

# Kephalometrie auf Magnetbasis

Die hier vorgestellte neue Kephalometrie ohne Röntgenstrahlen mit einer mobilen Kopfkappe stellt eine Alternative zum klassischen Kephalostaten dar. Die neue Kephalometrie basiert auf der dreidimensionalen Registrierung im Magnetfeld. Die mobile Kopfkappe aus Karbon in Kombination mit einem 3D-Magnetscanner stellt eine digitale Darstellungs- und Kephalometrieauswertungstechnik für die kieferorthopädische Diagnostik, Behandlungsplanung und Beurteilungen von Behandlungsergebnissen dar.

Eines der Probleme der herkömmlichen Kephalometrie ist die exakte und reproduzierbare Positionierung im Kephalostaten und deren Überprüfbarkeit, denn die reproduzierbare Positionierung im Kephalostaten stellt nach Young-Joo et al [41] ein wichtiges Kriterium für die Aussagekraft eines Röntgenbildes dar.

Nur in dem selten erscheinenden Idealfall ist die Positionierung des Projektionsobjektes senkrecht zum Zentralstrahl (Ahluqvist et al. 1983 [1, 2, 3], Eliasson et al. 1982 [13]). Zahlreiche Studien haben sich mit der Genauigkeit der Herstellung eines Fernröntgenseitenbildes beschäftigt. Es wurde festgestellt, dass die Herstellungsgenauigkeit eines Röntgenbildes im Wesentlichen von einer standardisierten Positionierung des Patienten abhängt. Dies ist insbesondere für die Verlaufskontrolle des Therapieerfolges bei einem Vergleich des Anfangsbildes und des Zwischenbildes wichtig, da es bei verschiedener Positionierung nicht vergleichbar ist [19, 24]. Kleinste Abweichung bei einer fehlerhaften Einstellung des Kopfes rufen bereits schwerste Asymmetriegrade hervor [41]. 10% aller Fernröntgenseitenaufnahmen haben eine solche Rotation, dass sie nicht auswertbar sind [41]. Schon ab 4° Rotation verändern sich kephalometrische Werte nach Kuster et al 1989 signifikant, bei 10% aller Fälle wurden Rotationen größer als 10° gefunden [21, 41]. Hinzukommen weitere wesentliche Fehlerquellen wie die von Margolis beschriebene häufige fehlerhafte Positionierung [24], Unschärfe, Verschwommenheit, Versetzung durch Bewegungen während der Aufnahme, falsche Entwicklung, falsche Belichtung, nicht zu beurteilende Weichteile durch eine Summe von allem [23, 32, 37, 40]. So wurden alle möglichen Anstrengungen unternommen, diese Fehlerquellen zu unterbinden [12]. Mit der neuen mobilen Kopfkappe sollte diese wesentliche Fehlerquelle ausgeschlossen werden. Dies bedeutet, dass Bewegungen während der Registrierung (Aufnahme) keinen Einfluss auf die digitale Konstruktion des Kephalogramms mehr haben sollten. Des Weiteren sollte die Projektion vereinheitlicht werden und in einem der Natur entsprechendem Maßstab von 1 zu 1 abgebildet werden. Dies ist mit bisheriger Technik nicht möglich, da verschiedene Kopf-Folienabstände zwischen 15 und 30 cm und Röhrenabstände von 1 m bis 4 m mit Verzeichnungen von 3.6% bis 17.6%, nicht nur die Vergleichbarkeit schwierig gestalten, sondern auch die Aufnahme als solche ungleich verzerren [20, 24, 32, 36]. Durch die Bemühungen die Verzeichnung so gering wie möglich zu gestalten, ergibt sich ein größerer Film-Röntgenröhrenabstand, wodurch die Belichtungszeit und die Strahlendosis steigen. Mit der gestiegenen Belichtungszeit steigt auch die Gefahr einer Verwackelung, die dann in Unschärfe des Bildes oder in einem Doppelbild endet. Oft wird dann, wegen der Strahlenbelastung auf eine zweite Aufnahme verzichtet, obwohl das Bild nicht auswertbar ist. Da diese Fehlerquellen beim der mobile Kopfkappe wegfällt, liegt der Hauptvorteil der Kephalometrie ohne Röntgenstrahlen in der jeweils individuellen Darstellung einer Projektionsebene in der Schädelmitte. Damit ist die Position von der mobile Kopfkappe zum Kopf des Patienten nicht mehr von Bedeutung. Eine mögliche Fehlerquelle beim der Vermessung mit der mobile Kopfkappe liegt in dem Verrutschen der ultraleichten Karbon-Kopfkappe während der Messung. Wenn eine Verschiebung der Kappe während der Messung ausgeschlossen wird, ist die jeweilige Position auf dem Kopf ohne Einfluss auf das Messergebnis, da sich das System selbst kalibriert. Das System findet durch die Eingabe der anatomischen Punkte seine jeweilige Projektionsebene. Damit liegt der Hauptvorteil in der Reproduzierbarkeit der Messungen mit der mobilen Kopfkappe. Diese Reproduzierbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit mit der Vermessung eines Röntgenbildes überprüft. Dadurch, dass die digitale Strichzeichnung des Schä-

