

CranioPlan[®]-Verfahren

zur Bestimmung der cranialen Symmetrieebene

Ein Beitrag von Prof. Dr. med. dent. Gerhard Polzar (KKU), Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Frank Hornung und Dr. Dr. Stephan Weihe.

Parameter zur Bestimmung der audiovisuellen Koordination mammärer Spezii

Die Evolution hat dazu geführt, dass der Mensch mit seinen primären Sinnesorganen (Auge, Gleichgewichtssinn und Gehör) zur Orientierung im Raum eine maximale Kalibrierung erfahren hat.

Die Idee des hier beschriebenen Verfahrens ist es, aus eindeutigen Referenzpunkten im Schädel des Menschen eine Bezugsebene abzuleiten. Diese Ebene dient zur Kalibrierung und Referenzierung aller medizinischen Therapieverfahren, sowohl zahnheilkundlich als auch humanmedizinisch.

Als Referenzpunkte werden in diesem Verfahren erstmalig die Lage der Sinnesorgane am Ort ihrer sensorischen Aufnahme, also die Eintrittspunkte in das Humansystem, ver-

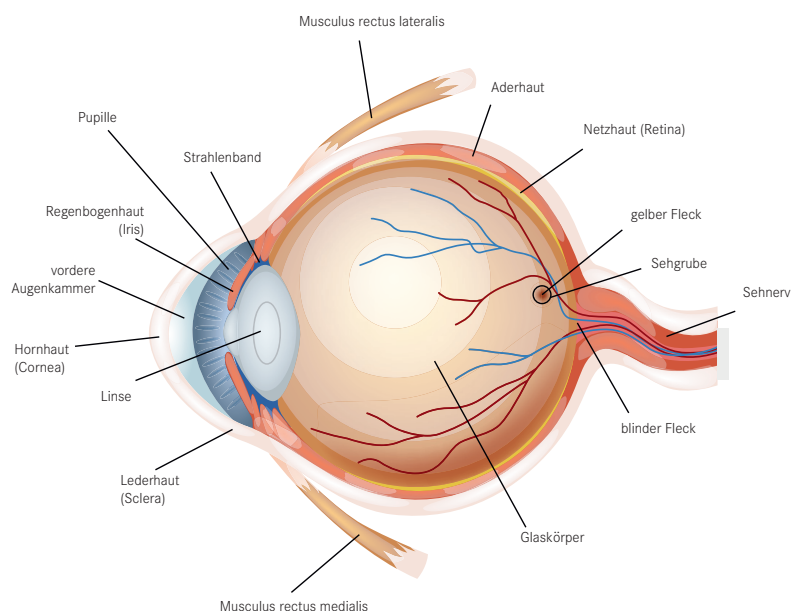
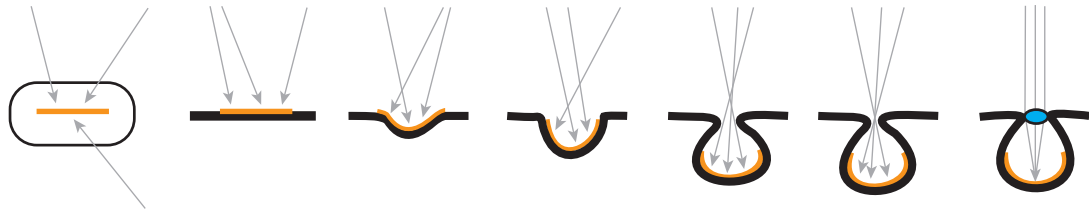


Abb. 1: Das menschliche Auge.

© rendix_alexian / Shutterstock.com

2



wendet und miteinander verbunden – der Sehsinn, Gehörsinn und Gleichgewichtssinn. Es werden Achsen aus Gleichgewichtssinn (Innenohr; Abb. 3) und Sehsinn (Auge; Abb. 1) gebildet. Hierfür werden beispielsweise der Schwerpunkt der Hornhautkrümmung Auge rechts und links sowie Elemente des Innenohrs, z. B. der Schwerpunkt der Bogengänge oder der Amboss (Incus) rechts und links, verwendet. Das Gute am Incus ist, dass er, zwar etwas oberhalb, aber auf nur 2–4 mm genau zwischen den Sinnesportalen Gehör und Gleichgewicht liegt. Aus den vier Referenzpunkten rechtes Auge, linkes Auge, rechtes Ohr und linkes Ohr wird die Cranial Plane gebildet. Einfach! Oder etwa doch nicht?

Der Sehsinn

Nur durch unsere Sinne – das Sehen, Hören, Schmecken, Riechen und Tasten – ist es möglich, die uns umgebende Umwelt in ihrer Komplexität wahrzunehmen. Auch wenn jeder einzelne Sinn für sich eine enorme Bedeutung hat, ist doch keiner so wichtig wie der Sehsinn. Die meisten Menschen würden daher die Frage nach dem für sie als am wichtigsten empfundenen Sinnesorgan gleich beantworten. Es sind die Augen, schließlich sind wir Menschen in erster Linie optisch orientierte Wesen. Diese Bedeutung der Augen kann man auch anhand folgender Zahl ableiten: 70 Prozent all unserer Sinneszellen sind in der Augennetzhaut zu finden.

Zahlreiche Augenmodelle hat Mutter Natur im Laufe der Evolution hervorgebracht – von Lichtsinneszellen (Abb. 2) über linsenlose Gruben- oder Blasenaugen bis hin zum Linsenauge. Nach vorn sind die Augen gerichtet, wobei sich ihre Gesichtsfelder (ca. 150°) für die Realisierung eines guten räumlichen Sehens weitgehend überschneiden (100 bis 120°). Aufgrund der Fähigkeit der Linse, sich zu verformen, wird eine gute Akkommodation und ein somit scharfes Sehen von nahen sowie in der Ferne liegenden Objekten erreicht.^{2,3}

Das Ohr

Funktionsanpassung des (Innen-)Ohrs

Säugetiere verfügen über äußerst empfindliche Ohren. Deren Funktion hat im Verlauf der stammesgeschichtlichen Entwicklung der Wirbeltiere eine zunehmende Verlagerung hin zur Schallwahrnehmung erfahren. Das (Innen-)Ohr diente ursprünglich der Lagefeststellung im Raum sowie der Wahrnehmung von Drehbewegungen, was einen direkten Zusammenhang zwischen dem Sehen und dem Gleichgewichtssinn erkennen lässt. Es ist daher anzunehmen, dass die Lagebeziehung von Augen, Gehör- und Gleichgewichtsorganen als Systemanordnung einer symmetrischen Grundlage entsprechen muss. Durch das Leben an Land konnten Schallwellen auch zur Signalwahrnehmung aus größeren Entfernungen genutzt werden.

