4 Material und Methode

4.1 Material

4.1.1 Probanden

Die Untersuchungen wurden an 32 Probanden durchgeführt. Die Patienten waren zu 60% Zahnmedizinstudenten und zu 40 % Patienten des Verfassers. Die Patienten wurden nach folgenden Kriterien in einem Screening – Test ausgesucht:

1. Normale, geradlinige Mundöffnung
2. Keine Bewegungseinschränkung zur Seite und nach vorn (mind. 6mm) (Lineal)oder bei der Öffnung (Zwei Finger-Abstand)
3. Kein Gelenkknacken (Tastbefund)
4. Keine Gelenkgeräusche (Hörbefund)
5. Keine Schmerzen an Kaumuskeln oder Kiefergelenk (Palpation)

Keiner der Probanden hatte partiellen oder totalen Zahnersatz.

4.1.2 Geräte

Es wurden drei Systeme untersucht:

1. Das **CADIAX III-System**, Fa. Gamma (A, Klosterneuburg) ist ein kombiniertes Hardware- Software- System und beinhaltet die elektrischen Schreibflaggen, die induktiven Schreibstyli mit Messspitzen, das Aufzeichnungsgerät,die Software sowie einem nicht zum System gehörigen Personal Computer. Die Bogenapparatur stammt aus dem **Reference – System** der Fa. Girrbach (Pforzheim). Die Aufzeichnung erfolgt über die induktiven Messspitzen der Schreibstyli auf den Flaggen. Die Flaggen sind mit Flächensensoren ausgestattet, die aus einer

elektrischen Widerstandsfolie bestehen und durch zwei senkrecht aufeinander stehenden Achsen linearisiert sind. Die Messspitzen agieren als achsiale induktive Wegaufnehmer, die auf die Widerstandsfolie im Sinne einer Messfläche stoßen. Das System hat sechs Freiheitsgrade und ist durch die Anordnung zweier Messspitzen pro Schreibstyli in der Lage, Öffnungswinkel der Scharnierachse zu bestimmen und beliebige Unterkieferpunkte abzubilden. Während der Achsiographie kann ein EMG zweier Muskeln aufgenommen werden.

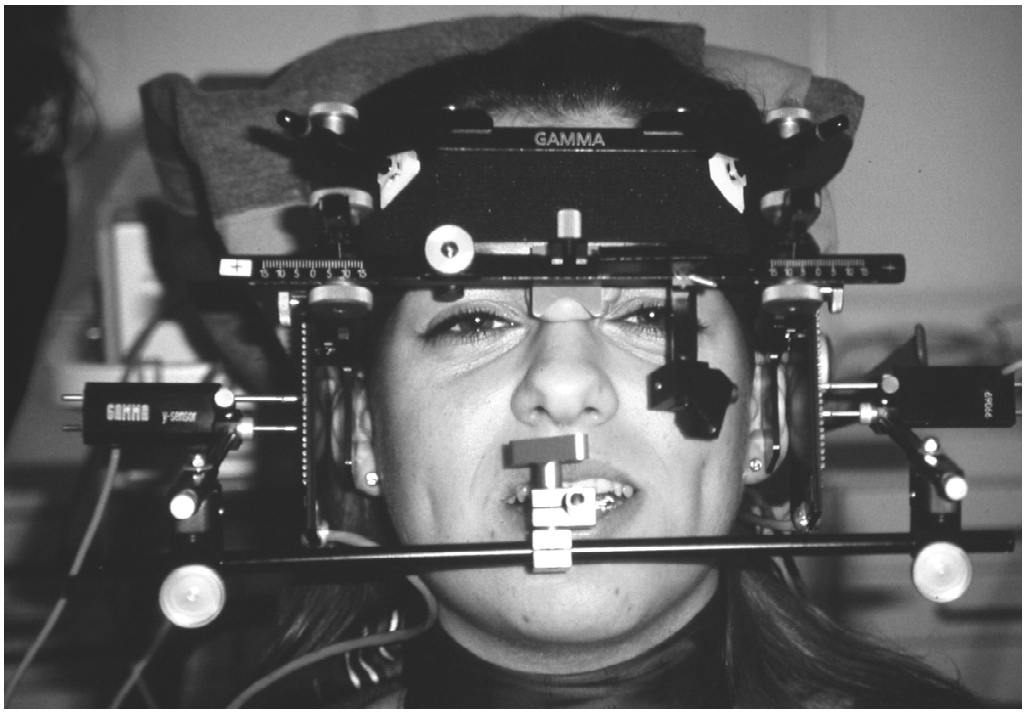

Abbildung 10
CADIAX III - System

2. Der **Condylograph** ist das Achsiographie-Gerät des **Reference-Systems** der Fa. Girrbach (Pforzheim), zu dem u.a. auch ein Artikulatorprogramm gehört. Es ist baugleich mit der Gestellapparatur zur Aufnahme des CADIAX III-Systems. Statt der elektrischen Flaggen und Schreibstyli kommen mechanische Teile zum Einsatz.
3. Der **Jaw Motion Analysis (JMA)** der Fa. Zebris (Isny) ist ein kombiniertes Hardware-Software-System. Die Hardware besteht aus einem Gesichtsbogen mit dem vierköpfigem Empfängermodul, dem Unterkieferlöffel (paraokklusal) mit dem magnetisch haftenden