delaufbaues durch die automatische kephalometrische Auswertung berechnet wird, entfallen die bei der Fernröntgendurchzeichnung übliche Messfehler durch die Übertragung von dem Röntgenbild. Somit wird die direkte Digitalisierung am Patienten mit der Vermessung eines Röntgenbildes verglichen, wobei die Fehler bei der Herstellung des Röntgenbildes in dieser Untersuchung nicht erfasst werden können.

## Ziel der Untersuchung

Ziel der vorliegenden Studie war es, die diagnostische Aussagekraft von der computergestützten Analyse mit der mobile Kopfkappe zu bewerten. Um die Eignung dieser Methode für die kephalometrische Analyse für Diagnostik und Planung zu belegen, verglichen wir die kephalometrischen Messungen mit dem noXrayCeph-System und seiner mobilen Kopfkappe mit den Ergebnissen von computerunterstützten Auswertungen des Fernröntgenseitenbildes und analysierten die Reproduzierbarkeit der Messpunkte bei direkt aufeinander folgenden Messungen und bei an verschiedenen Tagen durchgeführten Vermessungen mit dem System. Außerdem soll überprüft werden, ob die Messungen, die durch zwei verschiedene Untersucher durchgeführt worden sind, miteinander korrelieren.

## Material und Methoden

Komponenten des noXrayCeph-Systems.

Die Grundbestandteile des Systems sind folgende:



Abb.1: Die Komponenten des noXrayCeph-System

1. NoXrayCeph® Scanner. Bei dem Verfahren kommt das elektromagnetische Tracking System vom EMC\* (in Lizenz) zur Bestimmung der Position der Referenzpunkte zum Einsatz. Der Scanner nutzt das Prinzip der elektromagnetischen Feldkopplung aus. Die Position und Orientierung von Sensoren im Raum wird mit sechs Freiheitsgraden bestimmt. (die drei x, y und z-Koordinaten des kartesischen Koordinatensystem für Position; azimuth, elevation und roll für Orientierung).
2. Messstift. Der Messstift ist eine Vorrichtung mit einem integrierten Schalter. Das Stiftgehäuse arbeitet wie ein elektromagnetischer Sensor.
3. Die mobile Karbon-Kopfkappe ist die Source und arbeitet als Transmitter. Er besteht aus drei elektromagnetischen Spiralen, die ein elektromagnetisches Feld erzeugen. Die Karbon-Kopfkappe ist auf dem Kopf fixiert und erlaubt die Bewegungsfreiheit des Patienten.