Um diese neue Funktion gewährleisten zu können, musste eine Anpassung des Innenohrs erfolgen, die Entwicklung eines Mittelohrs sowie späteren äußeren Ohrs. Dabei griff die Natur auf vorhandene Teile zurück und baute diese in die Mechanik des Ohrs ein. Beispielsweise finden sich Elemente des ursprünglichen Kiefergelenks der niederen Wirbeltiere bei Säugetieren im Mittelohr wieder. Dort üben sie als Gehörknöchelchen eine ganz neue Funktion aus. Stattdessen hat sich bei Säugetieren ein neues Kiefergelenk gebildet, und zwar aus anderen Teilen des Schädels.⁴

Aufbau des Ohrs⁴

Das äußere Ohr

Drei Teile umfasst das menschliche Ohr (Abb. 3). Die äußerlich sichtbare Ohrmuschel bündelt die Schallwellen. Diese gelangen über den Gehörgang zum Trommelfell.

3

Anatomie des menschlichen Ohrs

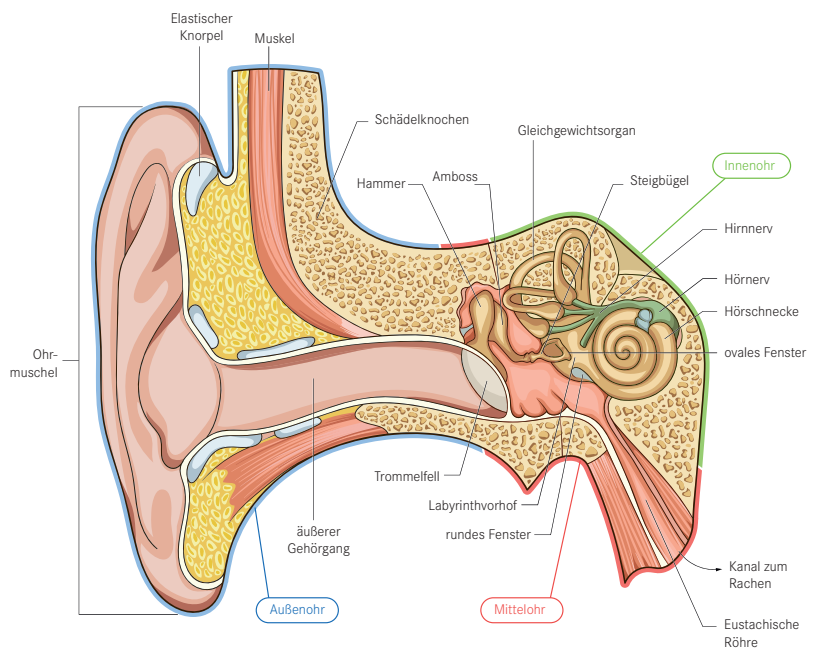


Abb. 2: Der Sehsinn. – Abb. 3: Das menschliche Ohr.

© Alexiusmedical / Shutterstock.com

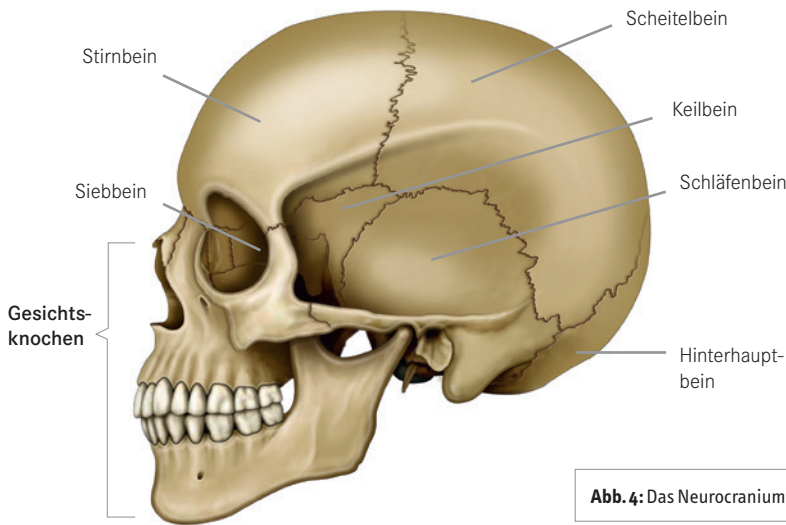


Abb. 4: Das Neurocranium.

Hierbei handelt es sich um eine dünne Membran, die durch die ankommenden Schallwellen in Schwingung versetzt wird. Alle genannten Teile bilden das äußere Ohr.

Das Mittelohr

Direkt nach innen angrenzend liegt das luftgefüllte Mittelohr, in dessen Höhle sich die drei Gehörknöchelchen befinden. Ein sogenannter Hammer, der mit dem Trommelfell verbunden ist, leitet den Schall über den Amboss an den Steigbügel weiter. Dieser wiederum sitzt dem ovalen Fenster auf, einer kleinen mit einer Membran überspannten Öffnung in der knöchernen Ohrkapsel.

Der Rachenraum und das Mittelohr sind offen durch eine sogenannte „Eustachische Röhre“ miteinander verbunden, über die gegebenenfalls ein Druckausgleich zwischen Mittelohr und Außenwelt erfolgt. Man denke hier z. B. an eine Flugreise, bei der durch Schlucken oder Gähnen beim Start- oder Landevorgang mithilfe dieser Röhre der spürbare Druck minimiert werden kann.

Das Innenohr

Das Innenohr wird durch eine knöcherne Ohrkapsel geschützt. Es besteht aus den drei Bogengängen (Labyrinth), den Vorhofsäcken und der Schnecke. Die Bogengänge stellen halbkreisförmige Schläuche dar, die in den drei Raumebenen angeordnet sind. Jeder dieser drei Bogengänge enthält eine Verdickung (Ampulle) in der Wand, deren Boden mit Haarsinneszellen versehen ist. Die Sinneshaare dieser Zellen werden wiederum von einer gallertigen Hülle umgeben. Wird der Kopf bewegt, bleibt die zähe Flüssigkeit (Ohrlymphe) in den Bogengängen aufgrund ihrer Trägheit zunächst zurück, während

gengänge können Drehbewegungen in allen Richtungen wahrgenommen werden.

Gleichgewicht und Raumwahrnehmung

Unterhalb der Bogengänge befinden sich zwei Vorhofsäckchen. Sie verfügen ebenfalls über Felder mit Haarsinneszellen, wobei auch hier die Sinneshaare gallertig umhüllt sind. In diese Umhüllung sind kleine Kalkkristalle eingebettet, die – wenn wir den Kopf bewegen – aufgrund der Schwerkraft nach unten gezogen werden. Je nachdem, wie wir den Kopf dabei halten, wird diese Gallerte inklusive der darin befindlichen Sinneshaare unterschiedlich stark abgelenkt. Die in den Vorhofsäckchen liegenden Sinnesfelder sind nahezu senkrecht zueinander angeordnet. Das Gehirn kann daher aus den Informationen beider Sinnesfelder unsere Lage im Raum bzw. die Lage unseres Kopfes im Raum errechnen.

