmittelpunktes ist die Besonderheit zu berücksichtigen, dass er rechnerisch als Mittelpunkt der Strecke von Diskusvorder- und -hinterrand bestimmt wird. Bei der Messung der Strecke P2PLDM1 gehen

also Lokalisationsfehler des Diskusvorderrandes D1 und –hinterrandes D2 ein, so dass er nicht optimal zu sein scheint die Diskus-Fossa-Beziehung wiederzugeben.

Eine mögliche Fehlerquelle ergibt sich aus der Präzision des verwendeten Digitalisiertabletts (Scriptel RDT, Scriptel Corporation Columbus, Ohio, USA). Diese liegt nach Herstellerangaben bei  $\pm 0,25$  mm. Damit liegt sie in der Größenordnung, die für den mittleren Fehler des Mittelwertes der Diagnosegruppen berechnet worden ist. Die Präzision ist hinreichend genau.

Die MRT und die sich daraus ergebenden Fehlermöglichkeiten sind bereits in den vorangehenden Punkten diskutiert worden. Zahlreiche andere MRT-Analysemethoden, die teilweise dieselben Messpunkte verwenden (s. Pkt. 5.1.4.1), belegen die Reproduzierbarkeit der Messungen in der MRT (Kurita et al. 2001, Major et al. 2002, Nebbe et al. 1998a, Nebbe et al. 1998b).

### **5.1.5 Die statistische Auswertung**

Zunächst ist geprüft worden, ob die Daten den Voraussetzungen für die Anwendung parametrischer Tests genügen. Die Anwendung des t-Tests stellt drei Bedingungen an die Daten (Bortz 1988): Die Stichproben sollen aus normalverteilten Populationen stammen. Die Stichprobenumfänge sollen in etwa übereinstimmen und drittens soll die Varianzhomogenität gegeben sein. Damit der Test als robust bezeichnet werden kann, sollen wenigstens zwei der drei Voraussetzungen erfüllt sein (Bortz 1988). Eine Normalverteilung ist im Kolmogorov-Smirnov-Test mit Signifikanzkorrektur nach Lilliefors nicht für alle Gruppen zu belegen. Mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit  $p < 0,05$  sind für viele Variablen Abweichungen von der Normalverteilung zu vermuten (Bühl und Zöfel 2002, Pospeschill 2004). Auch aufgrund der Schiefe ist nicht anzunehmen, dass die Parameterwerte aller Diagnosegruppen normalverteilt sind. Die Schiefe ist ein Maß für die Asymmetrie einer Verteilung und beträgt bei symmetrischen Daten Null. Liegt die Schiefe zwischen -1 und +1, dürfen die Daten als normalverteilt angesehen werden (Pospeschill 2004).

Die Voraussetzung der Varianzhomogenität ist im Levene-Test ( $p > 0,20$ ) nicht gegeben (Pospeschill 2004). Nach Schwarze kann die Bedingung der Varianzgleichheit bei genügend großen  $n$  ( $n > 30$ ) vernachlässigt werden (Schwarze 1986). Die Gruppengröße der PDVL ( $n=12$ ) liegt jedoch unter dem geforderten Stichprobenumfang. Werden nichtparametrische Tests im Falle normalverteilter Stichproben angewendet, so haben diese im Allgemeinen eine Effizienz



von 95% der entsprechenden parametrischen Tests (Bühl und Zöfel 2002). Bei teilweise nicht normalverteilten Werten empfiehlt es sich daher nichtparametrische Tests anzuwenden. In diesem Fall kann statt des t-Tests für unabhängige bzw. abhängige Stichproben der U-Test nach Mann und Whitney für zwei unabhängige Stichproben und der Wilcoxon-Test sowie der H-Test nach Kruskal und Wallis bei zwei bzw. mehreren abhängigen Stichproben angewandt werden (Bühl und Zöfel 2002). Als Post-Hoc Test zur Vermeidung der Alpha-Fehler-Kumulierung ist eine Bonferroni-Korrektur vorgenommen worden (Bortz 1988).

Zur Differenzierung der Mittelwerte der verschiedenen Diagnosegruppen wird in der Arbeit zusätzlich das 95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert betrachtet. Es kann bei ausreichend großem Stichprobenumfang ( $n \geq 30$ ) approximativ auch im Falle nicht-normalverteilter Merkmale verwendet werden (Sachs 1999). Für die Gruppe der PDVL wird der Stichprobenumfang unterschritten. Im Kolmogorov-Smirnov-Test liegen für diese Gruppe jedoch keine signifikanten p-Werte vor, so dass hier von einer angenähert normalverteilten Grundgesamtheit ausgegangen werden kann (Bühl und Zöfel 2002).

## 5.2 Ergebnisdiskussion

### 5.2.1 Mittelwerte der Normgruppe

In der vorliegenden Arbeit wird die Strecke **P1P2** als Referenzebene verwendet. Die exakten Werte der Referenzstrecke sind für die Beurteilung der Gelenkbinnenstruktur nicht relevant, da keine prozentualen Angaben in Bezug auf diese vorgenommen werden. Wichtig ist die exakte Lokalisierbarkeit der Digitalisierungspunkte, die statistisch belegt ist (Vargas Pereira 1997). Die gute Lokalisierbarkeit ist auch für die Strecke P2PLP3 nachgewiesen worden (Vargas Pereira 1997). Wie unter Punkt 5.1.4.1 angesprochen, ist die Strecke P2PLP3 als Referenzebene jedoch weniger geeignet, da sie mittels der P2-Perpendicularen konstruiert wird. Ein Vergleich des Normgruppenmittelwerts der P1P2-Messungen mit den Ergebnissen von Mavreas und Athanasiou ist aufgrund der fehlenden Messangaben für die Strecke P1P2 nicht möglich. Allerdings kann mittels der in der Studie angegebenen Variable CH1x die **Kondylenposition** der Normgruppe mit der des Patientengutes von Mavreas und Athanasiou verglichen werden (s. Tab. 30). Die Variable CH1x ist mit der Differenz aus P1P2 und P2PLG3 gleichzusetzen und beurteilt die Position des kranialsten Kondyluspunktes (Mavreas und Athanasiou 1992).

Tab. 30: Vergleich der Kondylenposition nach Mavreas und Athanasiou mit den eigenen Ergebnissen

Tabellarische Darstellung der Kennzahlen ausgewählter Variablen (s. Pkt.3.4.2.2) der Normgruppe (NG) sowie der Ergebnisse der Studie von Mavreas und Athanasiou. Die Variable CH1x ist definiert als die x-Koordinate des kranialsten Punktes des Kondylus innerhalb des durch die Strecken P1P2 und die Senkrechte durch den Oberrand des Porus acusticus festgelegten Koordinatensystems (Mavreas und Athanasiou 1992). Sie entspricht der Differenz der Parameter P1P2 und P2PLG3 der NG (P1P2-P2PLG3). Erläuterungen siehe Text (Angaben in mm).