Abb.2: Die Karbon-Kopfkappe für die Magentkephalometrie in Position



Abb.3: Mit dem Messstift wird der anatomische intra- und extraorale Messpunkt angesteuert und mit dem Auslöser registriert.

4. PC mit Betriebssystem Microsoft Windows XP® home/professional oder Vista®.
5. Die Software. Für die Erfassung der Punkte und deren Ausgabe wurde ein Programm geschrieben und auf dem Rechner mit Betriebssystem Microsoft Windows® installiert. Windows XP und Vista sind trademark von Microsoft, Quickceph ist eine trademark von Quickceph, noXrayCeph ist trademark und Patent von Orthotec s.l..

**Meßvorgang:**

Das Programm wird auf dem Computer gestartet und der noXrayCeph Dongle und der Scanner werden per mitgeliefertem optischen USB-Kabel und medizinischen noXrayCeph-Netzteil (Erfordernis des Medizinproduktgesetzes) angeschlossen. Die mobile Karbonkopfkappe wird auf dem Kopf platziert (Abb. 2),

Die 55 anatomischen Punkte werden mit dem Messstift intra- und extraoral abgegriffen (Abb. 3).

Nach dem Messen werden die Punkte gesichert und das noXrayCeph-System berechnet die Frankfurter- und Rickettsanalyse, auf die für jede Messung individuell neu gemessene Mittsagittalebene. Dadurch wird sozusagen jedesmal eine neue Ebene konstruiert. Die neue Ebene ist unabhängig von der Position der mobilen Kopfkappe.

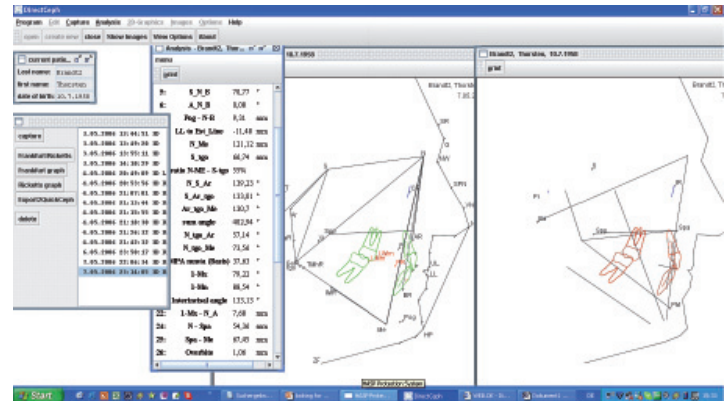


Abb.4: Darstellung der ausgewerteten Analyse auf dem Bildschirm

Diese Position darf nur während der Messung nicht verändert werden, falls trotzdem während der Messung eine Verschiebung auftreten sollte, muss die Messung wiederholt werden. Dies ist allerdings nur ein Zeitfaktor und nicht schädlich, wie eine erneute Röntgenaufnahme. Die Zeichnung kann bei Mehrfachmessungen oder Verlaufkontrollen übereinander gelegt werden. Jede Wiederholungsmessung ist somit vergleichbar mit einem Wiederholungsbild und einer erneuten Auswertung (Abb. 4) .

Ein Punkt wird durch Betätigen des Messstiftes aufgenommen und seine Koordinaten werden dadurch gespeichert. Die Koordinaten sind relativ zum Transmitter in der Karbon-Kopfkappe eingegeben. Die Aufnahme eines Punktes wird dem Benutzer akustisch vorgesagt. Wird der Punkt fehlerhaft aufgenommen, kann er erneut erfasst werden.

Für die Vergleichsstudie der Röntgenbildauswertung wurde das kephalometrische Analyseverfahren nach Steiner und die Analyse nach Ricketts gewählt. Software für die Analyse des Fernröntgenseitenbildes: Die angulären und linearen Messwerte wurden unter Zuhilfenahme der Software QuickCeph®2000 (Fa QuickCeph Systems, Inc.) bestimmt.