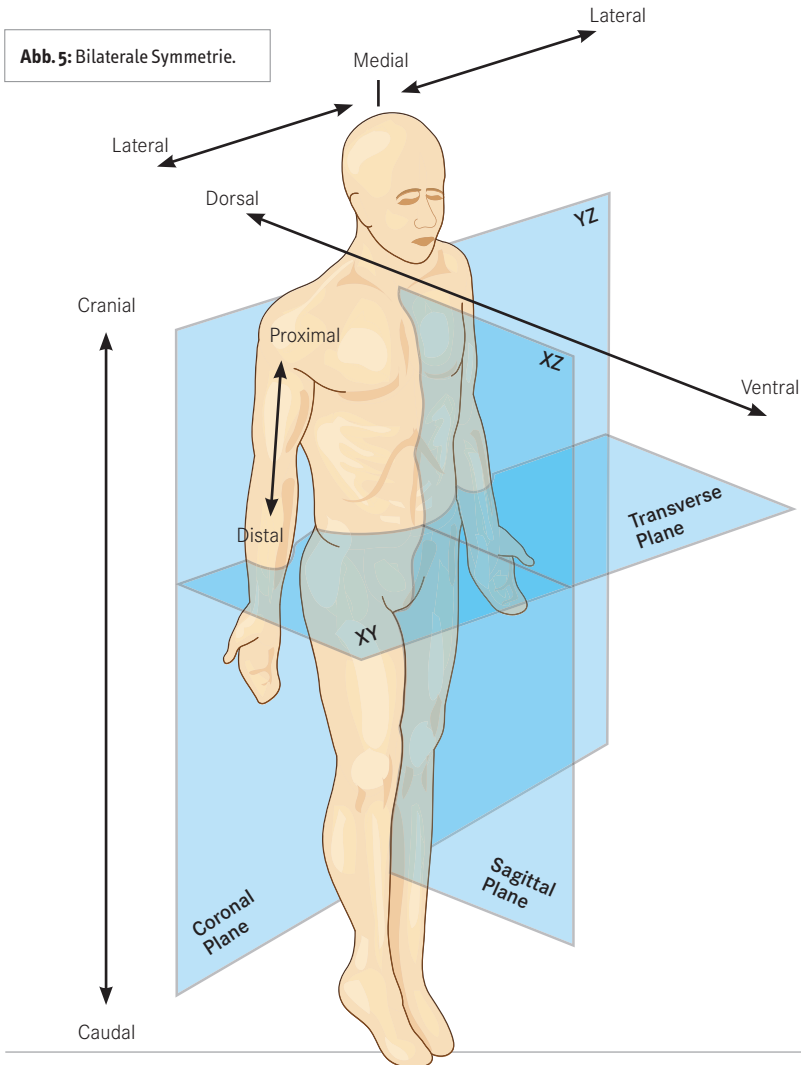


Abb. 5: Bilaterale Symmetrie.

© Blamb / Shutterstock.com

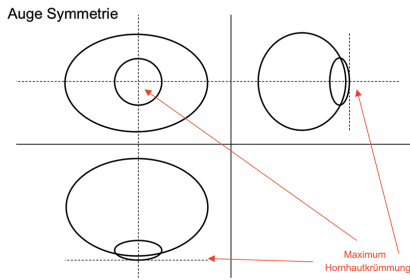


Abb. 6: Auge Hornhaut.

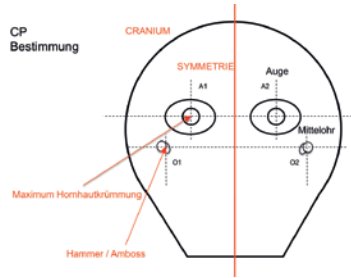


Abb. 7: Bestimmung der Symmetrieachsen.

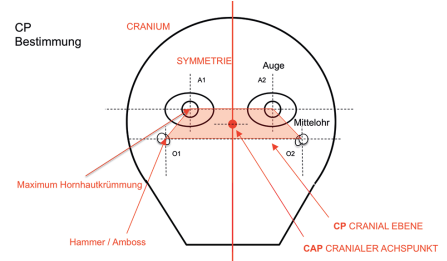


Abb. 8: Bestimmung der Cranial Plane.

Bestimmung der Cranial Plane

Um die Sinnhaftigkeit der Cranial Plane zu verstehen, sollte man vorab den Begriff der bilateralen Symmetrie (Abb. 5) erörtern. Die bilaterale Symmetrie bedeutet die Teilung durch eine sagittale Ebene. Es ergeben sich Spiegelbilder, rechts und links Hälften, wie bei Schmetterlingen, Krebsen oder beim menschlichen Körper. Tiere mit einer bilateralen Symmetrie haben einen „Kopf“ und „Schwanz“ (cranial vs. caudal), vorn und hinten (dorsal vs. ventral) sowie rechts und links. Alle Tiere, außer solche mit radialer Symmetrie, sind bilateral symmetrisch. Die Entwicklung der bilateralen Symmetrie, welche die Bildung von cranial und caudal (Kopf- und Schwanz-)Enden ermöglichte, förderte ein Phänomen namens Kephalisierung hervor, welche sich auf die Sammlung eines organisierten Nervensystems an der ventralen Seite des Tieres bezieht.

Im Gegensatz zur radialen Symmetrie, die sich am besten für stationäre oder begrenzte Lebensformen eignet, erlaubt die bilaterale Symmetrie eine gestraffte und gerichtete Bewegung. Evolutionär betrachtet, förderte diese einfache Form der Symmetrie die aktive Mobilität und die gesteigerte Raffinesse von Ressourcensuchenden und Raub-Beute-Beziehungen.

Der bilateral symmetrische menschliche Körper (Abb. 5) kann in Ebenen unterteilt werden. Tiere im Stamm Echinodermata (wie Seeesterne, Sanddollar und Seeigel) zeigen eine radiale Symmetrie als Erwachsene, aber ihre Larvenstadien weisen bilaterale Symmetrie auf. Dies wird als sekundäre radiale Symmetrie bezeichnet. Man glaubt, dass sie sich von bilateral symmetrischen Tieren entwickelt haben; sie werden also als bilateral symmetrisch klassifiziert. Für das Cranium bzw. Neurocranium (Abb. 4) wurde eine Symmetrieebene bisher nicht eindeutig definiert.^{1,5}

Legende Cranial Plane

CP = Cranial Plane

CAP = Cranial Axis Point

CCP = Cranial Cross Point

CSA = Cranial Symmetry Axis

CSP = Cranial Symmetry Plane

- Die Eckpunkte der Trapezfläche CP sind definiert als die Eintrittspforten der sensorischen Afferenzpaare Sehsinn, Gleichgewichts- und Gehörsinn.
- Die Trapezfläche CP wird gebildet aus dem Maximum der Hornhautkrümmung

des rechten und linken Auges und dem Zentrum Amboss des linken und des rechten Ohres.