dreiköpfigen Messsensor, zwei Tastspitzen und dem Grundgerät. Die dazugehörige Software WinJaw, Version 1.25.16 läuft unter Windows. Das Messverfahren beruht auf dem Prinzip der Laufzeitmessung von Ultraschallimpulsen. Jeweils drei Miniatur-Schallsender sind im Meß- und Zeigesensor integriert. Nach der Signalverarbeitung werden die jeweiligen dreidimensionalen Positionen aus den Schallaufzeiten exakt bestimmt. Der JMA erfasst Bewegungen in 6 Freiheitsgraden. Die Software bietet umfangreiche Funktionserfassungen, Funktionsdarstellungen und eine Artikulatorprogrammierungsfunktion sowie eine Datenbank.Die Lokalisation der Scharnierachse und Darstellung Bewegungen beliebiger Unterkieferpunkte ist integriert, die Vorgabe bestimmter Achspunkte möglich. Das Erfassen eines zur Achsiographie zeitgleichen EMG´s ist möglich. Das System ist erweiterbar zur Erfassung der Wirbelsäulenbewegung, Gleichgewichtsanalyse und Haltungsbeschreibung.

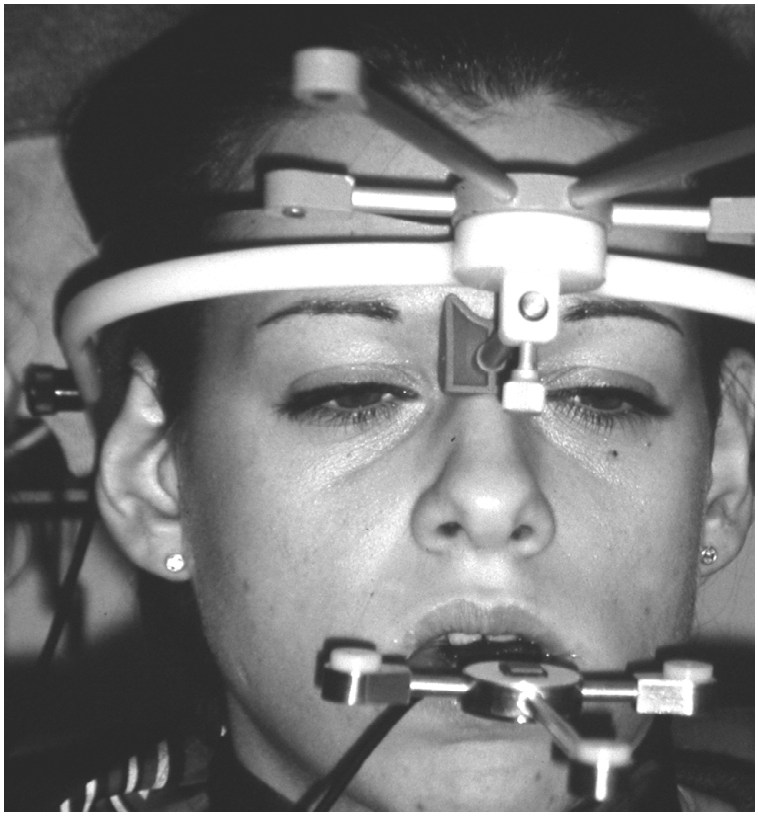

Abbildung 11 Jaw Motion Analysis System

4.2 Methode

4.2.1 Problemstellung des Vorversuchs

Wenn die Werte der Hauptversuche vergleichbar sein sollen und um gerätemesstechnisch bedingte Messfehler auszuschließen, muß die Reproduzierbarkeit der Messwerte innerhalb eines Systems in vivo untersucht werden. Setzt man die Bedingungen der Reproduktionsmessungen für alle Systeme konstant, können auftretende Meßungenauigkeiten des Vorversuches gerätetechnischen Ursachen zugeordnet werden. Die Bedingungen einer Meßreihe sind nahezu als konstant anzusehen, wenn