Studie	Eigene Ergebnisse									Mavreas und Athanasiou 1992		
Bildgebendes Verfahren	Magnetresonanztomographie									Tomographie		
Patientengut	Normgruppe (NG)									Differenzierung des Patientengutes nach geplanter Umstellungsosteotomie von		
	gesamte NG		NG mes.		NG lat.		NG	NG mes.	NG lat.	Maxilla	Mandibula	Maxilla und Mandibula
Variable	P1P2	P2PLG3	P1P2	P2PLG3	P1P2	P2PLG3	P1P2-P2PLG3			CH1x	CH1x	CH1x
n=	115	115	59	59	56	56	115	59	56	10	24	10
Mw	13,1	0,7	12,69	0,78	13,5	0,61	12,39	11,91	12,9	15,02	14,21	14,36
Stabw	2,33	1,18	2,39	1,07	2,2	1,28	2,17	2,26	1,98	1,88	1,5	1,07
Minimum	5,7	-4,5	5,7	-2,0	9,1	-4,5	7,6	7,6	9,4	13,47	10,94	12,73
Maximum	19,3	3,8	19,0	3,8	19,3	3,6	18	16,6	18	19,78	17,38	15,63

Die eigenen Werte sind im Vergleich zu denen von Mavreas und Athanasiou kleiner. Das Gelenkköpfchen liegt entsprechend weiter dorsal. Es besteht eine maximale Differenz der arithmetischen Mittelwerte von 3,11 mm. Auffällig sind die Minima, die weit auseinander liegen, was sich auch in der größeren Standardabweichung der eigenen Messwerte zeigt. In dem eigenen Patientengut besteht somit eine größere Variationsbreite der Kondylenlage. Eine Erklärung mag in der inhomogeneren Altersstruktur des Patientengutes liegen. Die Spannweite des Patientenalters ist mit 9 bis 65 Jahren im Vergleich zu der von Mavreas und Athanasiou größer. Dem Erklärungsansatz steht jedoch entgegen, dass die Rangkorrelation nach Spearman keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Patientenalter und dem Parameter P2PLG3 ergeben hat (s. Tab. 28). Die Normgruppe besteht ausschließlich aus Kiefergelenken mit einer physiologischen Diskuslage (s. Pkt. 3.4.1). Mavreas und Athanasiou vermaßen dagegen Gelenke von Patienten, die sich einer Dysgnathieoperation unterzogen. Über möglicherweise vorhandene DV wurden keine Angaben gemacht (Mavreas und Athanasiou 1992). Vor diesem Hintergrund kann eine große Variationsbreite der Kondylenposition als physiologisch angesehen werden.

Neben P2PLG3 werden drei weitere Parameter gemessen, die die Kondylus zu Fossa Beziehung wiedergeben. Alle vier Strecken treffen die gleiche Aussage. Die Kondylenpunkte konnten bei Eingabewiederholungen alle mit der erforderlichen Zuverlässigkeit angegeben werden. Der Zuverlässigkeitskoeffizient nach Houston war für den Punkt G5 am größten (Vargas Pereira 1997), so dass die Strecke P2PLG5 am besten zur Bestimmung der Kondylenposition geeignet zu sein scheint. In der vorgestellten metrischen Analyse wird die Kondylusposition bezüglich der P2-Perpendicularen angegeben. Die berechneten 95%-Konfidenzintervalle des Mittelwertes (s. Tab. 3) sowie die 25. und 75. Perzentilen zeigen (s. Abb. 3), dass der der Protuberantia am nächsten gelegene Punkt G1 vor, die anderen Punkte in der Regel hinter der Bezugslinie liegen. Die Werte der Kondylenpunkte lassen eine geringe dorsale Position des Kondylus in der Fossa physiologisch erscheinen. Ebenso gaben Müller-Leisse et al. an, dass der Kondylusmittelpunkt bei geschlossenem Kiefer 0,7 mm ( $\pm 1,1$  mm) hinter dem Scheitelpunkt der Fossa lag. In der Normgruppe liegt der Mittelpunkt P6 mit 1,51 mm ( $\pm 1,6$  mm) weiter dorsal. Da jedoch eine Bezugsebene mit leicht differierendem Neigungswinkel gewählt worden ist, sind die metrischen Ergebnisse nur bedingt vergleichbar (Müller-Leisse et al. 1997). Das Box- und Whiskersdiagramm weist auf eine hohe Variationsbreite der Kondylusposition in der Normgruppe hin (s. Abb. 3). Auch Pullinger et al. beobachteten eine hohe Variabilität der Kondylusposition bei asymptomatischen Probanden (Pullinger et al. 1985). Da jedoch bei asymptomatischen Patienten zu einem hohen Prozentsatz keine regelgerechte Diskuslage besteht

(Tasaki et al. 1996), vermuteten Ren et al., dass bei der Untersuchung Probanden mit DV einbezogen wurden. Ren et al. führten daher eine entsprechende Untersuchung an Gelenken mit ausschließlich regelgerechter Diskuslage durch. Die Studie bestätigte die Ergebnisse von Pullinger et al. (Ren et al. 1995a). Vor diesem Hintergrund erscheint das therapeutische Konzept, den Kondylus zentral in der Fossa einzustellen, nicht gerechtfertigt (Pullinger et al. 1985, Weinberg 1979).