- Der CAP ist der geometrische Schwerpunkt der Trapezfläche CP.
- Der CCP ist der Kreuzungspunkt der Trapezdiagonalen der Trapezfläche CP.
- Die CSA ist die senkrechte Achse auf der CP-Trapezfläche durch den CAP.
- Die CSP ist die senkrechte Fläche auf der CP durch die Streckenmittelpunkte der Trapezparallelen Augenabstand, Innenohr-(Amboss-)Abstand!

TRAPEZ
Cranial Plane
Cranial Axis Point
Cranial Cross Point

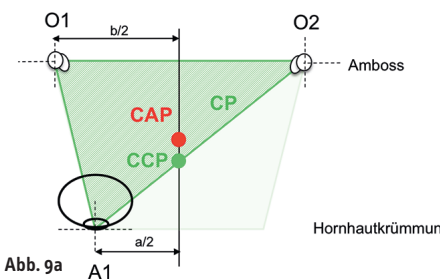


Abb. 9a

TRAPEZ
Cranial Plane
Cranial Axis Point
Cranial Cross Point

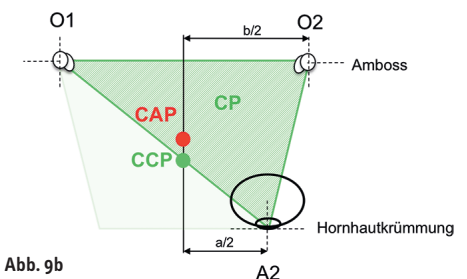


Abb. 9b

TRAPEZ
Cranial Plane
Cranial Axis Point
Cranial Cross Point

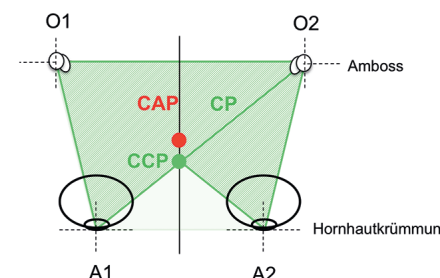


Abb. 9c

TRAPEZ
Cranial Plane
Cranial Axis Point
Cranial Cross Point

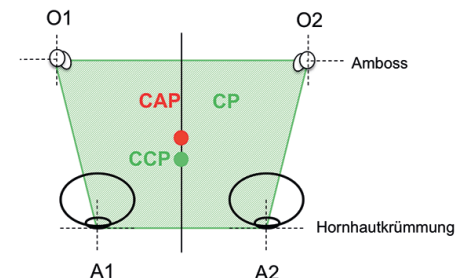
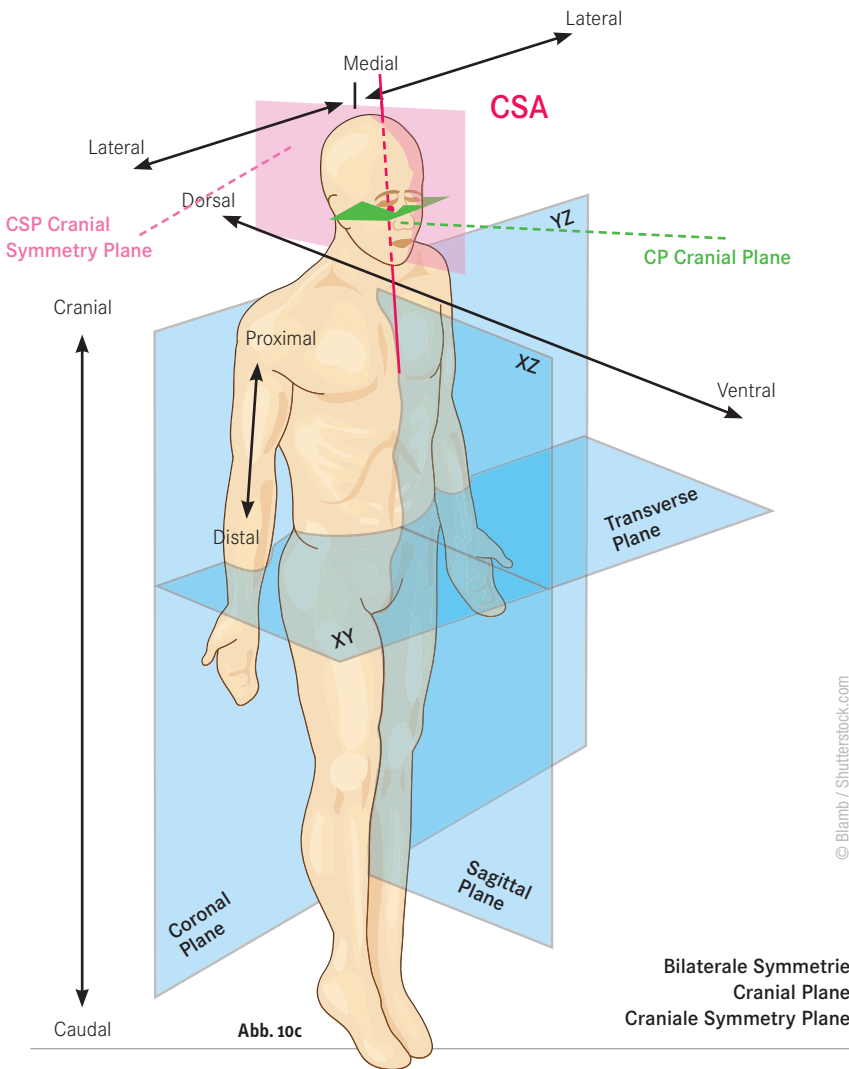