1. die Messungen an derselben Person mit allen drei Systemen durchgeführt werden, um interindividuelle Unterschiede verschiedener Probanden auszuschalten,
2. die Messreihe innerhalb eines Systems in einem Durchgang ermittelt wird,
    - um den intraindividuellen Einfluß unterschiedlicher Kopffixationen der Apparatur und
    - um intraindividuelle tageszeitliche und tagesabhängige Einflüsse der Umwelt und
    - um intraindividuelle Einflüsse durch unterschiedliche Muskel- und Gewebezustände innerhalb der Messung eines Systems auszuschalten,
3. die Meßreihen für alle Systeme an einem Tag durchgeführt werden, um ebenfalls tageszeitliche und tagesabhängige Einflüsse der Umwelt und Einflüsse durch unterschiedliche Muskel- und Gewebezustände zwischen den Messreihen der drei Systeme zu eliminieren und
4. die Körperhaltung gleich ist.

4.2.2 Vorversuch zur Ermittlung der Reproduzierbarkeit der Messung innerhalb eines Systems

Alle Versuche erfolgten am aufrecht sitzenden, angelehnten Patienten.
Alle Bewegungen waren Exkursionsbewegungen.

CADIAX III: Zuerst wurde der okklusale Löffel mit Snow White - Gips (Fa. KERR) am Unterkiefer befestigt. Die zentrische Kondylenposition wurde durch eine unforcierte zentrische Kieferrelationsbestimmung im Sinne einer Kinnführung [106] - mit zwei Fingern kaudal und ventral des Kinnvorsprunges unterstützend (Abbildung 1)- durchgeführt und ein Einbiß mit geringen Impressionen in das erwärmte Stentsmaterial (Fa. KERR, Compression Compound) des okklusalen Löffels erzeugt. Dann wurde der Bogen der Schädelapparatur angelegt und die Ausrichtung paralell zur frontal- bzw. Sagittalebene des Schädels überprüft. Der Unterkieferbogen wurde mit dem okklusalen Löffel verbunden, paralell zum Schädelbogen in den Raumebenen ausgerichtet und in den korrekten Abstand zu den Schreibflaggen der Schädelapparatur gebracht. Nach Überprüfung des korrekten und sicheren Sitzes der gesamten Apparatur wurden die elektronischen Flaggen am Schädelbogen und die Schreibstyli am Unterkieferbogen befestigt. Das Softwareprogramm wurde initialisiert und der Infraorbitalpunkt mechanisch ermittelt, auf der Haut markiert und in das Sytem eingegeben. Der wahre Flaggenabstand wurde am Schädelbogen abgelesen und in das System eingegeben. Zur Ermittlung der Scharnierachse wurde im Achslokalisationsprogrammteil der Software eine Schließbewegung aus einer forciert dorsalen Kondylenposition des Unterkiefers durchgeführt. Dabei war die Mundöffnung aus den Stents – Impressionen heraus im rein rotatorischen Bereich (optische Überprüfung der Stylibewegung) der Öffnungsbewegung (max. 20 mm) erfolgt. Die Styli an den sagittalen Armen des Unterkieferbogens wurden solange durch Drehen an der vertikalen bzw. sagittalen Verstellschraube unter Kontrolle am Bildschirm bewegt, bis vorgegebener und nachjustierter Scharnierachspunkt am Bildschirm zusammenfielen. Mit dem so eingestellten Achspunkt wurden mindestens zwei erneute Initialisierungen der elektronischen Achslokalisation durchgeführt, um

den durch die Software berechneten Achspunkt zu bestätigen. Beginnend aus der zentrische Kondylenposition der Stents – Impressionen wurden 15 Schreibungen einer nicht zahngeführten Protrusionsbahn und 15 Schreibungen der rechten bzw. linken Mediotrusionbahn durchgeführt. Die Schreibungen wurden verworfen, wenn die Bewegung nicht aus dem Ausgangspunkt (Nullpunkt des Bildschirmkoordinatensystems) heraus erfolgte. Die Berechnung des sagittalen Kondylenbahnwinkels und des Bennettwinkels rechts und links erfolgte in der Software für alle Punkte der jeweiligen Bahn und wurde für beide Winkel nach 5mm abgelesen, berechnet auf einen Kondylarabstand von 110 mm.