Zur Bestimmung der **Diskus-Fossa-Beziehung** werden drei Parameter gemessen. Im Mittel liegt der Diskus vollständig vor der Senkrechten. Der Diskusvorderrand D1 liegt maximal auf und der Mittelpunkt DM gering dorsal der P2-Senkrechten. Der Diskushinterrand D2 befindet sich zumeist knapp vor, teilweise hinter der Senkrechten des Scheitelpunktes der Fossa. Im Durchschnitt liegt der Punkt D2 in der gesamten Normgruppe 0,31 mm vor der Senkrechten (s. Tab. 3). In der Literatur wird die Diskusposition in der Regel in Bezug zum Kondylus definiert und nicht zum Zenit der Fossa. Wenn man die Definition einer physiologischen Diskus-Kondylus-Lage nach Drace und Enzmann oder Vogel und Eberhard zugrunde legt, befindet sich die Pars posterior in der 10- bis 12-Uhr- bzw. der 11- bis 12-Uhr-Position zum Kondylus (Drace und Enzmann 1990, Vogel und Eberhard 1993). Ein indirekter Vergleich unserer Ergebnisse ist möglich, indem man die Differenz der Strecken P2PLP6 und P2PLD2 bildet. Bei negativen Werten liegt der Kondylusmittelpunkt hinter dem Diskushinterrand. Für die Normgruppe ergibt sich ein arithmetischer Mittelwert von -1,82 mm ( $\pm 1,39$  mm). Das Minimum beträgt -4,6 mm und das Maximum 2,1 mm. In der Regel liegt der Kondylusmittelpunkt damit hinter dem Diskushinterrand. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit denen von Drace und Enzmann. Bei einem physiologischen Winkel zwischen Hinterrand des Diskus und einer Senkrechten durch den Kondylusmittelpunkt von  $10^\circ$  liegt der Diskushinterrand vor dem Kondylusmittelpunkt (Drace und Enzmann 1990). Minima und Maxima der Differenz aus P2PLP6 und P2PLD2 verdeutlichen, dass die Pars posterior physiologisch auch weit vor bzw. hinter dem Kondylusmittelpunkt liegen kann. Die Kritiker des 12-Uhr-Kriteriums, die es als unzureichend ansehen, werden somit teilweise bestätigt (Nebbe et al. 1998b, Orsini et al. 1998).

Weiterhin kann man die Messungen für P2PLG3 und P2PLD2 addieren. Der Mittelwert der Summe beträgt 1,01 mm ( $\pm 1,09$  mm), das Minimum -2,5 mm und das Maximum 3,3 mm. Dementsprechend liegt der Diskushinterrand im Mittel vor dem kranialsten Punkt des Kondylus. Entsprechend der Zielsetzung können Durchschnittswerte für alle Parameter angegeben werden (s. Tab. 3).

## 5.2.2 Parameter der Normgruppe versus Patientenalter und Geschlecht

Die **erste** eingangs aufgestellte **Hypothese**, dass Frauen und Männer der Normgruppe signifikant unterschiedliche Parameterwerte aufweisen, muss abgelehnt werden.

Für keine der gemessenen Strecken sind geschlechtsspezifische Unterschiede zu beobachten (s. Tab. 29). In der Literatur werden teilweise Unterschiede hinsichtlich der Diskusdimension und -lage sowie der Kondyluslage beschrieben. Die Ergebnisse sind jedoch widersprüchlich. In Bezug auf den Kondylus wurde einerseits eine dorsalere Position bei Frauen beobachtet, während andere keine signifikanten Unterschiede beobachteten oder gegensätzliche Befunde beschrieben (Madsen 1966, Pullinger et al. 1986, Ren et al. 1995a, Vargas Pereira 1997). Der Diskus soll bei Frauen weiter anterior liegen (Vargas Pereira 1997). Ein weiter ventral positionierter Diskus zusammen mit einer dorsalen Kondyluslage wie von Vargas Pereira bei Frauen beschrieben, wäre ein möglicher prädisponierender Faktor für eine anteriore DV und damit eine Erklärung für die bei Frauen häufiger diagnostizierten DV (Nebbe und Major 2000, Vargas Pereira 1997). Es gibt auch Hinweise darauf, dass der Diskus bei Frauen durchschnittlich kleiner ist als bei Männern (Major et al. 2002). Ebenso werden geschlechtsbedingte Unterschiede der Neigung der Eminentia articularis beschrieben (Ren et al. 1995b).

Aufgrund der eigenen Ergebnisse werden bei der Angabe der Normwerte keine geschlechtsspezifischen Unterschiede berücksichtigt

Auch die **zweite Hypothese**, dass in der Normgruppe Korrelationen zwischen dem Patientenalter und den Parametermesswerten bestehen, kann nicht aufrechterhalten werden.

In der Arbeit ist bis auf eine geringe Korrelation zwischen dem Patientenalter und der Strecke P2PLP3 keine Korrelationen gefunden worden (s. Tab. 28 und Abb. 11). Die Parametermittelwerte der einzelnen Altersgruppen sind in Tabelle 31 dargestellt. Für die Strecke P2PLP3 zeigt sich mit zunehmendem Alter eine Abnahme der Mittelwerte. Die Strecke P2PLP3 ist ein Maß für den Abstand zwischen dem kranialsten Punkt der Fossa und dem kaudalsten Punkt der Eminentia articularis. Anhand kephalometrischer Auswertungen beschrieb Ricketts ebenfalls altersabhängige Veränderungen der Eminentia und Fossa articularis. Die Stichprobe wurde dabei in vier Altersgruppen unterteilt (5-10 Jahre, 11-14 Jahre, 15-22 Jahre und >22 Jahre). Er gab eine Zunahme des Neigungswinkels und der Höhe der Eminentia sowie der Höhe der Fossa articularis in Bezug zur Frankfurter Horizontalen an (Ricketts 1950). Dagegen konnten Ren et al. bei einer Stichprobe zwischen dem 21. und 70. Lebensjahr keine Korrelation zwischen dem Alter und der Protuberantianeigung beobachten. Mit zunehmendem Grad der DV wurde

jedoch eine Abnahme der Neigung der Eminentia articularis beschrieben (Ren et al. 1995b). Andere Autoren konnten keine Unterschiede zwischen den verschiedenen Formen einer DV finden (Galante et al. 1995).

Hinsichtlich der Kondylenposition konnten Ren et al. bei Patienten mit normaler Diskuslage anhand von Tomogrammen ebenfalls keine Korrelation zwischen der Kondylenposition und dem Alter beobachten (Ren et al. 1995a). Pullinger et al. gaben bei Patienten ab dem 45. Lebensjahr eine vergleichsweise dorsale Kondyluslage an. Die Angaben bezogen sich jedoch auf Patienten, die sich aufgrund einer TMD in Behandlung befanden (Pullinger et al. 1986).

Mit zunehmendem Alter wird ebenfalls eine Höhenreduzierung der Pars intermedia und Pars posterior des Diskus angegeben (Hansson et al. 1977). Vargas-Pereira fand hingegen keine Korrelationen zwischen dem Patientenalter und den Messungen der Diskus-Kondylus-Fossa-Relation (Vargas Pereira 1997).

Aufgrund der lediglich geringen Korrelation des Patientenalters mit der Strecke P2PLP3 und keinen weiteren signifikanten Korrelationen werden die Normwerte auf der Grundlage der gesamten Normgruppenstichprobe angegeben.