**Probanden**

Um die Reproduzierbarkeit der gemessenen Werte zu untersuchen, wurden ein männlicher Proband (Proband 1) und eine weibliche Probandin (Proband 2) ausgewählt, und es wurden jeweils elf Messungen von zwei verschiedenen Untersuchern mit der mobile Kopfkappe durchgeführt. Es wurde ein Fernröntgenseitenbild von dem Proband 1 angefertigt und mit dem computerunterstützten Programm QuickCeph® ausgewertet. Die Probandin wurde jeweils an drei verschiedenen Tagen vermessen. Die Untersuchungen fanden an hintereinander folgenden Tagen statt: Drei Messungen erfolgten am ersten Tag und jeweils vier am zweiten und dritten Tag.

**Statistische Methoden**

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte mit dem Programm Microsoft Excel® für Windows. Für die Referenzwerte wurden der Mittelwert (MEAN) und die Standardabweichung (SD) berechnet. Die Unterschiede wurden zwischen der Auswertung der Fernröntgen-seitenaufnahme und mittels n des Programmes noXrayCeph® erhoben. Die Messwerte wurde mit einem U-Test nach Mann-Whitney für unabhängige Stichproben analysiert. Das Signifikanzniveau wurde auf p=0,005 festgelegt.

**Ergebnisse**

Die Untersuchung ergab, dass sowohl das noXrayCeph-System als auch das QuickCeph®-Programm reliable Messwerte lieferte. Die Tabelle 1 zeigt die Differenzen zwischen den Mittelwerten der ermittelten kephalometrischen Variablen mit Hilfe von QuickCeph® und NoXrayCeph®. Außerdem wurden die Standardabweichungen für die Messwerte berechnet.

Tabelle 1: Vergleich zwischen den Messungen mit QuickCeph und NoX

TABELLE



### Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Messreihe haben gezeigt, dass die vorgestellte Methode geeignet ist, reproduzierbar die kephalometrische Analyse in der Praxis durchzuführen. Außerdem lässt sich feststellen, dass für die Reproduzierbarkeit der Methode kein signifikanter Unterschied zwischen den Messungen, die direkt hintereinander erfolgt waren, und denen die an verschiedenen Tagen durchgeführt wurden, ergeben hat. Die Messungen, die durch zwei verschiedene Behandler durchgeführt wurden, zeigen deutlich nebeneinander liegende Mittelwerte und vergleichbare Standardabweichungen. Eine Aussage wie genau die wirkliche Schädelssituation von dem Fernröntgenseitenbild erfasst wurde und reproduzierbar hergestellt werden kann, fehlt völlig in dieser Untersuchung, weil Patientstudien zur diesbezüglichen Abklärung wegen der mehrfachen Strahlenexposition ausscheiden mussten. Durch die Messung der Genauigkeit und Reproduzierbarkeit mit der mobilen Kopfkappe, wird über die Möglichkeiten der Messfehlerbetrachtung aus dem Fernröntgenseitenbild hinausgegangen. Der statistische Vergleich der Auswertungen eines Fernröntgenbildes mit den Ergebnissen der Messungen mit der mobilen Kopfkappe, fanden wir zur Beantwortung der Problemstellung nur als bedingt geeignet, da eine Messfehlerbeschreibung beim Fernröntgenseitenbild nur die Fehler beschreiben kann, die bei der Auswertung von einem Foto oder Bild auftreten können. Wenn das zweidimensionale Röntgenbild mehrfach ausgewertet und statisch erfasst wird, bedeutet dies eigentlich nur wie genau ein Foto analog, oder nach der Digitalisierung am Computer, ausgewertet werden kann. Es können alle Projektions- und Aufnahmefehler in diesem Bild enthalten sein, die eine Auswertung wertlos machen, egal wie genau diese Auswertung von dem „möglicherweise schiefen“ Röntgenbild auch sein mag. Die Fehlerquellen durch die Positionierung [41] sind in 10 % aller Röntgenaufnahmen so gravierend, dass diese nicht mehr auswertbar sind. Schon ab Abweichungen von 4° sind bei 4 von 14 Werten signifikante Abweichungen zu finden [41]. Nach Bister [6] ist die Grenze für eine reproduzierbare Einstellung in den Kephhalostaten bei plus/minus