Condylograph: Die elektischen Schreibflaggen und Styli des CADIAX III-Systems wurden gegen die mechanischen des Condylographen ausgetauscht. Die restliche Apparatur blieb montiert. Es erfolgte zunächst eine Überprüfung des Achsscharnierpunktes mit den Achslokalisationsspitzen, um projektionsbedingte Verschiebungen (durch den unterschiedlichen Flaggenabstand) auszugleichen. Dazu wurden die Zeigerspitzen mit dem Korrekturverfahren nach LAURITZEN in das reine Rotationszentrum einer Öffnungs- bzw. Schließbewegung rechts bzw. links durch Verstellen an den Verstellschrauben der sagittalen Armen des Unterkieferbogens gebracht. Zunächst wurden aus Kondylenposition der Stents – Impressionen 15 Schreibungen einer nicht zahngeführten Protrusionsbahn graphisch auf den selbstschreibenden Folien der Sagittalflaggen erfasst. Die Folien wurden exakt an den Grundlinien des Koordinatensystems der metallischen Flaggen ausgerichtet, um sie später exakt reponieren zu können. Die letzte Schreibung diente der Montage und Justierung der Mediotrusionsflaggen, die auf die gezeichnete Protrusionsbahn eingeschwenkt wurden, um Projektionsfehler zu eliminieren bei der Mediotrusionsschreibung. Nachdem eine Parallele zum sagittalen Bogen des Unterkiefers gezeichnet wurde und eine zum transversalen Bogen des Unterkiefers durch den Referenzpunkt auf die selbstschreibenden Folien der Mediotrusionsflaggen, wurden 15 Schreibungen der rechten Mediotrusionbahn hintereinander durchgeführt und anschließend 15 Schreibungen links . Der Infraorbitalzeiger wurde auf den

im CADIAX III-System ermittelten und auf der Haut markierten Infraorbitalpunkt eingeschwenkt. Die Schädelapparatur wurde abgenommen, die Schreibspitzen gegen die Zeigerspitzen gewechselt und die Zeigerspitzen in zentrischer Scharnierachsposition an die Haut geführt. Es erfolgte abermals eine Nachjustierung des Achspunktes auf der Haut, die mit der Markierung dieses Punktes auf der Haut endete. Anschließend wurde die gesamte Apparatur vom Patienten gelöst. Die Schädelbogenapparatur wurde zum Einzeichnen der Achsorbitalebene auf den Protrusionsschreibungen vorbereitet: Es wurden rechts und links Transfer- Zeiger montiert, die auf die Scharnierpunkte der Schreibung zeigten und somit die posterioren Bezugspunkte der Achsorbitalebene darstellten. Mit Hilfe eines Zentrierlineals wurde die Apparatur zentriert und achsbezüglich in den Transferstand montiert. Das Referenzebenen-Ausrichtlineal wurde am anterioren Bezugspunkt, dem Infraorbitalpunkt ausgerichtet. Die Achsorbitalebene wurde durch Anlegen eines Markierungslineals an dem Referenzebenen-Ausrichtlineal anterior bzw. den Transfer- Zeigern posterior auf die jeweils exakt am Koordinatensystem der metallischen Flaggen reponierten Aufzeichnungsfolien auf die Folien übertragen. Auf die Folien der Protrusionschreibung bzw. der Mediotrusionsschreibung wurde eine Lupe exakt angelegt und der sagittale Kondylenbahnwinkel bzw. der Bennettwinkel in der Meßskala nach 5mm abgelesen.

Jaw Motion Analysis (JMA): Zuerst wurde der modifizierte okklusale JMA-Löffel (Selecta Plus, Dentsply Detrey) mit Snow White-Gips (Fa. KERR) am Unterkiefer befestigt und die zentrische Kondylenposition wurde durch eine unforcierte Kieferrelationsbestimmung im Sinne einer Kinnführung - mit zwei Fingern kaudal und ventral des Kinnvorsprunges unterstützend (Abbildung 3)- durchgeführt und ein Einbiß mit geringen Impressionen in das erwärmte Stentsmaterial (Fa. KERR, Compression Compound) des okklusalen Löffels erzeugt. Der Schädelbogen wurde angelegt und die Software initialisiert. Das System fordert in der Software zur Eingabe des rechten und linken Achspunktes und des Infraorbitalpunktes mit Hilfe des Taststiftes auf (die elektronische Achslokalisierung muß deaktiviert sein). Beginnend aus der

zentrische Kondylenposition der Stents – Impressionen wurden 15 Schreibungen einer nicht zahngeführten Protrusionsbahn und 15 Schreibungen der rechten bzw. linken Mediotrusionbahn aus dem Startpuinkt heraus durchgeführt. Software bedingt ist es nicht möglich, 15 Messungen einer Bewegung als 15 Einzelbefunde in einer Datei abzuspeichern und einer Einzelauswertung jeweils zuzuführen. Deswegen mussten jeweils 15 Einzeldateien angelegt werden, die einzeln im Artikulatorprogrammierteil für den KaVo-Protar®-Artikulator berechenbar waren. Dies bedingte, dass die Bezugspunkte nach jeder Messung neu eingegeben werden mussten. Die Werte wurden im Artikulatorprogrammierteil für den KaVo-Protar®-Artikulator nach 5mm abgelesen.