Tab. 31: MRT-Analyseparameter der Normgruppe in Abhängigkeit vom Alter

Tabellarische Darstellung der Mittelwerte (Mw) und Standardabweichungen (Stabw) der Parameter (3.4.2.2) für verschiedene Altersgruppen auf der Grundlage der Normgruppe (Angaben in mm).

Die Strecke zum kaudalsten Punkt der Eminentia (P2PLP3), für die der Spearman'schen Rangkorrelations Koeffizient eine geringe Korrelation bezüglich des Patientenalters vermuten lässt (s. Tab 28), nimmt mit fortschreitendem Alter ab (grau unterlegte Felder). Die übrigen Parameter lassen keine altersabhängigen Veränderungen erkennen.

Parameter der MRT-Analyse	Altersgruppen											
	<20 Jahre (n=14)		20-29 Jahre (n=29)		30-39 Jahre (n=28)		40-49 Jahre (n=14)		50-59 Jahre (n=26)		≥60 Jahre (n=4)	
	Mw	Stabw	Mw	Stabw	Mw	Stabw	Mw	Stabw	Mw	Stabw	Mw	Stabw
P1P2	11,41	2,64	13,19	1,92	13,59	2,24	13,23	2,72	12,97	2,11	15,15	2,24
P2PID1	-6,8	1,45	-5,61	1,76	-5,94	1,87	-4,76	0,93	-5,47	2,48	-2,73	1,59
P2PLDM1	-3,53	1,2	-3	1,29	-3,12	1,15	-2,41	0,72	-3	1,6	-1,23	1,04
P2PLD2	0,21	1,3	0,38	1,16	0,32	0,98	0,05	0,73	0,51	1,02	-0,23	0,54
P2PLG1	-2,76	1,44	-2,04	1,66	-2,44	1,35	-1,44	0,92	-1,94	1,61	-0,05	0,57
P2PLG3	0,44	1,24	0,74	1,37	0,38	1,1	1,04	0,77	0,8	1,14	1,75	0,82
P2PLG5	-3,37	1,85	-3,02	1,69	-3,11	1,74	-2,87	1,04	-3,1	1,44	-5,5	0,86
P2PLP6	-0,72	1,63	-1,54	1,75	-1,25	1,43	-1,74	0,94	-1,74	1,72	-3,53	0,72
P2PLP3	-10,96	1,68	-10,94	2,15	-10,68	2,36	-10,21	1,35	-9,57	2,46	-7,75	2,11

### 5.2.3 Mittelwerte der Diskusverlagerungsgruppen

Wie bei der Normgruppe sind auch für die DV-Gruppen Durchschnittswerte für alle Parameter getrennt nach medialen und lateralen Schicht berechnet worden.

Die Mittelwerte der Strecken **P1P2** und **P2PLP3** scheinen unabhängig von der Diagnose zu sein. Klinisch erscheinen die Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen unwesentlich und lassen keine sinnvolle Interpretation der Ergebnisse zu (s. Tab. 4).

Hinsichtlich der **Diskusparameter** nehmen die Beträge der Mittelwerte für alle drei Parameter von der Normgruppe bis hin zur totalen DV ohne Reposition zu. Die Digitalisierungspunkte des Diskus wandern entsprechend weiter nach ventral (s. Tab. 4). Das Ergebnis spiegelt die verwendete Klassifikation der DV wieder und steht in Übereinstimmung mit anderen Untersuchungen (Kurita et al. 2001, Toyama et al. 1999, Zangiabadi 2004).

Die Parameter, die die **Kondylus** zu Fossa Beziehung beschreiben, weisen darauf hin, dass der Kondylus bei den Formen der partiellen DV weiter dorsal liegt als bei denen der totalen DV (s. Tab. 4). Bei Fortschreiten einer partiellen DV zu einer totalen DV scheint sich der Kondylus wieder zentraler in der Fossa einzustellen. Entsprechende Ergebnisse werden auch in anderen Arbeiten angegeben (Kurita et al. 2001, Ozawa et al. 1999). Auch wenn sich der Kondylus mit zunehmender DV wieder zentrisch positioniert, so scheint er bei einer totalen DV die ursprüngliche Lage nicht zu erreichen wie die differierenden Mittelwerte der totalen DV und der Normgruppe zeigen. Die klinische Relevanz einer dorsalen Kondylenposition wird zunehmend kontrovers diskutiert (Pullinger et al. 1985, Ren et al. 1995a, Ronquillo et al. 1988). Ren et al. beobachteten bei anterioren DV ohne Reposition häufiger dorsale Kondylenpositionen als bei DV mit Reposition an. Aufgrund der hohen Variabilität der Kondylenlage sahen die Autoren darin keinen differentialdiagnostischen Parameter (Ren et al. 1995a). Diese Schlussfolgerung wird auch von anderen Autoren geteilt (Bonilla-Aragon et al. 1999). Zudem gilt es, die große Variabilität der Kondylenposition bei asymptomatischen Probanden zu beachten (Blaschke und Blaschke 1981b, Pullinger et al. 1985, Ren et al. 1995a).

### 5.2.4 Mediale versus laterale MRT-Schichten

Die **dritte Hypothese** nimmt Unterschiede zwischen den beiden Ebenen eines Kiefergelenks bei der partiellen DV nach medial und nach lateral in Bezug auf die Diskusparameter (P2PLD1, P2PLDM1 und P2PLD2) an.

Die Hypothese wird für die partielle DV nach lateral zurückgewiesen. Wider Erwarten wird in der Stichprobe für keinen Diskusparameter die geforderte Irrtumswahrscheinlichkeit unterschritten (s. Tab. 14), obwohl per Definition bei der partiellen DV nach lateral in der medialen Schicht eine eindeutige und in der lateralen keine oder nur eine diskrete DV besteht.

Für die partielle DV nach medial wird die Hypothese beibehalten. Es sind sowohl für die Referenzstrecke P1P2 als auch für die Diskusparameter signifikante Unterschiede gefunden worden (s. Tab. 14). Das Ergebnis ist widersprüchlich, da sich die Definitionen der beiden partiellen DV, bis auf die Seite nach der der Diskus abweicht, entsprechen. Die Ursache mag in der kleinen Stichprobe (n=12) der partiellen DV nach lateral begründet sein. Aufgrund der geringen Patientenzahl ist die Gefahr, dass Ausreißer den Mittelwert verfälschen erhöht (Bortz 1988). Hier ist es sinnvoll, die Untersuchung an einem größeren Patientengut zu wiederholen.