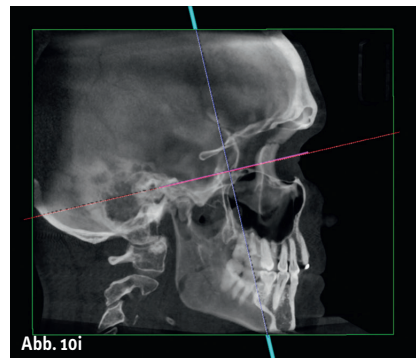
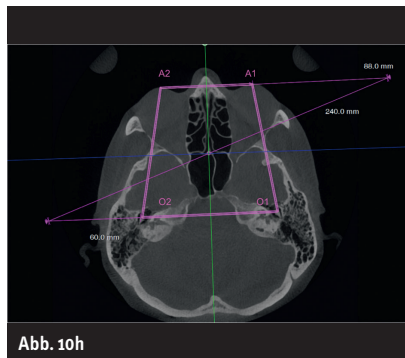
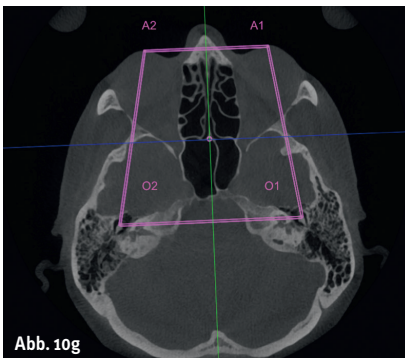
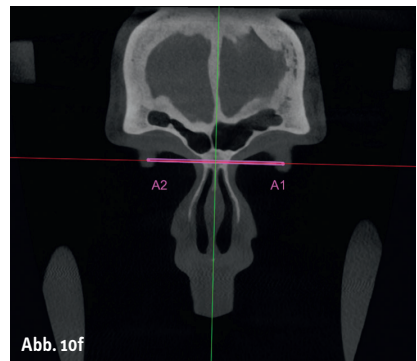
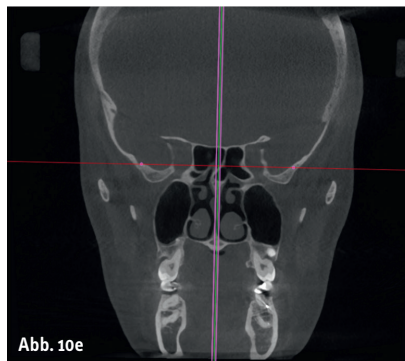
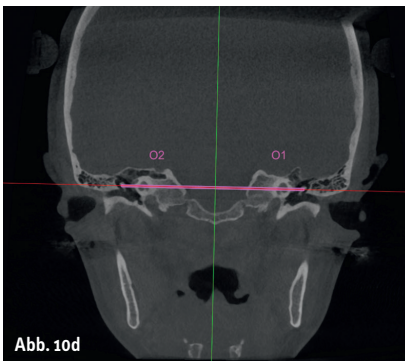
Abb. 9d



Bestimmung der Trapezfläche

Nach Festlegung der Cranial Plane wird als Senkrechte auf der CP die CSP (Cranial Symmetry Plane) bestimmt. Sie verläuft jeweils durch die achshalbierenden Punkte $O1O2/2 A1A2/2$. Die CSP bietet, anders als die Campersche Ebene, erstmalig die Möglichkeit, die craniale Symmetrie abzuleiten, da sie den Schädel eindeutig in zwei Hälften teilt. Die CSA (Craniale Symmetrie Achse) als Senkrechte zur CP (Cranial Ebene) ist eine erweiterte und exaktere, da die Referenzpunkte weit auseinanderliegen – neue Definition der biologischen Achse. Sie stellt neben der von Jack J. Kanski (Elsevier, Urban & Fischer, München 2008) beschriebenen 2D-Augenachse eine weitere biologische Achse dar, die eine wesentlich höhere Varianz, Anwendbarkeit und Veritabilität hat. Die rein optalmologisch definierten Achsen sind 2D und beziehen sich auf nur ein Sinnesorgan als Grundlage – den Sehsinn. Die CP (Cranial Ebene) und daraus resultierende CSA (Craniale Symmetrie Achse) und CSP (Craniale Symmetry Ebene) überführen die zweidimensionale Augenachse durch die Verbindung mit der Gleichge-

© Blamb / Shutterstock.com



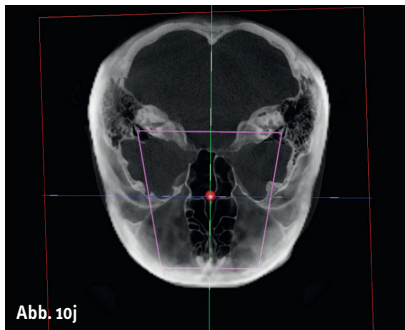


Abb. 10j

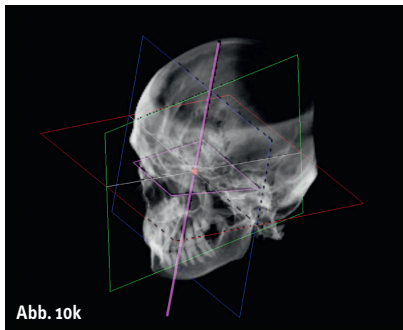


Abb. 10k

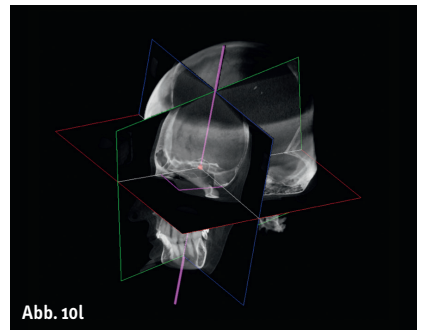


Abb. 10l

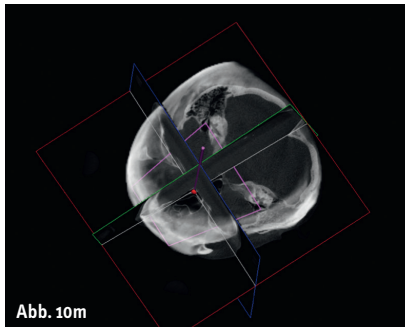


Abb. 10m

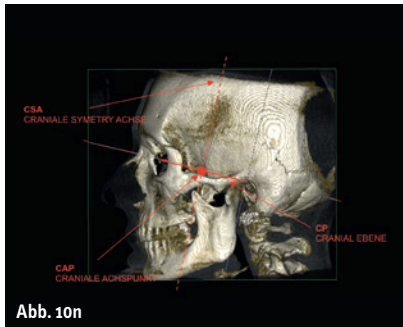


Abb. 10n

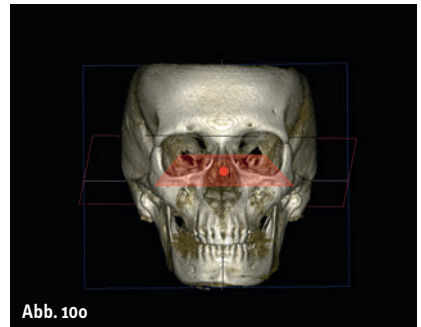


Abb. 10o

Abb. 10a–o: Craniale Symmetrie Plane.

wichtsachse in ein dreidimensionales biologisch orientiertes Koordinatensystem, da die CP die drei Sinnesorgane (Sehsinn, Gleichgewichtssinn und Gehör) mit ihren Eintrittspforten in das humane System berücksichtigt (Abb. 10a–o).