4 Grad. Martins et al. [25] und [15] stellt fest, daß insbesondere Schneidezähne sowohl bei digitalen wie auch konventionellen FRS schwierig zu messen sind und die größten Fehler beherbergen. Bei jeder Röntgenaufnahme sind geometrische Abbildungsfehler immanent, lediglich die Größe lässt sich beeinflussen. Vergrößerung und Entstehung von Doppelkonturen, durch die Divergenz von Strahlen, Überlagerungen und Unschärfe lassen sich nicht vermeiden [36]. Dazu kommen spätere Fehler bei der Auswertung. Verschiedenen Projektionsabstände von verschiedenen Herstellern, unterschiedliche Anatomie der äußeren Gehörgänge, unterschiedliches Einspannen des Patienten in den Kephhalostaten führen zur weiteren Abweichungen zwischen den Röntgenaufnahmen. Die Fehlerquelle erscheint insbesondere bei der Positionierung, da der gesamte Kephhalostat wegen seiner Länge der Ohrhülenträgerarme und dem grazilen Aufbau eine hohe Elastizität aufweist. Durch Resilienz der Weichteile ist eine weitere Ungenauigkeit gegeben. Dazu führen auch die Abbildungsfehler und die Auswertungsfehler zu gewisse Ungenauigkeit von Röntgenaufnahmen. Extrem wird diese Ungenauigkeit, wenn beim digitalen Bild Zeile für Zeile gelesen wird und der Patient sich während des langen Bestrahls bewegt. Diese Fehlerquelle ist nicht bestimmbar, weil eine Mehrfachmessung aus ethischen Gründen nicht möglich ist. Beim Vergleich von mehreren Messungen [30] wird zwischen den Fehlern, die zufällig sind den systematischen Fehlern unterschieden. Die zufälligen Fehlern können intra- und interindividuell sehr unterschiedlich ausfallen Ein systematischer Fehler liegt vor wenn z.B. ein Wert immer größer als der wahre Wert ist. Dies ist bei FRS durch die Vergrößerung gegeben, weshalb wir hier von einem systematischen Fehler sprechen, der bei einer 1 zu 1 Registrierung nicht gegeben ist. Bei dem direkten Scannen mit einem 3D Scanner kann die Strecke größer oder kleiner sein als die wirkliche Strecke ist, also handelt es sich hierbei um einen zufälligen Fehler, wie er auch bei der Auswertung eines FRS beim Durchzeichnen auftritt. Den Bemühungen den systematischen Fehler beim FRS so gering wie möglich zu halten, z.B. durch den vergrößerten Röntgenabstand steht hier die Eliminierung dieses Fehlers gegenüber, da keine systembedingten Verzeichnungen festgestellt werden konnten, siehe technischer Fehler des Geräts. In der vorliegenden Arbeit wurden diese Fehlerquellen ausgeblendet und ausschließlich die Fehler aus dem Auffinden von Punkten in einem Röntgenfoto mit dem Auffinden der Punkte an dem Patienten verglichen. Durch die große Übereinstimmung der Punkte an dem Probanden bei Wiederholungsmessungen erscheint die softwaregesteuerte Herstellung der Midsagittalebene sehr präzise zu sein. Außerdem scheint die Herstellung der Röntgenaufnahmen der untersuchten Probanden durch das Praxisteam sehr standardisiert zu sein, was auch für reproduzierbare Aufnahmen gefordert ist ( ). Die beschriebenen Fehlerquellen bei der Herstellung des Fernröntgenseitenbildes scheinen bei der Magnetkephalometrie nicht nachweisbar zu sein, ansonsten hätten ähnliche Abweichungen, wie bei Young et al. [41] beschrieben, erscheinen müssen. Der Vergleich zwischen einem Fernröntgenseitenbild und der mobilen Kopfkappe für die Magnetkephalometrie erscheint wegen der in vielen Punkten reproduzierbaren Herstellung eines Magnet-Kephalogramms durchaus vergleichbar zu sein. Die Messung erscheint ausreichend präzise zu sein und der technischen Fehler des Scanner ausreichend gering, um einen Vergleich mit einer Röntgebildanalyse durchzuführen. Sowohl die Softwareberechnung mit NoXrayCeph 1.43 und bezogen auf die Röntgenbilder durch die reproduzierbare Positionierung im Siemens OP 10 Röntgengerät, sowie einer standardisierten Auswertung mit QuickCeph 2000, erscheint aussagekräftig zu sein.