Abbildung 12 Unforcierte Kieferrelationsbestimmung zur zentrischen Kondylenpositionierung als Ausgangspunkt für die Aufzeichnungen der Unterkieferbewegungen für das JMA - System

4.2.3 Problemstellung der Hauptversuche

Messungen verschiedener Systeme sind nur vergleichbar, wenn sie

1. die gleichen Referenzpunkte und -ebene haben,
2. von demselben Startpunkt ausgehen,
3. die Winkel nach derselben Wegstrecke der jeweiligen Bahn abgelesen werden,
4. sich auf denselben Kondylarabstand beziehen und
5. dieselbe Sperrung der Vertikalen aufweisen.

Die Gleichsetzung dieser Parameter erfolgte, indem

1. als Startpunkt die zentrische Scharnierachsposition gewählt wurde, deren
2. Kondylenpunkte zusammen mit dem Infraorbitalpunkt die Achsorbitalebene als Bezugsebene bildeten. Der Startpunkt der Messung (der der zentrischen Scharnierachsposition entsprach)mit dem ersten System wurde genauso auf die beiden folgenden Messungen der anderen beiden Systeme übertragen wie der Infraorbitalpunkt. Als erstes System wurde das CADIAX III-System angelegt, weil es a) keine Möglichkeit aufweist, einen fixen Scharnierachspunkt als Startpunkt für die Messung vorzugeben und b) die in der Literatur gut in ihrer Reproduzierbarkeit bestätigte Funktion der elektronischen Achslokalisation vorweist. Der JMA besitzt zwar auch eine Achslokalisierungsfunktion; sie wurde aber aus zwei Gründen für die Versuche nicht genutzt: 1. Die Funktion errechnete z.T. postaurikulär gelegene Achslokalisationen und wies eine augenscheinlich schlechte Reproduktion und Streuung (bis zu 5cm) bei Wiederholungsmessungen auf. 2. Die Eingabe beliebiger Achspunkte ist möglich, also auch die Eingabe des vom CADIAX III-System errechneten und auf die Haut übertragenen Achspunktes. Dadurch wurde gewährleistet, dass die Referenzpunkte für alle Systeme gleich waren.

3. Alle Winkel wurden ermittelt nach 5mm Strecke der jeweiligen Bahn. Dazu war es notwendig, die Meßskala der Analyselupe des Condylographen um eine eine Ablesungsmöglichkeit für 5mm der Mediotorusionsbahn zusätzlich zu den vorgegebenen 6mm graphisch zu erweitern. Die Messung mit den drei Systemen erfolgte pro Proband in einer Sitzung hintereinander mit kleinen muskulären Erholungsphasen zwischen den verschiedenen Systemanlegungen.
4. Der Kondylarabstand wurde auf 110mm berechnet, und zwar in der Software des CADIAX III-Systems durch die Software im Funktionsanalyseteil CADIAX, beim Condylographen durch die Messskalaeinteilung der Analyselupe und beim JMA durch die Berechnung für den KaVo-Protar®-Artikulator im Softwareprogrammteil für die Artikulatorprogrammierung. Auf die Möglichkeit, Winkelberechnungen im Funktionsanalyseteil der WinJaw – Software des JMA manuell vorzunehmen , wurde aus Genauigkeitsgründen verzichtet.
5. Es wurden okklusale Befestigungslöffel benutzt, um die Ergebnisse durch Probleme mehrmaligen Einklebens paraokklusaler Löffel und Ungenauigkeiten am gleichen Patienten zu umgehen. Das CADIAX III-System und der Condylograph sind in allen Teilen kompatibel: lediglich die Flaggen sind unterschiedlich und auszuwechseln. Somit kann der gleiche Löffel benutzt werden und die Apparatur beim Wechsel vom CADIAX III-System zum Condlographen angelegt bleiben. Das JMA-System bietet nur paraokklusale Löffel; es war notwendig, den paraokklusalen Löffel durch kalthärtenden Kunststoff (Selecta Plus, Fa. Dentsply Detrey) in einen okklusalen Löffel umzubauen. Die Vertikaldimension war bei beiden Löffeln nahezu gleich, da die aufgebrachte Stentsmasse bei beiden Löffeln zur Fixierung der zentrischen Kondylenposition sehr flach gehalten wurde.