Die Bedeutung der Cranial Plane für die Zahnheilkunde und Chirurgie

Seit Menschengedenken wird versucht, das Geheimnis von der Schönheit eines Menschen zu ergründen und möglichst in eine einfache Formel zu gießen. Dabei spielen die Begriffe Harmonie und Symmetrie seit jeher eine maßgebliche Rolle. So erachteten die alten Griechen nicht nur in der Architektur und der Malerei den Goldenen Schnitt als das ideale Schönheitsverhältnis. Auch ein Gesicht galt demnach als besonders schön, wenn es bestimmte Proportionen aufwies. Die Zauberzahl heißt Phi: 1 zu 1,618 für das Verhältnis von zwei Strecken. Der griechische Gelehrte und Mathematiker Euklid von Alexandria postulierte um 300 v. Chr. basierend auf dem Goldenen Schnitt folgende Formel für die perfekten Gesichtseigenschaften:

Die Nase sollte nicht länger sein als der Abstand zwischen den Pupillen, und die Breite des Gesichtes sollte zwei Drittel der Gesichtslänge betragen.

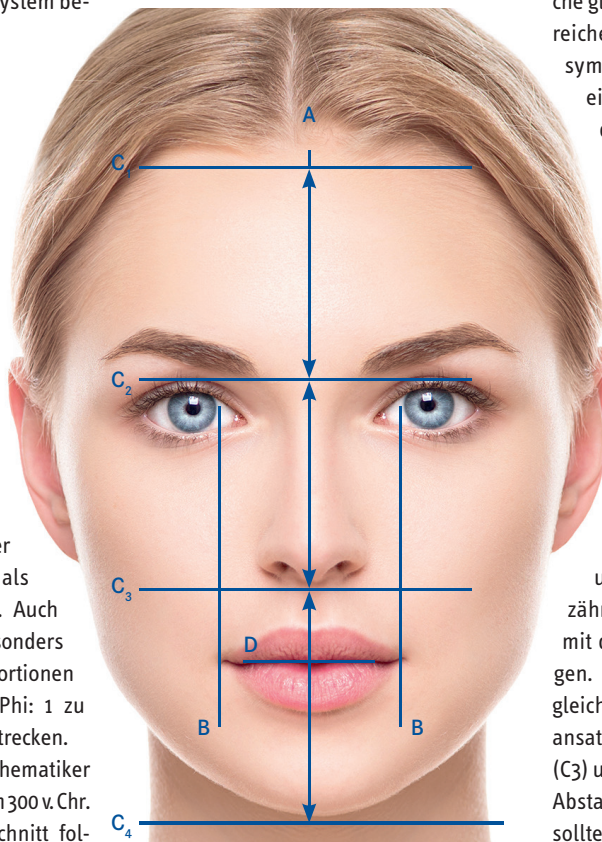


Abb. 11: Symmetrie.

Tatsächlich zeigen psychologische Studien, dass eine stärkere Symmetrie einen positiven Einfluss auf die Attraktivität von Gesichtern bei Frauen und Männern hat. Manche glauben neben der Attraktivität an zahlreiche weitere Vorteile für Menschen mit symmetrischem Gesicht: Sie gehörten einer höheren sozialen Klasse an, fänden leichter Geschlechtspartner, und das andere Geschlecht sähe sie immer als gesünder an als die, die nicht so symmetrisch sind. Diese Argumentation machen sich nicht zuletzt auch zahlreiche Plastische Chirurgen zu eigen, und auch in den verschiedenen Fachbereichen der Zahnheilkunde spielt die Ästhetik eine maßgebliche Rolle. Die Mittellinie (A) teilt das Gesicht vertikal in zwei Hälften (Abb. 11). Idealerweise verläuft diese durch die Nasenspitze, die Mitte der Lippen und zwischen den mittleren Schneidezähnen. Die Pupillen (B) sollten vertikal mit den Mundwinkeln auf einer Linie liegen. Horizontal sollte das Gesicht in drei gleich hohe Abschnitte zwischen Haaransatz (C1), Augenbrauen (C2), Nasenbasis (C3) und Kinnspitze (C4) unterteilt sein. Der Abstand zwischen Nasenbasis und Lippen sollte ein Drittel des unteren Gesichtsdrittels betragen.

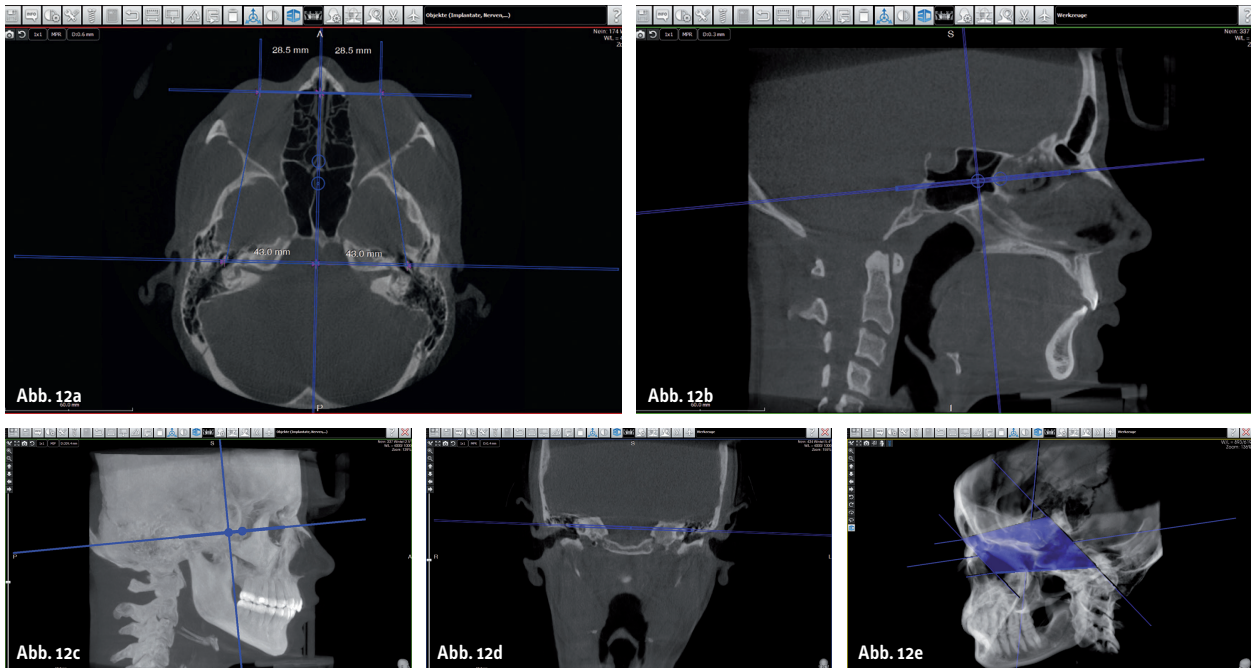


Abb. 12a–e: Cranial Plane.