Somit erscheint in der vorliegenden Untersuchung der Schädelaufbau sowohl durch die wiederholte Berechnung mit der Magnetanalyse, was wiederholten Röntgenaufnahmen des einen Probanden entspricht, als auch mit einer Röntgenaufnahme statistisch gesehen gleichwertig kephalometrische erfasst zu sein.

Bei meisten kieferorthopädischen Patienten handelt es sich um Kinder und Jugendliche. Beim wachsenden Kind hat jede Strahlung auf die blutbildenden Zellen in den Schädeldeckknochen einen lebenslangen Memory-Effekt. Zurzeit liegen die Dosen für Fernröntgenseitenaufnahmen bei 0,05 bis 1,1 mSv, wozu noch die Exposition gegenüber natürlichen

Strahlenquellen mit etwa 1,1 bis 2 mSv pro Jahr hinzukommt [31, 33]. Es ist wichtig die Strahlenexposition so gering wie möglich zu halten [35]. Eine Analyse in der tatsächlichen Größe ist auf Dauer der Röntgenkephalometrie überlegen, da sie die Verhältnisse 1:1 abbildet, linke und rechte Seite aufzeigt, bei Zweifeln an der Auswertung jederzeit wiederholbar ist und auch weil Verlaufsmessungen ohne ethische Probleme möglich sind. Allein die Möglichkeit der Überprüfung besteht beim Fernröntgenseitenbild nicht. Um eine ähnliche Qualitätskontrolle wie bei der Magnetkephalometrie noXrayCeph® durchzuführen, müsste die Fernröntgenseitenaufnahme neu erstellt werden und dann neu gemessen werden. Ein einzelnes Fernröntgenseitenbild mehrfach auszuwerten erhöht die Qualität eines Fernröntgenbildes nicht und setzt sogar voraus, dass diese Aufnahme ideal ist, der Verzerrungsfaktor berücksichtigt wird und keine Fehler bei der Herstellung gemacht wurde. Nur weil aus Strahlenschutzgründen keine Kontrollaufnahme gemacht werden kann, heißt dies jedoch nicht, dass man das Fernröntgenseitenbild als das wirkliche Abbild des zu vermessende Schädelaufbaues betrachten soll. Dies war eher aus Not und der Ermangelung von mehreren Aufnahmen geborgen als auf der Basis der Wirklichkeit. Durch die Selbstkalibrierung wird die Messung mit der mobile Kopfkappe in der tatsächlichen Größe (1:1) zur wirklichen Anatomie durchgeführt, was beim Fernröntgenseitenbild nicht möglich ist. Die neuen Volumetomogramme werden eine Überprüfung dieser 1 zu 1 Messmethode möglich machen, da hier die Verhältnisse auch fast 1 zu 1 abgegriffen werden können. Nur für die Routine Untersuchung eignet sich diese Methode nicht, da die Belastung durch Röntgenstrahlen zu hoch ist, insbesondere bei Jugendlichen wegen der blutbildenden Zellen. Bei jeder wiederholter Messung erlangt der Untersuchende die Qualität einer neuen FRS und einer neuen Auswertung. Es steht der Messfehler vom reproduzierbarem Abgriff am Probanden - gewissermaßen die Genauigkeit des virtuelle FRS - im Vordergrund. Bei einer Wiederholungsmessung wird ein neues strahlenfreies Image hergestellt und somit wird die Genauigkeit des direkten Abtasten des Patienten gemessen, was wesentlich sinnvoller erscheint, als die Genauigkeit des Abgriffes von einem verzerrten Röntgenbild zu untersuchen. Es bedarf einer gewissen Übung und Routine um die Punkte reproduzierbar aufzufinden. Das Personal sollte speziell geschult werden, da sich Fehler am Punktabgriff genauso negativ auf das Ergebnis auswirken wie bei der Fernröntgenseitenbild-Auswertung.