Inwieweit den Diskusparametern eine differentialdiagnostische Bedeutung hinsichtlich einer partiellen DV zukommt, ist nicht abschließend zu klären, da diesbezüglich ebenfalls Signifikanzen bei den totalen DV mit und ohne Reposition nachweisbar sind. Die Unterschiede bei den totalen DV mit und ohne Reposition lassen sich gegebenenfalls dadurch erklären, dass es bei ausgeprägten Formen der DV zu degenerativen Veränderungen des Diskus (de Leeuw et al. 1995, Milano et al. 2000, Toyama et al. 1999), des Kondylus (Müller-Leisse et al. 1997) und der Gelenkgrube (de Leeuw et al. 1996, Kirk 1989) kommen kann. Unterschiedlich stark ausgeprägte degenerative Veränderungen in den Kompartimenten des Kiefergelenks können möglicherweise die Unterschiede zwischen den medialen und lateralen Schichten in der MRT erklären.

Unter diesem Gesichtspunkt ist interessant, dass bezüglich der Kondylusparameter lediglich bei den totalen DV mit Reposition (P2PLG1) und ohne Reposition (P2PLG3 und P2PLG5) signifikante Unterschiede auftreten. Ein Erklärungsansatz sind degenerative Veränderungen, die bei fortgeschrittenen Formen der DV auftreten können (de Leeuw et al. 1996, Kirk 1989). Eine andere Ursache wäre eine rotatorische Komponente des Kondylus bei den totalen DV.

Bei der Tendenz zur partiellen DV besteht lediglich ein Unterschied hinsichtlich des Parameters P2PLD2, obwohl auch hier Signifikanzen für P2PLD1 und P2PLDM1 zu erwarten sind. Bei der Definition der Tendenz zur partiellen DV ist als Kritikpunkt anzuführen, dass keine weiteren Untergruppen gebildet worden sind. Somit wird nicht zwischen den Tendenzen zur medialen bzw. lateralen DV differenziert. Eine mögliche Erklärung ist daher, dass die Werte eines nach medial verlagerten Diskus durch den eines nach lateral verlagerten rechnerisch ausgeglichen werden. Die partielle DV nach medial ist die häufigste Verlagerungsform (Tasaki et al. 1996).



Daher ist anzunehmen, dass sich die Gruppe der Tendenz zur partiellen DV vornehmlich aus Patienten mit einer Tendenz zur partiellen DV nach medial zusammensetzt, so dass die Unterschiede hinsichtlich des Parameters P2PLD2 darauf zurückzuführen sind.

### 5.2.5 Vergleich der Diagnosegruppen

Die **vierte Hypothese** proklamiert Unterschiede zwischen der Normgruppe und den DV-Gruppen hinsichtlich der Diskus-Fossa-Relation. Sie wird in Abhängigkeit von der DV-Gruppe beibehalten.

Insbesondere lässt sich die Normgruppe durch alle drei Diskusparameter gegenüber der partiellen DV nach medial, der Tendenz zur totalen DV sowie den totalen DV mit und ohne Reposition abgrenzen (s. Tab. 7-9).

Innerhalb der partiellen DV nach medial finden sich für P2PLD2 nur Signifikanzen in den lateralen Schichten (s. Tab. 9). Für die Strecken P2PLD1 und P2PLDM1 bestehen interessanterweise Unterschiede in den medialen und lateralen Schichten (s. Tab. 7 und 8); allerdings nicht zwischen der lateralen Schicht der Normgruppe und der medialen Schicht der partiellen DV nach medial. Da der Diskus in der lateralen Schicht verlagert ist, lässt sich vermuten, dass die Strecken P2PLD1 und P2PLDM1 eine größere Sensitivität besitzen und die Strecke P2PLD2 eine größere Spezifität aufweist. Eine mögliche Erklärung liegt darin, dass der Diskusvorderrand D1 und der Diskusmittelpunkt DM aufgrund ihres größeren Abstandes zur P2-Perpendicularen eine vergleichsweise größere Verlagerung erfahren als der Diskushinterrand D2.

Die partielle DV nach lateral lässt sich durch keinen Parameter von der Normgruppe abgrenzen. Dies trifft sowohl für die mediale als auch die laterale Schicht zu. Wie bereits erläutert, liegt das möglicherweise an dem kleinen Stichprobenumfang (n=12; s. Tab. 7-9). Die partielle DV nach lateral ist auch die einzige Gruppe für die keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der totalen DV mit Reposition bestehen. In Bezug auf die totale DV ohne Reposition zeigt sich wiederum, dass die weiter ventral gelegenen Referenzpunkt DM und D1 des Diskus häufiger Signifikanzen ergeben als der Diskushinterrand D2 (s. Tab. 7-9).

Die zuvor geäußerte Vermutung, dass die Tendenz zur partiellen DV vornehmlich aus Patienten mit einer tendenziellen DV nach medial besteht (s. Pkt. 5.2.4), wird dadurch gestützt, dass signifikante Unterschiede vornehmlich zwischen den Mittelwerten der medialen Schichten bzw. dem der gesamten Normgruppe und den lateralen Ebenen der Tendenz zur partiellen DV

bestehen. Entsprechend lässt sich erklären, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den lateralen Aufnahmen der Tendenz zur partiellen DV und den medialen Schichten der totale DV mit Reposition vorliegt (s. Tab. 7-9).

Die Tendenz zur totalen DV und die totalen DV mit und ohne Reposition lassen sich gut gegenüber der Normgruppe abgrenzen. Lediglich zwischen den medialen Schichten der Tendenz zur totalen DV und den lateralen Schichten der Normgruppe bestehen hinsichtlich des Diskusvorderrandes D1 und -hinterrandes D2 keine signifikanten Unterschiede (s. Tab. 7-9). Dies lässt sich möglicherweise ebenfalls dadurch erklären, dass die Tendenz zur totalen DV vornehmlich aus Kiefergelenken besteht, die eine DV in der lateralen und eine Tendenz zur DV in der medialen Schicht aufweisen. Die Normgruppe ist auch die einzige Gruppe, die gegenüber der Tendenz zur totalen DV sicher abgegrenzt werden kann.

Für die Gruppe der totalen DV mit Reposition bestehen auch signifikante Unterschiede der drei Diskusparameter hinsichtlich der medialen Schichten der partiellen DV nach medial (s. Tab. 7-9). In der Medialebene besteht eine physiologische Diskus-Fossa-Beziehung, so dass die Parameter hier eine Differentialdiagnose zwischen einer totalen und einer partiellen DV ermöglichen. Eine Differenzierung zwischen der Tendenz zur totalen DV und der totalen DV mit Reposition ist nicht möglich.

Die totale DV ohne Reposition lässt sich von allen DV-Gruppen eindeutig unterscheiden.