4.2.4 Hauptversuche zur Ermittlung des sagittalen Kondylenbahnwinkel aus einer Protrusionsbahn und des Bennettwinkels aus einer Mediotrusionsbahn durch Achsiographie

Entsprechend der Vorüberlegungen und Problemstellung unter 4.2.2. bzw. 4.2.3. erfolgte der Aufbau und die Ausführung der Hauptversuche am Patienten. Es wurde mit dem CADIAX III-System begonnen, dem nach dem Wechsel der Aufzeichnungsflaggen der Condylographversuch folgte. Die Bogenapparatur der beiden Systeme ist kompatibel, wodurch alle Referenzpunkte automatisch auf das Condylograph-System übertragen wurden. Lediglich die Scharnierachspunkte erforderten eine Zentrierungskontrolle und eventuelle Nachjustierung wie sie unter 4.2.3. beschrieben ist. Danach musste ein kompletter Wechsel der Apparatur vorgenommen werden und die posterioren Referenzpunkte auf die Haut (wasserfester Stift) übertragen und einer Zentrierungskontrolle und eventuellen Nachjustierung wie sie unter 4.2.3. beschrieben ist, unterzogen werden. Der anteriore Referenzpunkt wurde bereits mit dem CADIAX-III-System auf die Haut mit einem wasserfesten Stift übertragen. Die Apparatur des JMA wurde angelegt und die Messungen durchgeführt. Alle Versuche erfolgten am aufrecht sitzenden, angelehnten Patienten hintereinander mit kleinen Erholungspausen zwischen den Versuchen. Alle Bewegungen waren Exkursionsbewegungen. Alle Schreibungen erfolgten einmalig, jedoch wurden zuvor jeweils drei bis vier Bewegungen bei angelegter Apparatur zur Einübung der Bewegung durchgeführt, die jedoch nicht der Auswertung zugeführt wurden.

4.2.4.1 Elektrisch – elektronische Ermittlung mit dem CADIAX III – System

Die Apparatur wurde entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. am Patienten angelegt und Bestimmung der Referenzpunkte erfolgte ebenfalls

entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. Es wurde eine Protrusionsschreibung wie unter 4.2.2. beschrieben durchgeführt, die nur verworfen wurde, wenn der Startpunkt nicht im Nullpunkt des Bildschirmkoordinatensystems lag oder Auffälligkeiten bei der Patientenbewegung festgestellt wurden. (Deutliches Abweichen zur Seite, Kopfbewegungen, Software-Artefacte) Es wurden anschließend zwei Schreibungen für die rechte und linke Mediotrusionsbahn aufgezeichnet wie unter 4.2.2. beschrieben. Die Daten wurden im Softwareprogramm abgespeichert und später ausgewertet und ausgedruckt. Die Ermittlung des sagittalen Kondylenbahnwinkels und des Bennettwinkels erfolgte im Funktionsanalyseteil des Softwareprogramms durch Ablesen der Werte nach 5mm Spurstrecke Protrusions- bzw. Mediotrusionsbahnen.

4.2.4.2 Graphisch – Mechanische Ermittlung mit dem Artex – Reference – Condylographen

Die Apparatur wurde entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. am Patienten angelegt und Bestimmung der Referenzpunkte erfolgte ebenfalls entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. Es wurde eine Protrusionsschreibung, wie unter 4.2.2. beschrieben, durchgeführt, die nur verworfen wurde, wenn der Startpunkt nicht im Nullpunkt des Bildschirmkoordinatensystems lag oder Auffälligkeiten bei der Patientenbewegung festgestellt wurden. (Deutliches Abweichen zur Seite, Kopfbewegungen, Schreibprobleme) Es wurden anschließend zwei Schreibungen für die rechte und linke Mediotrusionsbahn aufgezeichnet wie unter 4.2.2. beschrieben. Die sagittalen Schreibetiketten wurden nach Einzeichnen der Achsorbitalebene (s.4.2.3.) unter der Analyselupe des Systems ausgewertet und der sagittale Kondylenbahnwinkel nach 5mm abgelesen und auf den Etiketten archiviert. Die transversalen Schreibetiketten wurden unter der Analyselupe des Systems ausgewertet und der Bennettwinkel nach 5mm abgelesen und auf den Etiketten archiviert. Vor Ablegen der Apparatur

wurden die Scharnierachspunkte rechts und links auf die Haut übertragen und einer Zentrierungskontrolle und eventuellen Nachjustierung, wie sie unter 4.2.3. beschrieben ist, unterzogen und mit wasserfestem Stift markiert. (Fa. KERR, Compression Compound)Anschließend wurde die Apparatur vom Patienten gelöst.