Ein symmetrisches Gesicht scheint auf den Betrachter attraktiver zu wirken als ein asymmetrisches. In der Zahnheilkunde dürfen, bei allem Bestreben, die Patienten unter ästhetischen Gesichtspunkten zu rekonstruieren, funktionelle Aspekte nicht unberücksichtigt bleiben. Legt man konservative Maßstäbe und Analyseverfahren an, sind aber Ästhetik und Funktion oftmals nicht oder nur durch Kompromisse miteinander zu vereinbaren. Anders als alle bisherigen bekannten Verfahren basiert die Bestimmung der Cranial Plane auf einer nach ersten Erkenntnissen immer gegebenen Symmetrie zwischen den Sinnesorganen des Schädels: den Augen und dem audioauriculären System.

Diese Symmetrie scheint auch immer dann gegeben, wenn klassische Analyseverfahren eine Asymmetrie von Gesicht und Schädel konstatieren. Nutzt man nun die Streckenhalbierende der Augen- und Ohrpunkte, so schneidet diese auch bei augenscheinlicher Schädelasymmetrie die Spina nasalis und den Dens axis. Auch wenn auf den ersten Blick nicht unbedingt ersichtlich, folgt die Natur offensichtlich einem Prinzip der „inneren Harmonie“.

Gelingt es, die Cranial Plane in eine feste Beziehung zu der Okklusionsebene zu setzen, hat dieses neuartige Verfahren das Potenzial, klassische Analyseverfahren in der Zahnheilkunde abzulösen, resultieren da-

raus doch neue Konzepte für eine harmonisch-funktionelle Restauration bzw. Rekonstruktion in der Prothetik bzw. Zahntechnik, der Implantologie, der Kieferorthopädie sowie der Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie bzw. der Plastisch-Rekonstruktiven Chirurgie.

So lassen sich aus der trapezförmigen Cranial Plane weitere Trapeze ableiten, welche die Positionen der Eckzahnspitzen und der distobukkalen Höcker der ersten Molaren des Ober- und Unterkiefers festlegen. Die nach diesen neuen Erkenntnissen rekonstruierten Patienten werden vielleicht nicht immer als absolut schön oder ästhetisch empfunden, folgen aber einem biologischen Prinzip der „inneren Harmonie“ und somit einer naturgegebenen Ästhetik anstelle einer gesellschaftlichen Ästhetik.

Patientenfälle – Bestimmung der Cranial Plane

Bewusst verzichtet wird in diesem Artikel auf Anamnese und Behandlungsplan – in weiter folgenden Artikeln werden anhand der Festlegung der Cranial Plane abgeleitete veränderte Behandlungsmethoden diskutiert.

Fallbeispiel 1: Patientin, 18 Jahre

Beispiel für Symmetrie: Aus der Cranial Plane (Abb. 12a–e) kann über das CranioSphere®-

Verfahren (Abb. 13a–h) eindeutig die Okklusionsebene abgeleitet werden.

Fallbeispiel 2: Patient, 48 Jahre

Beispiel für Asymmetrie mit Führungsaug links. Durch Ermittlung der Cranialen Symmetrieebene kann die Asymmetrie aufgelöst werden (Abb. 14a–f).

Fazit

Aus einem ingenieurwissenschaftlichen Ansatz heraus wird immer versucht, von kalibrierten Ausgangssituationen Regeln abzuleiten. So gilt es auch im CranioPlan®-Verfahren, einen zunächst kalibrierten Ausgangszustand zu ermitteln. Wie beim Urmeter können wir nur messen, wenn wir einen definierten Referenzkörper als Basis zugrunde legen. Erstmals wird in diesem Verfahren eine Ohrenachse zur Kalibrierung verwendet.

Das CranioPlan®-Verfahren gibt dem Mediziner sowie dem Wissenschaftler und Techniker nun die Möglichkeit, von definierten Referenzpunkten und Referenzebenen genaue Messungen durchzuführen, um Therapieverfahren abzuleiten bzw. Therapiehilfsmittel, wie z. B. temporären Zahnersatz oder Prothesen, zu produzieren.

In nachfolgenden Artikeln werden konkrete Messergebnisse aus mehr als 100 Messungen