Die Ergebnisse bestätigen andere MRT-Untersuchungen, die mittels unterschiedlicher Messungen der Diskusdimension und -lage versucht haben, verschiedene Stadien der DV metrisch zu erfassen. Zangiabadi konnte zeigen, dass die alte metrische Analyse nach Bumann eine Differenzierung der totalen DV mit und ohne Reposition von der Tendenz zur totalen DV und den partiellen DV ermöglicht (Zangiabadi 2004). Nebbe et al. stellten ebenfalls eine metrische Analyse vor, die über die Parameter Diskuslänge, das gemessene Ausmaß der DV und dem Quotienten den Grad einer DV bestimmt. Sie sehen darin eine gute Alternative zur visuellen Beurteilung des Diskus (Nebbe et al. 1998b). Toyama et al. beschrieben eine Methode, bei der der Quotient aus der Diskuslänge und der Eminentia articularis, gemessen in der Sagittalebene, gebildet wird. Statistisch ließ sich ein Zusammenhang zwischen Abnahme des Quotienten und zunehmendem Internal Derangement belegen (Toyama et al. 1999).

Die **fünfte Hypothese** postuliert Unterschiede für die Kondylus-Fossa-Relation zwischen der Normgruppe und den DV-Gruppen mit Ausnahme der totalen DV ohne Reposition. Diese Hypothese wird für die partielle DV nach lateral abgelehnt. Für die übrigen DV-Gruppen kann sie beibehalten werden.

Für die Kondylus-Fossa-Beziehung ergibt sich das widersprüchliche Ergebnis, dass sich zwar die partielle DV nach medial signifikant von der Normgruppe abgrenzen lässt, die partielle DV nach lateral aber nicht. Die partielle DV nach medial lässt sich neben der totalen DV mit Reposition als einzige Gruppe durch drei Kondylenparameter (P2PLG1, P2PLG3 und P2PLG5) von der Normgruppe unterscheiden (s. Tab. 10-13).

Mittels des Kondylusmittelpunktes P6 lassen sich kaum differentialdiagnostische Aussagen treffen. Von den vier Kondylusparametern finden sich für P2PLP6 die wenigsten signifikanten Unterschiede (s. Tab. 13). Da der Punkt P6 zudem einer der Lokalisationspunkte mit der höchsten Fehlervarianz ist (Vargas Pereira 1997), eignet sich die Strecke nicht zur Angabe der Kondylenposition. Mittels der Strecke P2PLG1 sind bis auf eine Ausnahme nur Unterschiede zwischen der Normgruppe und der partiellen DV nach medial sowie der totalen DV mit Reposition aufzuzeigen (s. Tab. 10). Demgegenüber erlauben P2PLG3 und P2PLG5 zusätzlich die Tendenzen zur partiellen und totalen DV von der Normgruppe abzugrenzen (s. Tab. 11 und 12). Darüber hinaus lassen sich für G3 und G5 auch signifikante Unterschiede zwischen der totalen DV ohne Reposition einerseits und den übrigen DV-Gruppen mit Ausnahme der partiellen DV nach lateral andererseits aufzeigen.

Laut der **sechsten Hypothese** werden keine Unterschiede zwischen der Normgruppe und der totalen DV ohne Reposition hinsichtlich der Kondylus-Fossa-Beziehung vermutet. Die Hypothese wird verworfen.

Für P2PLG5 sind Unterschiede zwischen den medialen Schichten der totalen DV ohne Reposition und der Normgruppe aufgezeigt worden (s. Tab. 12). Für die Strecken P2PLG1, P2PLG3 und P2PLP6 bestehen dagegen wie postuliert keine signifikanten Unterschiede (s. Tab. 10, 11 und 13)

Die Ergebnisse belegen, dass die Strecken P2PLG3 und P2PLG5 geeignet sind sowohl die Normgruppe und in geringerem Maße auch die totale DV ohne Reposition von den übrigen Diagnosegruppen, die partielle DV nach lateral ausgenommen, abzugrenzen. Das bestätigt die Theorie, dass sich der Kondylus nach initial dorsaler Verlagerung mit zunehmendem Grad der DV zentrisch positioniert (Kurita et al. 2001, Ozawa et al. 1999). Da für den dorsalsten Punkt

des Kondylus G5 Signifikanzen zwischen den medialen Schichten der totalen DV ohne Reposition und der Normgruppe bestehen (s. Tab. 12) lässt sich vermuten, dass eine gering dorsale Position bestehen bleibt. Die in vielen Studien geäußerte Beobachtung, dass es mit einer zunehmender DV zu einer dorsaleren Kondylusposition kommt, bestätigt sich nicht (Kinniburgh et al. 2000, Ren et al. 1995a, Zangiabadi 2004). Mittels der Strecken P2PLG1 und P2PLP6 lassen sich keine weiteren Erkenntnisse gewinnen.

Die hier dargelegten Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests und des U-Tests nach Mann-Whitney unterstreichen die Aussagen, die sich aus der deskriptiven Statistik ableiten. Durch die Tests ist es möglich, von den Parametern diejenigen zu eliminieren, die statistisch die geringste klinische Aussagefähigkeit besitzen. Aus den Parametern P1P2, P2PLP3, P2PLP6 und P2PLG1 lassen sich keine Aussagen ableiten, die sich nicht durch die Variablen P2PLD1, P2PLDM1, P2PLD2, P2PLG3 und P2PLG5 ergeben. Da der Diskusmittelpunkt aus den Messungen des Diskusvorder- und -hinterrandes berechnet wird, ergeben sich vermutlich auch aus dem Parameter P2PLDM1 keine weiteren Informationen. Allerdings lassen sich für P2PLDM1 im U-Test die meisten signifikanten Unterschiede nachweisen (s. Pkt. 4.4). Dabei sind für die Diskusparameter insgesamt häufiger Differenzen zwischen den Diagnosegruppen nachzuweisen (51,04%; s. Tab. 7-9) als für die Kondylusvariablen (23,70%; s. Tab. 10-13). Aufgrund dessen kann ihnen eine größere differentialdiagnostische Bedeutung zugeschrieben werden. Einzig die Tendenz zur partiellen DV lässt sich besser durch die Kondylus-Fossa- (12 von 24 möglichen Unterschieden; s. Tab. 10-13) als durch die Diskus-Fossa-Parameter von der Normgruppe abgrenzen (5 von 18 möglichen Signifikanzen; s. Tab. 7-9). Dabei sind nur für die kranialsten (G3) und dorsalsten Kondylenpunkte (G5) Unterschiede nachzuweisen. Obwohl die Diskuspunkte im Vergleich zu knöchernen Punkten im MRT schlechter zu lokalisieren sind (Vargas Pereira 1997), sollte eine metrische Analyse immer Diskuspunkte einbeziehen, um eine optimale differentialdiagnostische Aussage zu treffen.