Abbildung 13
Übertragung des Scharnierachspunktes vom CADIAX III – System auf den Condylographen

4.2.4.3 Ultraschall – Elektronische Ermittlung mit dem Jaw Motion Analyzer

Die Apparatur wurde entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. am Patienten angelegt und Bestimmung der Referenzpunkte erfolgte ebenfalls entsprechend der Beschreibung unter 4.2.2. Es wurde eine Protrusionsschreibung wie unter 4.2.2. beschrieben durchgeführt, die nur verworfen wurde, wenn der Startpunkt nicht im Nullpunkt des Bildschirmkoordinatensystems lag oder Auffälligkeiten bei der Patientenbewegung festgestellt wurden. (Deutliches Abweichen zur Seite, Kopfbewegungen, Schreibprobleme) Die Software erlaubt das Erfassen

verschiedener Bewegungen in einer Datei. Deswegen musste das System für die Mediotrusionschreibung nicht neu initialisiert werden, sondern es konnte unter dem Programmpunkt „Mediotrusion“ die Mediotrusion rechts und links wie unter 4.2.2. beschrieben erfasst werden. Die Daten wurden jeweils abgespeichert und die Ermittlung des sagittalen Kondylenbahnwinkels bzw. Bennettwinkels erfolgte im Artikulatorprammierteil für den KaVo-Protar®-Artikulator durch Ablesen der Werte nach 5mm.

Abbildung 14 Übertrag des Scharnierachspunktes vom Condylographen auf das JMA-System

4.2.5 Statistische Auswertung der Daten zur Reproduzierbarkeit und zum sagittalen Kondylenbahnwinkel und Bennettwinkel

Die gewonnenen Ergebnisse wurden für die Reliabilität in die Tabellen A und B, die der SKN und des Bennetwinkels in die Tabellen C und D (Anhang) transferiert. Die statistische Auswertung erfolgte mit der SPPS Version 10 für Windows und MS Excel.

Für die Reliabilität, SKN und den Bennettwinkel wurden ermittelt:

Minimum

minimaler Meßwert

Maximum

maximaler Meßwert

Mean

Mittelwert in Grad: Summe aller Messwerte geteilt durch Versuchsanzahl

Percentile 25

Messwert, unterhalb dessen nur noch 25 % aller Messwerte liegen

Median

Messwert, unterhalb und oberhalb dessen 50 % aller Messwerte liegen

Percentile 75

Messwert, oberhalb dessen nur noch 25 % aller Messwerte liegen

Std Deviation

Standardabweichung : $\mathbf{S^2 = 1 : (n - 1) \sum (x - \bar{X})^2}$ Summe der quadrierten Abweichungen jedes Einzelwertes vom Mittelwert geteilt durch(n – 1). Damit die Standardabweichung die gleiche Dimension wie die Ergebniswerte hat, wird zusätzlich die Wurzel aus dem Wert s^2 gezogen. (Dimension hier Grad)

Zusätzlich wurde **für die Reliabilität** ermittelt:

Variabilitätskoeffizient

Standardabweichung geteilt durch den Mittelwert mal 100, Angabe in Prozent

Abweichung-Mean ± Std Deviat

Mittelwert der Messwertabweichungen aller möglichen Meßwertpaare aller Messungen untereinander ± Standardabweichung.

Für die **Ermittlung der SKN und des Bennettwinkels** wurden im zweiten Teil der Ergebnisse die Korrelationen von jeweils zwei Methoden und für alle Parameter untersucht.

Da es bei der Versuchsanordnung keinen Goldenen Standard gibt, sind die gefundenen Werte **nicht an einer Maßzahl messbar** und die Systeme nicht

über den Vergleich mit einem Goldenen Standard vergleichbar. Vielmehr interessiert das Maß der Übereinstimmung zwischen jeweils zwei Meßmethoden für denselben Parameter. Es wurden dazu die Werte zweier Meßmethoden für einen Parameter graphisch in einem Punktediagramm gegeneinander aufgetragen. Eine sehr gute Konsistenz der beiden Meßmethoden ergäbe sich, wenn alle Messwertpaare genau auf der Winkelhalbierenden lägen. Kommen jedoch Abweichungen gegenüber der Winkelhalbierenden zustande durch Zufallsstreuung oder systematische Weise, so erkennt man diese durch die Betrachtung der Geraden durch die Punktwolke **(Regressionsgeraden)** der Messwertpaare zur Winkelhalbierenden. Eine einfache Abweichung ergibt sich z.B. durch paralelle Verschiebung oder Drehung der Punktwolkengeraden zur Winkelhalbierenden. Die Punktwolke ist in der Konsistenzmaßzahl des **Pearsonschen Korrelationskoeffizienten** darstellbar; allerdings misst er nur die Straffheit der Punktwolke in Bezug auf die Gerade und ist gegenüber Abweichungen von Messwertpaaren von der Winkelhalbierenden unempfindlich und somit als Konsistenzmaß dieser Betrachtung ungeeignet. Will man statt der oben erwähnten graphischen Darstellung der Übereinstimmung der Punktwolkengerade zur Winkelhalbierenden jedoch ein geeignetes summarisches Konsistenzmaß verwenden, muß man einen **Intraklassenkorrelationskoeffizienten** berechnen.