Mit der Möglichkeit zur strahlenfreien kephalometrischen Analyse hat dieser Methode einen hohen Stellenwert für die kieferorthopädische Diagnostik, Therapieplanung und Evaluation von Behandlungsergebnissen. Das noXrayCeph System mit seiner mobile Kopfkappe ermöglicht eine schnelle rechnerische Erfassung mit sofortiger Berechnung und Durchzeichnung in Echtzeit. Der Ausdruck des Ergebnisses spart die Zeit, da kein Röntgenbild entwickelt oder vermessen werden muss. Das Gerät erlaubt die Bewegungsfreiheit des Kopfes, wodurch ist es auch möglich ist, sich bewegende Patienten zu vermessen.

### **Schlussfolgerung**

In der vorliegenden Untersuchung erscheinen der Vergleich von der Auswertung eines Fernröntgenbildes und die Vermessung desselben Probanden mit der Magnetanalyse keinen gravierenden statistischen Unterschied aufzuweisen. Dies erscheint umso bemerkenswerter, da die sonst üblichen Fehler in der Herstellung der Röntgenbilder durch Verzeichnung, Verwacklung, Unschärfe und Positionierungsfehler als erheblich betrachtet werden [41]. Wenn unter der Voraussetzung des ideal hergestellten Fernröntgenseitenbild wichtigen Aussagen für die Diagnostik und Planung gemacht werden können [36] erscheint dies aufgrund der Reproduzierbarkeit und der im Vergleich zur Röntgbildauswertung vergleichbaren kephalometrischen Werte für die Magnetkephalometrie auch zuzutreffen.

Durch die Projektionsebene in der realen Mitte des Schädels, kann eine kephalometrische Analyse der rechten und linken Gesichtshälfte hergestellt werden. Asymmetrien zwischen der linken und rechten Gesichtshälfte werden somit in der Lateralprojektion gemessen. Durch das Verzichten von Röntgenstrahlen können auch während der Wachstum-

sphase oder im Behandlungsverlauf beliebig viele Vermessungen durchgeführt werden. Da z.B. die Sella nicht anatomisch geortet werden kann, wird sie durch benachbarte Strukturen mathematisch berechnet. In der vorliegenden Untersuchung scheint dies gut zu gelingen, was aber nicht für alle Patienten zutreffen muß. Da es sich anatomisch um einen eher statischen Punkt handelt, scheint eine reproduzierbare Ermittlung dieses Punktes in vielen Fällen ausreichend. Für Zweifelsfälle, wie eventuell kombiniert-kieferchirurgische Behandlungen, kann eine initiale FRS-Aufnahme als Referenz dienen, zumal bei Erwachsenen das Strahlungsrisiko bezogen auf die blutbildenden Zellen kaum gegeben ist.

Die auf Magnettechnik basierende Technik des noXrayCeph System kann somit eine Weiterentwicklung der Kephalmetrietechnik ohne Röntgenstrahlen für die kieferorthopädische Diagnostik darstellen.

**Dr. Thorsten Brandt**

Die Literaturliste können Sie bei der Redaktion anfordern.