### **5.2.6 Die Diskusverlagerungsgruppen in der Normwerttabelle**

Wie von Vargas-Pereira vorgeschlagen, ist für die Analyseparameter eine Normwerttabelle erstellt worden, um die Relationen von Diskus, Kondylus und Fossa zu veranschaulichen (Bumann und Lotzmann 2000, Vargas Pereira 1997). Wie unter dem Punkt 5.2.5 dargelegt, konnten fünf Parameter identifiziert werden, für die signifikante Unterschiede zwischen den Diagnosegruppen bestehen, so dass sich die folgende Diskussion auf diese beschränkt. Aus den

Liniendiagrammen (s. Abb. 13 und 14) ist ersichtlich, dass die Mittelwerte der Diskusparameter nur bei der totalen DV ohne Reposition und zum Teil bei der totalen DV mit Reposition außerhalb der zweifachen Standardabweichung der Normgruppenmittelwerte liegen. Die Mittelwerte der Kondylenparameter liegen näher beieinander. Die totale DV ohne Reposition weist hier die geringsten Abweichungen von der Normgruppe auf.

Abb. 13 und 14: Liniendiagramme der Mittelwertdifferenzen ausgewählter Analyseparameter (s.Pkt. 3.4.2.2).

Die zur x-Achse parallel verlaufende, rote Linie repräsentiert die Mittelwerte (Mw) der Normgruppe (NG) der auf der x-Achse abgetragenen Variablen (P2PLD1-Mw: -5,60 mm; P2PLDM1-Mw: -2,96 mm; P2PLD2-Mw: 0,31 mm; P2PLG3-Mw: 0,70 mm; P2PLG5-Mw: -3,17 mm). Die gestrichelten Linien begrenzen den Bereich  $\pm$  der ein- bzw. der zweifachen Standardabweichung (Stabw) um den Mittelwert der NG (s. Pkt. 4.5). Auf der y-Achse werden die Mittelwertdifferenzen der DV-Gruppen von der NG abgetragen. Die Werte der oberen Tabellenhälfte deuten auf eine ventrale, die Werte der unteren Tabellenhälfte auf eine dorsale Verlagerung der Messpunkte hin.

Die Mittelwerte der Diskusparameter der TDV (s. Sternchen) und teilweise der TDVR (s. Pfeil) liegen außerhalb der zweifachen Standardabweichung. Der Diskus liegt in beiden Schichten am weitesten ventral. Die Mittelwerte der Kondylenparameter liegen innerhalb der zweifachen Standardabweichung. Bei den partiellen DV liegt der Kondylus am weitesten dorsal. Teilweise liegen die Mittelwerte außerhalb der einfachen Standardabweichung (s. Dreiecke).

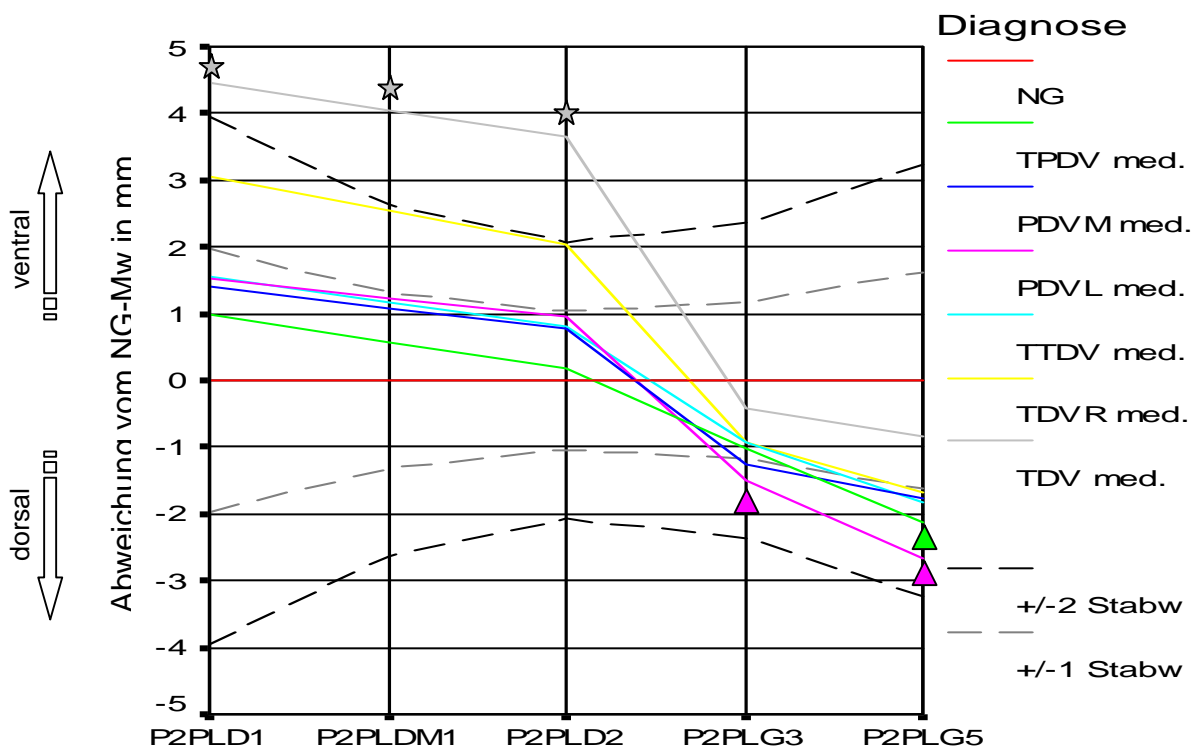


Abb. 13: Mittelwerte der Diagnosegruppen in Relation zur medialen Schicht der Normgruppe