Bewertung des Intraklassenkorrelationskoeffizienten:

0,0 – 0,2 keine Korrelation

0,2 – 0,4 schwache Korrelation

0,4 – 0,7 mittlere Korrelation

> 0,7 gute Korrelation

Abweichung-Mean

Eine weitere Beurteilung der Abweichungen zweier Systeme ist durch die Betrachtung des Mittelwertes der Abweichung der 32 Messwertpaare ± Standardabweichung möglich. Es wurden jeweils nur die Abweichung (in Grad) der Messung durch das System A und B bzw. A zu C bzw. B zu C pro Patient und pro Winkelwert betrachtet. Aus den jeweils erhaltenen 32 Werten wurde der Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt.

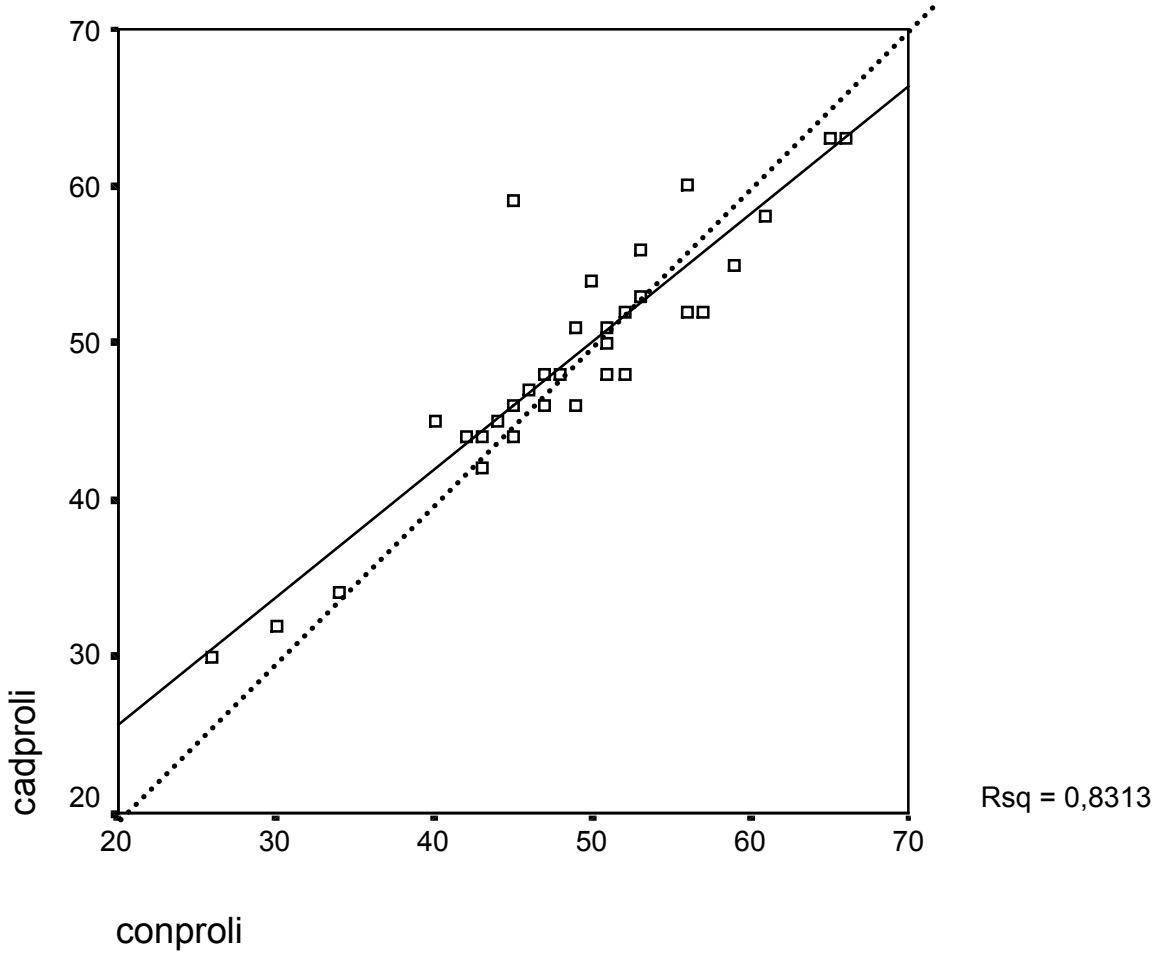

Diagramm 1: Beispiel eines Streudiagramms zur Darstellung der Korrelation

Rsq=r(p)^2=Pearson Korrelationskoeffizient zum Quadrat , durchgezogene Linie=Regressionsgerade, gestrichelte Linie=Winkelhalbierende

cadproli = Cadiax III –Messung SKN links

conproli = Condylographmessung SKN links

Der IKK beträgt 0,91 und gibt eine sehr gute Korrelation Messwertpaare wieder.