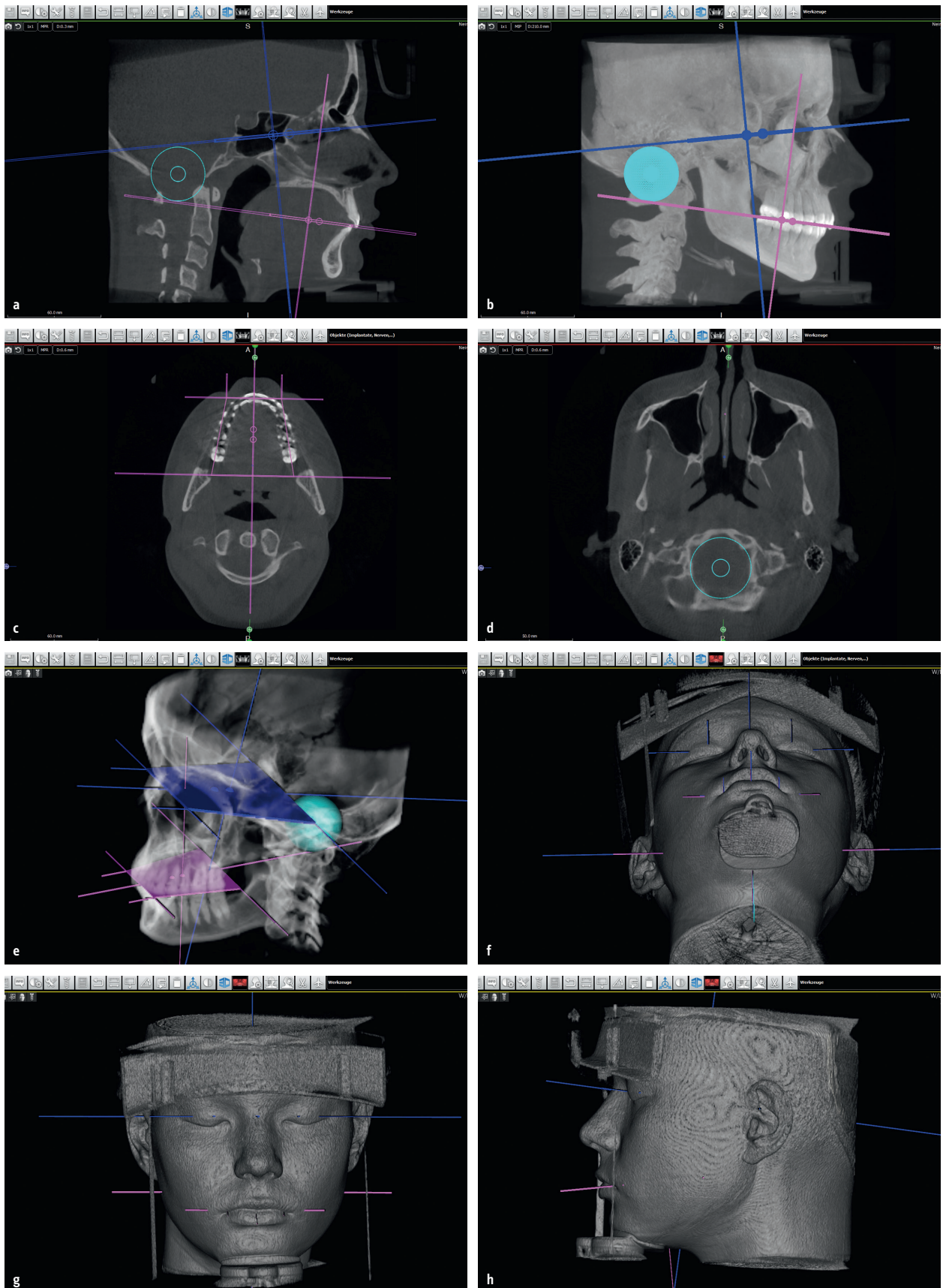


Abb. 13a–h: Cranial Sphere.

und dem daraus konstruierten Zahnersatz veröffentlicht. Als Grundlage zur Vermessung dienen vorhandene MRT-, CT- bzw.

DVT-Aufnahmen. Zur Ermittlung der Lagebeziehung der Innenohrstrukturen, Ohrachse und Augenachsen werden in Zukunft

alternative Messmethoden wie optische bzw. Ultraschallvermessungen bevorzugt. Freuen Sie sich auf eine sehr spannende Serie von Veröffentlichungen.

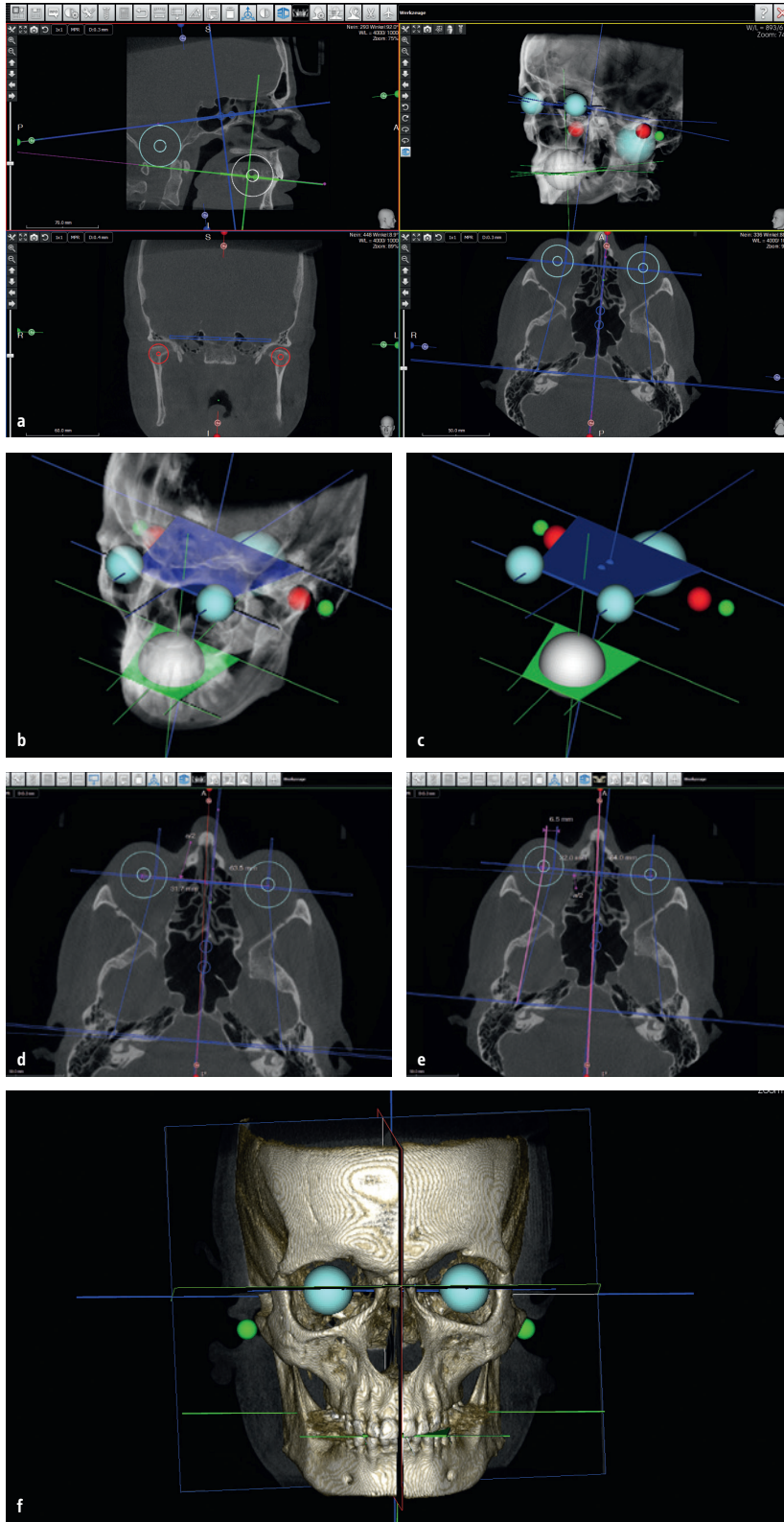


Abb. 14a–f: Cranial Sphere.

Die hochgestellten Zahlen verweisen auf benutzte Quellen (siehe QR-Code).

(Original: J. Compr. Dentof. Orthod. + Orthop. (COO) Umf. Dentof. Orthod. u. Kieferorthop. (UOO), No. 3–4/2016; Mit freundlicher Genehmigung der KFO-IG)



Kurzvita



Prof. Dr. med. dent.
Gerhard Polzar (KKU)
[Autoreninfo]



Dipl.-Ing.
Dipl.-Inform.
Frank Hornung
[Autoreninfo]



Dr. Dr.
Stephan Weihe
[Autoreninfo]

Adresse

Dipl.-Ing. Dipl.-Inform. Frank Hornung
DORNMEDICAL GmbH
Olbernhauer Straße 22
09125 Chemnitz
Tel.: 0371 517636
Fax: 0371 517627
frank.hornung@dornmedical.de
www.dornmedical.de