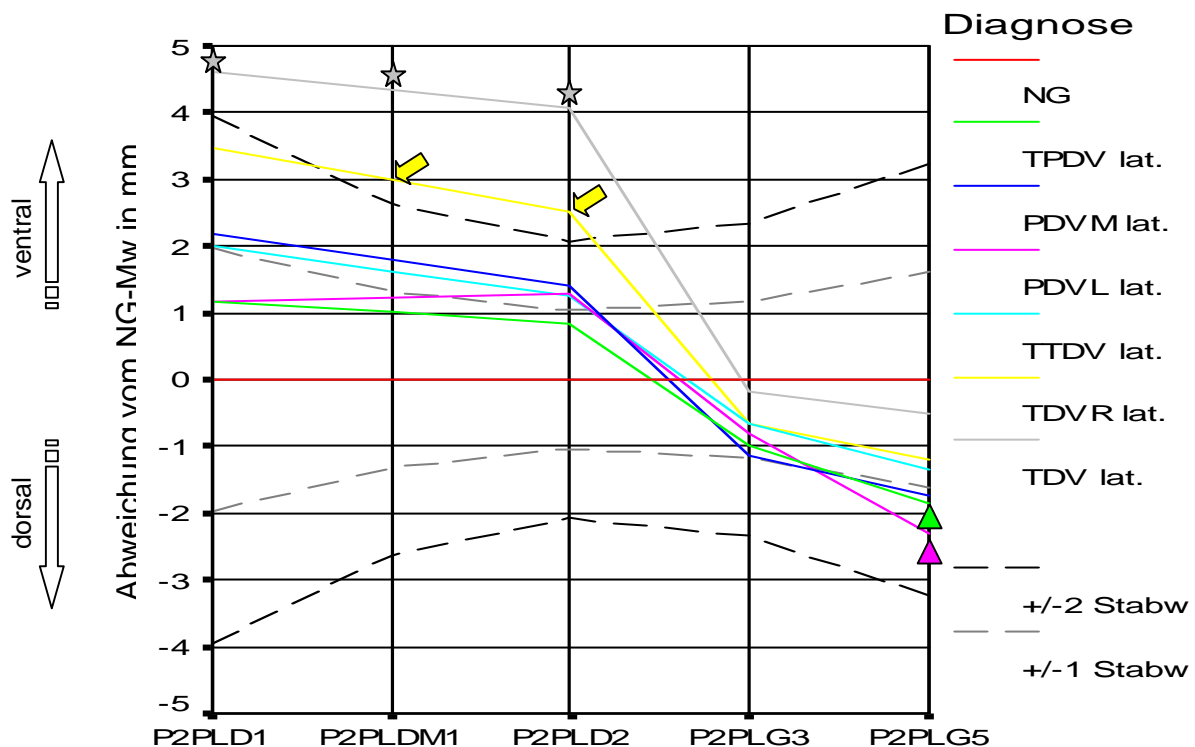


Abb. 14: Mittelwerte der Diagnosegruppen in Relation zur lateralen Schicht der Normgruppe

Um einen Eindruck zu gewinnen, wie sich die Einzelmessungen in Bezug zu den Normwerten verhalten, ist die Verteilung der Messwerte innerhalb der Normwerttabelle angegeben (s. Tab. 16-27). Bei der totalen DV ohne Reposition liegen die Diskusparameter zum überwiegenden Teil außerhalb der zweifachen Standardabweichung des Mittelwertes der Normgruppe. Je nach Parameter und Schicht in 60% bis 80% der untersuchten Kiefergelenke. Hingegen liegen sowohl für P2PLG3 als auch für P2PLG5 über 95% der Messungen innerhalb der Norm. Bei der partiellen DV nach medial ist dies nur für etwa 80% der Kondylusmessungen der Fall. Das bestätigt die Theorie, dass sich der Kondylus nach anfänglicher Dorsalverlagerung mit zunehmendem Grad der DV wieder weiter ventral einstellt (Kurita et al. 2001, Ozawa et al. 1999). Ein Vergleich der medialen und lateralen Schichten der partiellen DV nach medial zeigt, dass in der lateralen Ebene mehr Werte außerhalb der zweifachen Standardabweichung liegen als in der medialen Schicht. Hinsichtlich der Kondylusmessungen bestehen dagegen keine Unterschiede. Mit steigendem Grad der DV besteht eine zunehmende Ventralverlagerung des Diskus. So liegen bei der Tendenz zur partiellen DV etwa 4% bis 17% und bei der totalen DV ohne Reposition 61% bis 82% der Werte außerhalb der Norm. Davant et al. berichteten ebenfalls über eine ventralere Diskusposition bei Patienten mit Kiefergelenkbeschwerden im Vergleich zur Kontrollgruppe. Eine Differenzierung der DV wurde jedoch nicht vorgenommen (Davant et al.

1993). Nebbe et al. unterschieden nach visueller Auswertung fünf Gruppen nach dem Grad der DV. Die rotatorische Komponente der DV wurde nicht berücksichtigt. Entsprechend der Gruppeneinteilung wurde eine zunehmende Anteriorverlagerung des Diskus metrisch bestätigt (Nebbe et al. 1998b).

Die Darstellungsformen veranschaulichen, dass sich die totalen DV ohne und mit Reposition am besten von der Normgruppe abgrenzen lassen. Außerdem bestehen hinsichtlich der Kondylusparameter geringere Abweichungen zwischen den Diagnosegruppen als für die Diskusparameter. Problematisch ist die Differentialdiagnose der anderen DV-Gruppen (Pullinger und Seligman 2001, Pullinger et al. 2002a, Zangiabadi 2004). Die Gründe dafür liegen vermutlich in der großen Variationsbreite der biologischen Norm (Kircos et al. 1987), so dass es bei vielen Parametern zu einer Überlappung der Spannweite kommt (Pullinger et al. 2002b). Durch Betrachtung einer Kombination unterschiedlicher Parameter in Form einer Diskriminanzanalyse wird versucht, die Diagnosequalität zu verbessern (Pullinger et al. 2002b). Ein weiterer Ansatz liegt darin, mehrere Schichten einer MRT zu betrachten wie in der vorliegenden Arbeit geschehen, um eine partielle von einer totalen DV zu unterscheiden. Darüber hinaus wäre es sinnvoll, Bilder der Frontalebene metrisch auszuwerten. Unter dem Gesichtspunkt, dass es sich bei den Formen der DV um unterschiedliche Ausprägungen eines kontinuierlich degenerativen Prozesses handelt, sind Grenzfälle zu erwarten, die sich nicht exakt einer Diagnose zuordnen lassen (Zangiabadi 2004). In solchen Fällen besteht mittels der vorgestellten MRT-Analyse die Möglichkeit, die Lagebeziehung von Kondylus, Fossa articularis und Diskus articularis metrisch zu erfassen. Die graphische Darstellung (s. Abb. 13 und 14) gibt im Sinne der Definition der DV als eine abnorme Beziehung von Kondylus und Diskus (McNeill 1993) die pathogenetische Bedeutung der einzelnen Kiefergelenkstrukturen anschaulich wieder. Die Ausführungen zeigen aber auch, dass eine visuelle Befundung der MRT-Bilder weiterhin notwendig ist.